O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
MINTAQAVIY BO‘LIMI
XORAZM MA’MUN AKADEMIYASI

XORAZM MA’MUN AKADEMIYASI AXBOROTNOMASI

Axborotnoma OAK Rayosatining 2016-yil 29-dekabrdagi 223/4-son qarori bilan biologiya, qishloq xo‘jaligi, tarix, iqtisodiyot, filologiya va arxitektura fanlari va 2026-yil 10-apreldagi №384- son qarori bilan kimyo fanlari bo‘yicha doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan

2026-10/1
Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi
2006 yildan boshlab chop qilinadi

Xiva-2026

Bosh muharrir:
Abdullayev Ikram Iskandarovich, b.f.d., prof.
Bosh muharrir o‘rinbosari:
Hasanov Shodlik Bekpo‘latovich, k.f.n., k.i.x.

Tahrir hay‘ati:

Abdullayev Ikram Iskandarovich, b.f.d., prof.	*Najmeddinov Axmad Raxmatovich, PhD, dots.*
Abdullayeva Muborak Maxmusovna, b.f.d., prof.	*Norbayeva Shukurjon Xayitbayevna, f.f.f.d., dots.*
Abduhalimov Bahrom Abduraximovich, t.f.d., prof.	*Normuratov Oybek Ulug‘berdiyevich, q.-x.f.d., dots.*
Agzamova Gulchexra Azizovna, t.f.d., prof.	*Omonov Mamatqobil Ismoilovich, b.f.d., dots.*
Aimbetov Nagmet Kalliyevich, i.f.d., akad.	*Pazilov Abduvayeit, b.f.d., prof.*
Ametov Yakub Idrisovich, b.f.d., prof.	*Razzaqova Surayyo Razzoqovna, k.f.f.d., dots.*
Bahodirova Feruza Bahodir qizi, PhD, dots,	*Ramatov Bakmat Zaripovich, q/x.f.n., dots.*
Bobojonova Sayyora Xushnudovna, b.f.n., dots.	*Raximov Raxim Atajanovich, t.f.d., prof.*
Bekchanov Davron Jumanazarovich, k.f.d.	*Raximov Matnazar Shomurotovich, b.f.d., prof.*
Buriyev Xasan Chutbayevich, b.f.d., prof.	*Raximova Go‘zal Yuldashovna, f.f.f.d., dots.*
Gandjayeva Lola Atanazarovna, b.f.d., k.i.x.	*Ro‘zmetov Baxtiyar, i.f.d., prof.*
Davletov Sanjar Rajabovich, tar.f.d.	*Ro‘zmetov Dilshod Ro‘zimboyevich, g.f.n., k.i.x.*
Durdiyeva Gavhar Salayevna, arx.f.d.	*Ruzmetov Davron Ibrogimovich, PhD, dots.*
Ibragimov Baxtiyor To‘laganovich, k.f.d., akad.	*Salayev San’atbek Komilovich, i.f.d., prof.*
Izzatullayev Zuvayd, b.f.d., prof.	*Saparbayeva Gulandam Masharipovna, f.f.f.d.*
Ismailov Is‘haqjon Otabayevich, f.f.d., prof.	*Saparov Kalandar Abdullayevich, b.f.d., prof.*
Jumaniyozov Otaboy, f.f.d., prof.	*Safarov Alisher Karimdjanovich, b.f.d., dots.*
Jumaniyozov Zoxid Otaboyevich, f.f.n., dots.	*Sirojov Oybek Ochilovich, s.f.d., prof.*
Jumanov Murat Arepbayevich, b.f.d., prof.	*Sobitov O‘lmasboy Tojaxmedovich, b.f.f.d., k.i.x.*
Kadirova Shaxnoza Abduxalilovna, k.f.d., prof.	*Sotipov Goyipnazar, q/x.f.d., prof.*
Kushmanov Jasur Baxodirovich, f.f.f.d., dots.	*Tojibayev Komiljon Sharobitdinovich, b.f.d., akad.*
Qalandarov Nazimxon Nazirovich, b.f.f.d., k.i.x.	*Xolliyev Askar Ergashevich, b.f.d., prof.*
Karabayev Ikramjan Turayevich, q/x.f.d., prof.	*Xolmatov Baxtiyor Rustamovich, b.f.d.*
Karimov Ulug‘bek Temirbayevich, DSc	*Cho‘ponov Otanazar Otojonovich, f.f.d., dots.*
Karimov Ravshanbek Allayarovich, q.-x.f.f.d., k.i.x.	*Shakarboyev Erkin Berdikulovich, b.f.d., prof.*
Kurbanbayev Ilhom Jumanazarovich, b.f.d., prof.	*Ermatova Jamila Ismailovna, f.f.n., dots.*
Kurbanova Saida Bekchanovna, f.f.n., dots.	*Eshchanov Ruzumboy Abdullayevich, b.f.d., prof.*
Qutliyev Uchqun Otoboyevich, f-m.f.d., prof.	*O‘razboyev G‘ayrat O‘razaliyevich, f-m.f.d.*
Lamers Jon, q/x.f.d., prof.	*O‘rozboyev Abdulla Durdiyevich, f.f.d.*
Maykl S. Enjel, b.f.d., prof.	*Hajiyeva Maqsuda Sultonovna, fal.f.d.*
Mirzayev Sirojiddin Zayniyevich, f-m.f.d., prof.	*Hasanov Shodlik Bekpo‘latovich, k.f.n., k.i.x.*
Matniyozova Hilola Xudoyberganovna, b.f.d., prof.	*Xudayberganova Durdona Sidiqovna, f.f.d.*
Masharipova Feruza Jumanazarovna, f.f.f.d.	*Yuldashev Xamza Kamalovich, PhD*
Mirzayeva Gulnara Saidarifovna, b.f.d.	*Zaripova Ranojon Zaripovna, PhD, dots.*

Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi: ilmiy jurnal – №10/1 (143), Xorazm Ma’mun akademiyasi, 2026-y. – 352 b. –Bosma nashrning elektron varianti – https://www.mamun.uz/bulletin

ISSN 2091-573X
Muassis: O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi mintaqaviy bo‘limi – Xorazm Ma’mun akademiyasi

© Xorazm Ma’mun akademiyasi noshirlik bo‘limi, 2026

MUNDARIJA

BIOLOGIYA FANLARI

Abdullayeva Y.A., Axmedova Z.R., Yaxyayeva M.A. Neft mahsulotlari bilan ifloslangan muhitdan ajratilgan Bacillus mojavensis J18 shtammining fermentativ va fiziologik xususiyatlari 6

Axmedova S.T., Ermatov N.J., Alimuxamedov D.Sh. Tuproqning ifloslanishiga gigiyenik omillar ta'sirini tahlil qilish natijalari 9

Baboev S.K., Alloberganova Z.B., Xudayberganov S.Sh. Kelib chiqishi turlicha bo'lgan yumshoq bug'doy navlarining fiziologik va suv balansi ko'rsatkichlarining o'zaro bog'liqligi 13

Bekberganov S.Q. Xorazm viloyati sharoitida o'rgimchakkana, poliz shirasi, kuzgi tunlam va oqqanotning rivojlanish biologiyasi 17

Bekchanov N.X. Tentyriini Eschscholtz, 1831 (Coleoptera, Tenebrionidae) tribasi vakillari urg'ochilarining ichki qorin segmentlari, genital apparati va jinsiy yo'llari tavsifi 23

Bobomurodov Z.A., Muydinova S.H. Tog'oldi yonbag'irlari yaylov hududlarida achchiq bodom (Amygdalus communis L. amara) o'simligini yetishtirish 27

Buzurukov S.S., Xolliyev O.E., Baboyev S.K. Yumshoq bug'doy (Triticum aestivum L.) namunalarida antotsian pigmentlari miqdorining tahlili 32

Chorshanbiyev N.E. O'rta tolali g'o'za nav va tizmalarining suv bilan turlicha ta'minlanganlik sharoitlarida qimmatli xo'jalik belgilari 34

Elmurodova M.V., Axmedova M.SH. Markaziy O'zbekiston asalarisimonlar (Hymenoptera: Apoidea) katta oilasining ekologik guruhlari 38

Ergashev O.R., Aliqulov E.O., Xakimov A.E., Mutalov A.A., Kim V.V., Gapparov B.M., Jo'rayev M.Q. O'zbekiston sharoitida Cannabis sativa L. o'simligini tola olish uchun yetishtirishda bosh poyaning o'sish dinamikasini aniqlash bo'yicha tahlillar 42

Eshmatova Sh.P. Kachimsimon etmak (*Acanthophyllum gypsophiloides Regel*) istiqbolli o'simlik sifatida 46

Eshpo'latov Sh., Bobokeldiyeva L. Dukkakli ekinlar (Vigna radiata L. va Phaseolus vulgaris L.) nematodalari faunasining o'rganilishiga oid 49

Fayzullayeva Z.R., Axmedova M.Sh. O'zbekistonda Zygentoma (Insecta) turkumining o'rganilish tarixi hamda zamonaviy holati 52

Ilyasov A.S., Mamarajabova B.A. Reactive changes observed in the kidneys of rats under audiogenic stress 56

Ilyasov A.S., Djumanova N.E., Toshmamatov B.N. Metabolic syndrome and morpho-physiological changes in the liver of rats under various stress conditions, and the role of phytocorrection and physical exercise in their prevention 61

Isoqulov M.Z., Azimova N.Sh., Zakiryayeva S.I., Xayrullaev A.X., Hamidova X.M., Karimov H.X. Kalidium caspicum bilan assotsiatsiyalangan galotolerant bakteriyalarni ajratish va ularning erimaydigan kaliy birikmalarini eritish xususiyatini baholash 66

Kamolova H.F., Qutliyeva G.J., Xaydarova N.N., Mavlanov B.J. Navoiy viloyati hududida Ferula foetida tarqalgan tuproqlarning mikrobiomini o'rganish 71

Karimova I.I., Safarov K.S., Toxirova Sh.A. Sanoat hududlarida yetishtirilayotgan ayrim qishloq xo'jaligi ekinlarida og'ir metallar va metalloidlarning to'planishi 75

Kaxorova K.S. O'zbekiston cho'l hududlaridagi sianobakteriyalarning sistematik tahlili va cho'llanishni cheklashdagi potensial ahamiyati 80

Kuramatova Sh.A., Muhammadova R. Ionlashtiruvchi nurlanishning inson organizmiga ta'siri 85

Mamatkulova I.E. Elwendia Boiss. turkumi turlaridan ajratib olingan antioksidantlar va ularning organizmga ta'siri 89

Mambetova N.K. Amarant o'simliklarida barg maydoni va fotosintetik potensialning tashqi muhit omillari ta'sirida o'zgarishi 92

Mirzayev U.N., Atajanov B.A. Sug'orish rejimining sabzavot agrotsenozlarida nematoda jamoalari shakllanishiga ta'siri 97

Nishonova S.A., Amirov O.O., Azimov N.N., G'aniyev N.N. Oddiy chug'urchuqning (Sturnus vulgaris) molekulyar-genetik tavsifi 101

Nomozov R.K., Hamroyeva M.K. Suv tejamkor usulda yetishtirilgan soya navlarining transpirastiya jadalligining kunlik dinamikasi 108

Pardayev Sh., Toshov H.M., Temirova M., Nizomova M. Buxoro viloyati suv havzalarida tarqalgan sanoat ahamiyatiga ega bo'lmagan baliqlarning bioekologiyasi 112

Raxmatillayev M.S., Raximova N.K. O'zbekiston florasi kamyob o'simlik turlarining geografik tarqalishi va muhofaza holati 117

Sagindikova N., Sobirov J. Length–weight relationship and condition indices of the invasive Chinese hook snout Opsariichthys bidens (Günther, 1873) in the Tuyabuguz Reservoir, Uzbekistan 121
Soatova F.B., Kurbanbayev I.J. Soya o‘simligi bo‘yining turli kuchlanishdagi γ-nurlar ta’sirida o‘zgarishi 126
Sobirov S.B., Zaripov A.A., Esimbetov A.T., Jumaev I.Z., Boboyev S.N., Xolilayeva M.I., Jo’raqulov Sh.N. N-deatsetillappakonitin (N-DEZ) va CAM-68 alkaloidlarining antigipertenziv faolligini o‘rganish 130
Sultonov D.Sh., Xusenov N.N., Norbekov J.K., Sobirjonov M.I. Oziq-ovqat mahsulotlarida GMOni genom texnologiyalari orqali aniqlash usullari 133
Toshpulatov A.X., Iskandarov A.A., Muzafarova M.O‘., Rafiyeva F.U., Xolova M.Dj., Ernazarova D.Q., Kushanov F.N. G. mustelinum × G. darwinii F_2 avlod kombinatsiyasidan foydalanib, sho‘rlanish stressiga chidamlilik bilan bog‘liq QTLlarni identifikatsiya qilish 138
Turayeva Z.S. Iqlim o‘zgarishining Zarafshon daryosi havzasi biotoplariga ta’siri 146
Umarov O.R., Bafayeva Z.X., Ochilova M.A. Buxoro viloyati sug‘oriladigan sur tusli qo‘ng‘ir-o‘tloqi tuproqlar tarkibidagi aktinomitsetlar faolligiga sho‘rlanish tipi, darajasi hamda mavsumiy dinamikaning ta’siri 149
Umarova J.Q. *G. tomentosum*ning stress omillariga tabiiy chidamlilik xususiyatlari va seleksiyadagi istiqbollari 152
Xudayberganov N.A., Xolliyeva Y.O., Otabayeva D.I. Mineral o‘g‘it me’yorlarining Salvia officinalis L. urug‘ko‘chatlari va qalamchalarining o‘sishi hamda rivojlanishiga ta’siri 158
Xudoyberdiyeva S.A., Axmedova Z.R. Mahalliy Bacillus subtilis SH29 shtammi ta’sirida ko‘mir chiqindilari morfologiyasi va element tarkibining o‘zgarishi 161
Xurramov A.Sh., Himmatov N.D. Surxondaryo vohasi sharoitida bug‘doy, yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda uchrovchi parazit nematodalarning tur tarkibi va tarqalishi 166
Yo‘ldashev K.R., Qadirova G.I. Introduksiya qilingan makrofitlarni laboratoriya sharoitida ko‘paytirish va ulardan biotexnologik jarayonlarda foydalanish 170
Абдуллаев Ғ.Р., Улухужаева Н.Н. Взаимосвязь пищевых предпочтений с соматометрическими показателями у детей младшего школьного возраста и экспериментальные физиологические последствия питания, ориентированного на фастфуд 174
Абдурахимова А.А., Исмоилов М.В., Махсумханова М.А., Сайлиев М.У., Сайдуллаев Ш.Т., Алимова Б.Х., Пулатова О.М., Махсумханов А.А. Скрининг и оценка глютенолитического потенциала бактерий рода Bacillus 183
Ахмедова С.Т., Эрматов Н.Ж., Алимухамедов Д.Ш., Холбеков Б.Б. Тупроқнинг микробиологик ва гигиеник кўрсаткичларининг аҳоли саломатлигига таъсирини баҳолаш 190
Дусматова Г.А., Бабоев С.К., Кимсанова Г.А. Буғдой (Triticum aestivum L.) микроспорасида вакуолизация жараёнининг цитологик хусусиятлари ва биологик аҳамияти 194
Илясов А.С., Джуманова Н.Э., Тошматов Б.Н. Турли стресс ва гиподинамия билан чақирилган метаболик синдром шароитида каламушлар жигаридаги реактив ўзгаришлар, уларни қора седана мойи билан фитокоррекция қилиш ҳамда жисмоний юкламадан кейинги морфофункционал ўзгаришлар 200
Имамходжаева А.С., Рахматова Н.Р., Кадирова Ш.Б., Мамаджанов А., Мирзабаев Д.А. Сопряженный анализ состояния пролина и фотосинтетических пигментов при оценке устойчивости хлопчатника к солевому стрессу 207
Исламбекова М.Х., Маматова З.А. Физиолого-эмбриологические закономерности предимплантационного развития эмбрионов в программах экстракорпорального оплодотворения 211
Кадамова Г.Р., Абдурахимов У.К. Влияние биостимуляторов в различных соотношениях на урожайность сортов расторопши в почвенно-климатических условиях Хорезмской области 217
Кахоров Б.А., Катаева Ю.А. Иммуномодулирующее действие экстракта лимфатических узлов крупного рогатого скота при экспериментальном токсическом поражении печени у крыс 221
Мамаражабова Б.А. Каламушларга «ЮЁЮУР» МС ва турли стрессларнинг (аудиоген стресс ва ёруғлик десинхронози) комплекс таъсирида буйрак ва қон кўрсаткичларидаги ўзгаришлар ҳамда уларни чаканда мойи билан фитокоррекция қилиш 225
Мамбетуллаева С.М., Байниязова Г.С., Акимниязова З.Д., Атаджанова С.Х. Анализ детерминистической составляющей динамики некоторых видов мелких млекопитающих в условиях Приаралья 229

Матжанова Х.К., Орел М.М. Сравнительный эколого-флористический анализ растительности центральной части и приморской полосы плато устюрт 238
Нурмаматова Х.А., Ганиев Б.Н., Быкова Е.А. Биологические и экологические факторы смертности пресмыкающихся на автомобильных дорогах Центрального Узбекистана 241
Олимова Л.Г., Ахмедова Г.Б., Зарипов Б., Ботиров Ш.П. Половые особенности биохимических и гематологических показателей у крыс при аллоксан-индуцированном сахарном диабете 247
Пулатова О.М., Алимова Б.Х., Махсумхонов А.А., Саъдуллаев Ш.Т., Махсумханова М.А., Сайлиев М.У. Выделение и скрининг дрожжевых культур, продуцирующих молокосвёртывающие ферменты 253
Сагындикова Н.С., Собиров Ж.Ж. Размерно-весовая характеристика и упитанность Opsariichthys bidens из Туябугузского водохранилища 256
Салахутдинов И.Б., Мирзабаев Д.А., Камбурова В.С., Раджапов Ф.С., Тоджибаева Д.И., Базаров Д.К., Назарова Е.Ф. Сравнительная оценка статистических подходов для раннего скрининга солеустойчивости сортов хлопчатника 260
Санаев Н.Н. Ғўзанинг F_3 авлод популяцияларида сув таъминоти режимларининг бир ўсимликдаги пахта вазнига таъсири 273
Сарварова Р.Б. Выращивание Azolla caroliniana Willd. в питательной среде Кнопа и способы применения в птицеводстве 276
Турсунбоева М.Д., Пулатова О.М., Алимова Б.Х., Махсумханов А.А., Саъдуллаев Ш.Т., Саидова И.М., Муртозоев А.К. Выделение и первичный скрининг дрожжевых культур, продуцирующих L-аспарагиназу 279
Умаров О.Р., Бафаева З.Х., Очилова М.А. Изменение численности грибов в зависимости от типа и степени засоления орошаемых такырно-луговых почв аридного региона 282
Хужаниязова Б.Х. Значение фитогоромонов при адаптации саженцев картошки в почве, вырашённых в условиях in vitro 286
Эргашева Ф.Ш., Хушматов Ш.С., Кушиев Х.Х., Болтаева Б.Х. Маҳаллий анор (Punica granatum L.) навлари шарбати, мева пўсти ва уруғи экстрактларининг гепатопротектор фаоллиги таҳлили 289
Эргашева Ф.Ш., Хушматов Ш.С., Кушиев Х.Х., Ҳудойназаров М.Ш. In vitro усулида микроклонал кўпайтирилган анор кўчатларида баргнинг нисбий сув миқдори (RWC) ва барг юзаси бирлигига тўғри келувчи қуруқ масса (LMA) таҳлили 294
Ҳайдаров С.С., Рзаев Р.М. Йил фаслларига боғлиқ ҳолда турли экологик омиллар таъсирида эчкилар организмидаги айрим биокимёвий кўрсаткичларнинг ўзгариши 297

KIMYO FANLARI

Akhatov J.K., Turaev Kh.Kh., Ashurov J.M. Molecular docking of phenylglyoxylic acid thiosemicarbazone and its nickel(ii) bis-chelate against human kinase and oxidoreductase targets 301
Akhatov J.K., Turaev Kh.Kh., Ashurov J.M. Molecular docking of phenylglyoxylic acid thiosemicarbazone and its nickel(ii) bis-chelate against a fungal aspartic protease and a protozoan kinase 309
Avazyazov M.A., Ashirov M.A. Immobilization of 7-iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid (ferron) onto polyethylenepolyamine-modified polyacrylonitrile fiber: optimization of pH, temperature, and contact time by diffuse reflectance spectroscopy 315
Bobojonova D.B., Hasanov Sh.B. Co(II) ning oltingugurt saqlovchi aminokislotalar benzimidazol va nikotinamid bilan aralash ligandli koordinatsion birikmalarining hosil bo'lish qonuniyatlari 327
Karamatova G.A., Narchayev Sh.B. Chodak texnogen chiqindilarining petrografiyasi, ma'dan mineralogiyasi, gidrotermal o'zgarishlari va qayta ishlashdagi ahamiyati 332
Masharipova Z.A., Abdullayeva Z.Sh., Karimova O.R. Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida olingan kompleks birikmaning kvant-kimyoviy tahlili 338
Rajapova S.K., Abdullayeva Z.Sh., Kadirova Sh.A., Eshchanov E.U. Natriy etidronat va mis(II) sulfat asosida kompleks birikma sintezi 343
Умаров Б.С. Адсорбция неполярных, полярных и квадрупольных молекул на нанокомпозиции диацетатцеллюлоза–кремнезём 349

UO'K: 579.66

NEFT MAHSULOTLARI BILAN IFLOSLANGAN MUHITDAN AJRATILGAN BACILLUS MOJAVENSIS J18 SHTAMMINING FERMENTATIV VA FIZIOLOGIK XUSUSIYATLARI

Y.A. Abdullayeva, tayanch doktorant, O'zR FA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
Z.R. Axmedova, b.f.d., professor, O'zR FA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
M.A. Yaxyayeva, kich.i.x., O'zR FA Mikrobiologiya instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Maqolada Lalmikor neft konining neft mahsulotlari bilan ifloslangan tuprog'idan ajratilgan Bacillus mojavensis J18 shtammining fermentativ va fiziologik xususiyatlari o'rganildi. J18 shtammi gidrolitik fermentlar faolligini namoyon etib, lipaza uchun 44 mm gidroliz zonasi va 5, 33 U/ml faollik ko'rsatdi hamda NaCl va Na_2SO_4 ning 2 M gacha konsentratsiyalarida o'sdi. Olingan natijalar uning neft mahsulotlari bilan ifloslangan va sho'rlangan muhitlarga moslashganligini ko'rsatdi.*

Kalit so'zlar: *Bacillus mojavensis, J18, neft mahsulotlari, bioremediatsiya, gidrolitik fermentlar, lipaza, tuzga chidamlilik, Lalmikor neft koni.*

Аннотация. *В статье изучены ферментативные и физиологические свойства штамма Bacillus mojavensis J18, выделенного из почвы, загрязнённой нефтепродуктами, на территории Лалмикорского нефтяного месторождения. Штамм J18 проявил активность гидролитических ферментов, при этом диаметр зоны гидролиза липазы составил 44 мм, а количественная активность — 5, 33 Ед/мл. Штамм также сохранял способность к росту при концентрациях NaCl и Na_2SO_4 до 2 М. Полученные результаты свидетельствуют о его адаптации к нефтезагрязнённым и засолённым условиям.*

Ключевые слова: *Bacillus mojavensis, J18, нефтепродукты, биоремедиация, гидролитические ферменты, липаза, солеустойчивость, Лалмикорское нефтяное месторождение.*

Abstract. *The study investigated the enzymatic and physiological properties of Bacillus mojavensis J18 isolated from petroleum product-contaminated soil at the Lalmikor oil field. Strain J18 exhibited hydrolytic enzyme activity, with a lipase hydrolysis zone of 44 mm and a quantitative activity of 5.33 U/mL. The strain also maintained its ability to grow at NaCl and Na_2SO_4 concentrations of up to 2 M. These results indicate its adaptation to petroleum product-contaminated and saline environments.*

Keywords: *Bacillus mojavensis, J18, petroleum products, bioremediation, hydrolytic enzymes, lipase, salt tolerance, Lalmikor oil field.*

Kirish. Neft mahsulotlari bilan ifloslangan tuproqlarni biologik tozalashda uglevodorodlardan foydalana oladigan mikroorganizmlardan foydalanish muhim yo'nalishlardan biridir. *Bacillus* turkumiga mansub bakteriyalar turli stress sharoitlariga moslasha olishi bilan ajralib turadi. *Bacillus mojavensis* shtammlarida uglevodorodlarni biodegradatsiya qilish va biosurfaktantlar hosil qilish xususiyatlari qayd etilgan [1,2,5].

B. mojavensis Gram-musbat, tayoqchasimon, endospora hosil qiluvchi va katalaza-musbat bakteriya bo'lib, turli stress sharoitlariga moslashish xususiyatiga ega. Ushbu tur tuproq, o'simliklar va neft uglevodorodlari bilan ifloslangan muhitlardan ajratib olingan. Xususan, uning neft konlari va neftni qayta ishlash korxonalari atrofidagi ifloslangan tuproqlarda uchrashi qayd etilgan [1, 2, 5]. Ushbu xususiyatlar *B.* mojavensisning neft bilan ifloslangan muhitlarda bioremediatsiya jarayonlaridagi imkoniyatlarini o'rganishga asos bo'lgan.

Turning bioremediatsiyadagi muhim xususiyatlaridan biri lipopeptid biosurfaktantlar ishlab chiqarish qobiliyatidir. *B. mojavensis* shtammlarida surfaktin, fengisin, iturin va boshqa lipopeptidlar hosil bo'lishi qayd etilgan. Biosurfaktantlar neft va suv fazalari orasidagi sirt tarangligini kamaytirib, uglevodorodlarning emulsifikatsiyasi va dispersiyalanishini kuchaytiradi. Natijada ularning biologik

mavjudligi ortib, mikroorganizmlar tomonidan o‘zlashtirilishi osonlashadi va biodegradatsiya jarayoni jadallashadi [1, 2, 6].

1-jadval.

Turli *B. mojavensis* shtammlarining asosiy xususiyatlari

Shtamm	Ajratilgan manba	Asosiy natija	Manba
B. mojavensis I4	Tabiiy muhit	Biosurfaktant ishlab chiqarishi optimallashtirilgan;	[4]
B. mojavensis A21	Neft bilan ifloslangan tuproq, Sfaks, Tunis	Surfaktin va fengisin ishlab chiqarishi hamda dizel biodegradatsiyasi o‘rganilgan	[1, 2, 3]
B. mojavensis XH1	Daqing neft koni, Xitoy	Biodemulsifikatsiya xususiyati va lipopeptid ishlab chiqarishi aniqlangan	[5]
B. mojavensis JF-2	Neft konlari bilan bog‘liq muhit	Uglevodorodlarni mobilizatsiya qilish xususiyati o‘rganilgan	Ilmiy adabiyot
B. mojavensis HF	Tabiiy muhit	Surfaktin, fengisin va kurstakin izoformlari aniqlangan	[6]
B. mojavensis J18	Lalmikor neft koni, Surxondaryo viloyati, O‘zbekiston	Keng qamrovli gidrolitik ferment faolligi aniqlangan;	Ushbu tadqiqot

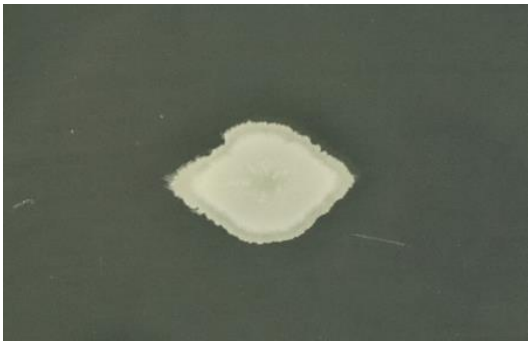
Turli ekologik va sanoat muhitlaridan ajratilgan *B. mojavensis* shtammlarida ushbu xususiyatlarning turlicha namoyon bo‘lishi ularning biotexnologik imkoniyatlarini o‘rganish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Ayrim shtammlar bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarning asosiy natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan (1-jadval).

Adabiyot ma’lumotlari *B. mojavensis* shtammlarida biosurfaktant hosil qilish, uglevodorodlarni biodegradatsiya qilish va biodemulsifikatsiya kabi xususiyatlar mavjudligini ko‘rsatadi. Ularning asosiy amaliy yo‘nalishlari neft uglevodorodlarini biodegradatsiya qilish, biosurfaktant ishlab chiqarish va neft emulsiyalariga ta’sir ko‘rsatish bilan bog‘liq. Shu sababli J18 shtammining gidrolitik ferment faolligi va fiziologik xususiyatlarini o‘rganish maqsadga muvofiq bo‘ldi.

Tadqiqot materiallari va metodlari. Tuproq namunalari standart mikrobiologik talablarga muvofiq, ifloslanish darajasi yuqori bo‘lgan yuza qatlamdan (0–20 sm chuqurlik) steril sharoitda olindi. Laboratoriya sharoitida namunalar umumqabul qilingan mikrobiologik usullar asosida tahlil qilinib, neft mahsulotlarini o‘zlashtirish qobiliyatiga ega bakterial izolyat ajratib olindi va sof kultura holatiga keltirildi (1–2-rasmlar). Izolyatning hujayra morfologiyasi yorug‘lik mikroskopida Gram bo‘yash usuli yordamida, tur darajasidagi identifikatsiyasi esa 16S rRNK geni ketma-ketligini aniqlash usuli asosida amalga oshirildi.



1-rasm. Bacillus mojavensis J18 shtamining qattiq ozuqa muhitiga ekilgan ko‘rinishi



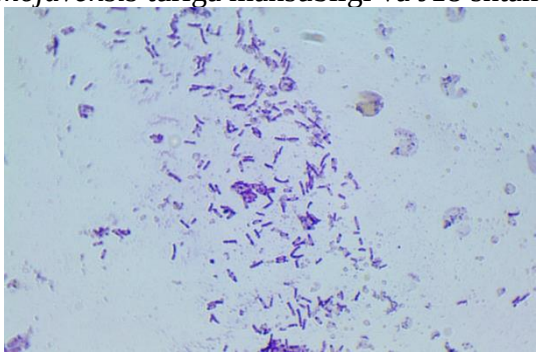
2-rasm. Bacillus mojavensis J18 shtamining alohida koloniyasi morfologiyasi

B. mojavensis J18 shtammining katalaza faolligi 3% H_2O_2 bilan, hujayradan tashqari amilaza, sellyulaza, pektinaza, ksilanaza va lipaza faolligi esa 1% tegishli substratlar saqlovchi mineral-tuzli agar muhitida 28 °Cda 24 soat inkubatsiyadan so‘ng gidroliz zonasi hosil bo‘lishiga ko‘ra aniqlandi. Amilaza va lipaza uchun yod, sellyulaza, pektinaza va ksilanaza uchun 0,5% Kongo qizili qo‘llanildi. Lipaza faolligining miqdoriy ko‘rsatkichi Lawrence usuli asosida zaytun moyining gidrolizlanishiga asoslangan titrimetrik usulda aniqlandi va U/ml da ifodalandi [7].

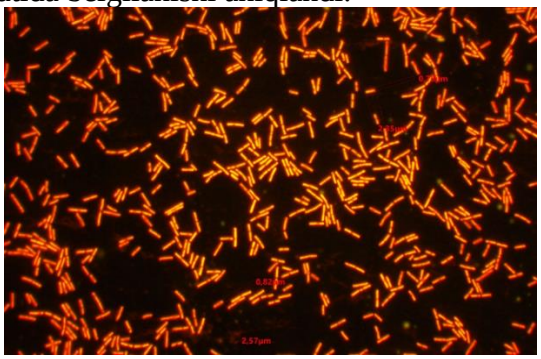
Shtammning NaCl va Na_2SO_4 ga chidamliligi turli konsentratsiyadagi tuzlar saqlovchi ozuqa muhitlarida o‘sishiga ko‘ra baholandi. Shtammning 2 M gacha bo‘lgan konsentratsiyalarda o‘sish qobiliyati qayd etildi.

Natijalar va muhokama. Lalmikor neft konining neft mahsulotlari bilan ifloslangan tuprog‘idan ajratilgan izolyat Gram bo‘yash natijasida Gram-musbat, tayoqchasimon hujayralardan

tashkil topgani va spora hosil qilishi aniqlandi (3–4-rasmlar). Izolyatning 16S rRNK geni ketma-ketligi tahlili asosida olib borilgan molekulyar-genetik identifikatsiyasi natijasida uning *Bacillus mojavensis* turiga mansubligi va J18 shtammi sifatida belgilanishi aniqlandi.



3-rasm. *Bacillus mojavensis* J18 shtammining Gram bo'yash usulida olingan mikroskopik tasviri.



4-rasm. *Bacillus mojavensis* J18 hujayralarining flyuorestsent mikroskopiyadagi tasviri

Ferment faolligi. J18 shtammi katalaza testida musbat natija ko'rsatdi. Hujayradan tashqari gidrolitik fermentlar skriningida ksilanaza, amilaza, lipaza, sellyulaza, pektinaza va proteaza faolligi aniqlandi, jelatinaza faolligi esa kuzatilmadi (2-jadval).

2-jadval.

Bacillus mojavensis J18 shtammining hujayradan tashqari gidrolitik fermentlar faolligi.

Ferment	Gidroliz zonasi diametri (mm)
Ksilanaza	41
Amilaza	26
Lipaza	44
Sellyulaza	33
Pektinaza	22
Proteaza	40
Jelatinaza	manfiy

Eng katta gidroliz zonalari lipaza (44 mm), ksilanaza (41 mm) va proteaza (40 mm) uchun qayd etildi. Lipaza faolligining miqdoriy tahlilida 2% dizel yoqilg'isi qo'shilgan muhitda o'stirilgan kulturada **5,33 U/ml** natija olindi. O'rganilgan fermentlar majmuasiga ko'ra *Bacillus mojavensis* J18 shtammi turli organik substratlarga nisbatan gidrolitik faollikka ega ekanligini ko'rsatdi.

Tuzga chidamliligi. *Bacillus mojavensis* J18 shtammi NaCl va Na_2SO_4 ning 2 M gacha bo'lgan konsentratsiyalarida o'sish qobiliyatini saqlab qoldi. Bu natija shtammining yuqori tuz va osmotik stress sharoitlariga chidamliligini ko'rsatadi.

Bacillus mojavensis J18 shtammining neft mahsulotlari mavjud muhitda o'sishi, gidrolitik fermentlar faolligi va yuqori tuz konsentratsiyalariga chidamliligi uning turli stress sharoitlariga moslashuvchanligini ko'rsatadi. Ushbu xususiyatlar shtammining bioremediatsion potensialini baholash uchun asos bo'lib, uning neft biodegradatsiyasi, biosurfaktant ishlab chiqarishi va ifloslangan tuproq sharoitidagi samaradorligini qo'shimcha o'rganish zarur.

Xulosa. Surxondaryo viloyati Lalmikor neft konining neft mahsulotlari bilan ifloslangan tuprog'idan ajratilgan J18 shtammi *Bacillus mojavensis J18* sifatida identifikatsiya qilindi. Shtamm katalaza, ksilanaza, amilaza, lipaza, sellyulaza, pektinaza va proteaza faolligini namoyon etdi. Lipaza faolligi 44 mm gidroliz zonasi va 5,33 U/ml ni tashkil etdi. Shuningdek, *Bacillus mojavensis* J18 shtammi NaCl va Na_2SO_4 ning 2 M gacha konsentratsiyalarida o'sish qobiliyatini saqlab qoldi. Olingan natijalar shtammining neft mahsulotlari bilan ifloslangan va sho'rlangan muhitlarga moslashuvchanligini ko'rsatib, uning bioremediatsion potensialini o'rganish uchun asos bo'ldi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Ben Ayed H., Jridi M., Maalej H., Nasri M., Hmidet N. Characterization and stability of biosurfactant produced by Bacillus mojavensis A21 and its application in enhancing solubility of hydrocarbon // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2014. – Vol. 89. – P. 1007–1014. https://doi.org/10.1002/jctb.4192

2. Ben Ayed H., Hmidet N., Béchet M., Chollet M., Chataigné G., Leclère V., Jacques P., Nasri M. Identification and biochemical characteristics of lipopeptides from Bacillus mojavensis A21 // Process Biochemistry. – 2014. https://doi.org/10.1016/j.procbio.2014.07.001

3. Hmidet N., Ben Ayed H., Jacques P., Nasri M. Enhancement of Surfactin and Fengycin Production by Bacillus mojavensis A21: Application for Diesel Biodegradation // BioMed Research International. – 2017. – Article ID 5893123. https://doi.org/10.1155/2017/5893123

4. Ghazala I., Bouallegue A., Haddar A., Ellouz-Chaabouni S. Characterization and production optimization of biosurfactants by Bacillus mojavensis I4 with biotechnological potential for microbial enhanced oil recovery // Biodegradation. – 2019. – Vol. 30. – P. 235–245. https://doi.org/10.1007/s10532-018-9844-y

5. Li X., Li A., Liu C., Yang J.X., Ma F., Hou N., Xu Y., Ren N.Q. Characterization of the extracellular biodemulsifier of Bacillus mojavensis XH1 and the enhancement of demulsifying efficiency by optimization of the production medium composition // Process Biochemistry. – 2012. – Vol. 47, No. 4. – P. 626–634.

6. Fanaei M., Emtiazi G. Microbial assisted (Bacillus mojavensis) production of bio-surfactant lipopeptide with potential pharmaceutical applications and its characterization by MALDI-TOF-MS analysis // Journal of Molecular Liquids. – 2018. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.07.103

7. Lawrence R.C., Fryer T.F., Reiter B. A rapid method for the quantitative estimation of microbial lipases // Nature. — 1967. — Vol. 21. — P. 1264.

UO'K 614.7:631.4

TUPROQNING IFLOSLANISHIGA GIGIYENIK OMILLAR TA'SIRINI TAHLILI NATIJALARI

S.T. Axmedova, PhD, katta o'qituvchi, Toshkent davlat tibbiyot universiteti Termiz filiali, Termiz
ORCID: 0009-0003-1722-9055
N.J. Ermatov, t.f.d., prof., Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent
ORCID: 0000-0002-9964-5962
D.Sh. Alimuxamedov, t.f.d., prof., Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent
ORCID: 0000-0003-2824-3760

Annotatsiya. *Tuproqning sanitariya-gigiyenik holati aholi yashash muhitining xavfsizligini belgilovchi muhim ekologik omillardan biri hisoblanadi. Ushbu tadqiqotda Surxondaryo viloyatining janubiy chegara hududlarida tuproqning ifloslanishiga ta'sir etuvchi asosiy gigiyenik va antropogen omillar retrospektiv hamda analitik usullar yordamida baholandi. Tadqiqot obyekti sifatida 2018-2024-yillarda Sariosiyo, Uzun, Denov, Termiz va Jarqo'rg'on tumanlarida olingan sanitariya-gigiyena va laboratoriya monitoringi ma'lumotlaridan foydalanildi. Tuproqning kimyoviy ifloslanishida pestitsidlar, mineral o'g'itlar, sanoat chiqindilari, zaharli kimyoviy moddalarni saqlash va tashish jarayonlari bilan bog'liq omillar asosiy xavf omillari sifatida tahlil qilindi. 2020-2022-yillardagi monitoring natijalari tuproq namunalarida pestitsid qoldiqlarining aniqlanishi, ayrim hollarda esa ularning belgilangan gigiyenik me'yorlardan yuqori bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi. Ayniqsa, zaharli kimyoviy moddalarni saqlash joylari atrofidagi tuproq namunalari sanitariya-gigiyenik nuqtai nazardan alohida e'tibor talab qilishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari tuproq ifloslanishini baholashda faqat kimyoviy ko'rsatkichlarni emas, balki ifloslanish manbasi, tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari, aholi yashash joylariga yaqinligi, suv va oziq-ovqat zanjiri orqali migratsiya ehtimolini ham kompleks hisobga olish zarurligini ko'rsatdi.*

Kalit so'zlar: *tuproq, ifloslanish, gigiyenik omillar, pestitsidlar, kimyoviy ifloslanish, antropogen ta'sir, sanitariya monitoringi, tuproq gigiyenasi, ekologik xavf, aholi salomatligi.*

Аннотация. *Санитарно-гигиеническое состояние почвы является одним из важных экологических факторов, определяющих безопасность среды обитания населения. В настоящем исследовании проведена ретроспективная и аналитическая оценка основных гигиенических и антропогенных факторов, влияющих на загрязнение почвы в южных приграничных районах Сурхандарьинской области. В качестве объектов исследования использованы данные санитарно-гигиенического и лабораторного мониторинга, проведённого в 2018–2024 годах в Сариасийском, Узунском, Денауском, Термезском и Джаркурганском районах. Основными факторами риска химического загрязнения почвы рассматривались остаточные количества пестицидов, минеральные удобрения, промышленные отходы, а также нарушения условий хранения и транспортировки токсичных химических веществ. Результаты мониторинга за 2020-2022 годы показали наличие случаев обнаружения остаточных количеств пестицидов в почвенных образцах, а в отдельных случаях — превышение установленных гигиенических нормативов. Особого внимания с*

санитарно-гигиенической точки зрения требуют территории, прилегающие к местам хранения токсичных химических веществ. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости комплексной оценки загрязнения почвы с учётом не только химических показателей, но и источников загрязнения, физико-химических свойств почвы, близости жилых территорий и возможной миграции загрязняющих веществ в воду и пищевые цепи.

Ключевые слова: *почва, загрязнение, гигиенические факторы, пестициды, химическое загрязнение, антропогенное воздействие, санитарный мониторинг, гигиена почвы, экологический риск, здоровье населения.*

Abstract. *The sanitary and hygienic condition of soil is an important environmental factor determining the safety of the human living environment. This study presents a retrospective and analytical assessment of the main hygienic and anthropogenic factors influencing soil contamination in the southern border areas of Surkhandarya Region. The study used sanitary, hygienic and laboratory monitoring data collected during 2018–2024 in Sariosiyo, Uzun, Denov, Termez and Jarkurgan districts. Residues of pesticides, mineral fertilizers, industrial waste, and factors associated with the storage and transportation of toxic chemicals were considered among the major risk factors for chemical soil contamination. Monitoring data from 2020–2022 demonstrated the presence of pesticide residues in soil samples and, in some cases, concentrations exceeding established hygienic standards. Soil in areas surrounding facilities used for storing toxic chemicals requires particular sanitary and hygienic attention. The findings demonstrate that assessment of soil contamination should be based on an integrated approach that considers not only chemical parameters but also pollution sources, physicochemical properties of soil, proximity to residential areas, and the potential migration of contaminants into water and food chains.*

Key words: *soil, contamination, hygienic factors, pesticides, chemical pollution, anthropogenic impact, sanitary monitoring, soil hygiene, environmental risk, public health.*

Kirish. Tuproq inson yashash muhitining muhim tarkibiy qismi bo‘lib, uning sanitariya-gigiyenik holati aholi salomatligi va ekologik xavfsizlik bilan bevosita bog‘liq. Tuproq nafaqat o‘simliklarning o‘sishi uchun tabiiy muhit, balki turli kimyoviy va biologik moddalar to‘planishi, transformatsiyasi hamda atrof-muhitning boshqa komponentlariga migratsiyasi sodir bo‘ladigan murakkab ekotizim hisoblanadi.[4]

Zamonaviy sharoitda urbanizatsiya, sanoatning rivojlanishi, qishloq xo‘jaligida kimyoviy vositalardan keng foydalanish, chiqindilarni boshqarishdagi kamchiliklar va transport yuklamasining ortishi tuproqning antropogen ifloslanishini kuchaytiruvchi omillar qatoriga kiradi. Tuproqqa tushgan ifloslantiruvchi moddalar uning biologik faolligini o‘zgartirishi, yer osti va yer usti suvlariga migratsiya qilishi, qishloq xo‘jaligi ekinlari tomonidan o‘zlashtirilishi va natijada oziq-ovqat zanjiriga kirishi mumkin. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti ma’lumotlariga ko‘ra, tuproq ifloslanishining sog‘liq uchun xavfi ifloslantiruvchi moddaning turi, konsentratsiyasi va biologik parchalanish xususiyatlari bilan chambarchas bog‘liq. [4]

Pestitsidlar tuproqning kimyoviy ifloslanishida alohida o‘rin tutadi. Ular qishloq xo‘jaligi ekinlarini zararkunandalar va kasalliklardan himoya qilishda muhim ahamiyatga ega bo‘lsa-da, preparatlarni me’yoridan ortiq qo‘llash, noto‘g‘ri saqlash, tashish va utilizatsiya qilish tuproq va boshqa atrof-muhit obyektlarida qoldiq miqdorlarning to‘planishiga olib kelishi mumkin. FAO va WHO pestitsidlarni ishlab chiqarishdan boshlab qo‘llash, saqlash va chiqindilarini utilizatsiya qilishgacha bo‘lgan barcha bosqichlarda xavfsiz boshqarish zarurligini ta’kidlaydi. [5]

Tuproqning ifloslanishiga nafaqat pestitsidlar, balki mineral o‘g‘itlarning ortiqcha qo‘llanilishi, sanoat chiqindilari, maishiy va ishlab chiqarish chiqindilari, transport vositalaridan ajraladigan moddalar, oqova suvlar ham ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Bunday ifloslantiruvchi moddalar tuproqning kimyoviy tarkibini o‘zgartirib, uning sanitariya holatini yomonlashtiradi. [6]

O‘zbekiston sharoitida tuproqni ifloslanishdan muhofaza qilish va uning sanitariya holatini baholash bo‘yicha maxsus me’yoriy yondashuvlar mavjud. Tuproqni ifloslanishdan muhofaza qilishga oid sanitariya qoidalarida tuproqning sanitariya sharoitlari va aholi salomatligi o‘rtasidagi bog‘liqlik alohida ta’kidlangan.

Surxondaryo viloyatining janubiy chegara hududlari qishloq xo‘jaligi faoliyati, aholi punktlari, transport oqimi va ayrim sanoat obyektlarining mavjudligi bilan tavsiflanadi. Shu sababli mazkur hududlarda tuproqning ifloslanishiga sabab bo‘luvchi gigiyenik omillarni aniqlash va ularning aholi salomatligi uchun ehtimoliy xavfini baholash dolzarb ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. [5]

Tadqiqotning maqsadi-Surxondaryo viloyatining janubiy chegara hududlarida tuproqning ifloslanishiga ta’sir etuvchi asosiy gigiyenik va antropogen omillarni aniqlash hamda ularning sanitariya-gigiyenik ahamiyatini baholash.

Materiallar va uslublar. Tadqiqot Surxondaryo viloyatining Sariosiyo, Uzun, Denov, Termiz va Jarqo‘rg‘on tumanlarida olib borildi. Tadqiqot uchun 2018-2024-yillarda yig‘ilgan sanitariya-gigiyena va laboratoriya monitoringi ma’lumotlaridan foydalanildi.

Tadqiqotning asosiy obyektini tuproq namunalari, oziq-ovqat mahsulotlari, suv va boshqa atrof-muhit obyektlarining sanitariya holatiga oid ma’lumotlar tashkil etdi. Tuproq ifloslanishining asosiy manbalari sifatida qishloq xo‘jaligida pestitsid va mineral o‘g‘itlardan foydalanish, zaharli kimyoviy moddalarni saqlash joylari, sanoat korxonalari faoliyati, chiqindilar va transport omili tahlil qilindi.

Tadqiqotda retrospektiv, sanitariya-gigiyenik, analitik, laborator-instrumental va statistik usullardan foydalanildi. Tuproq namunalarida ifloslantiruvchi moddalarning mavjudligi va ularning miqdoriy ko‘rsatkichlari amaldagi sanitariya-gigiyena me’yorlari bilan taqqoslandi. Pestitsid qoldiqlarini aniqlashda zamonaviy instrumental laboratoriya usullari, jumladan gaz xromatografiyasi, gaz xromatografiyasi-mass-spektrometriyasi (GC-MS), yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (HPLC) va HPLC-MS/MS usullaridan foydalanish imkoniyatlari hisobga olindi. Oziq-ovqat mahsulotlaridan pestitsidlarni ajratib olishda QuEChERS usulidan foydalanildi. Olingan ma’lumotlar «Statistica for Windows 7.0» dasturiy paketi yordamida statistik qayta ishlandi. Tuproqning gigiyenik holatini baholashda ifloslantiruvchi moddalarning aniqlanish chastotasi, me’yoriy ko‘rsatkichlarga nisbati va ifloslanish manbalarining hududiy joylashuvi asosiy mezonlar sifatida olindi.

Natijalar va munozara. Tadqiqot natijalarining tahlili tuproqning ifloslanishiga ta’sir etuvchi gigiyenik omillarni shartli ravishda uch asosiy guruhga ajratish imkonini berdi: qishloq xo‘jaligi bilan bog‘liq omillar, sanoat va texnogen omillar hamda sanitariya-maishiy omillar.

Birinchi guruhga pestitsidlar va mineral o‘g‘itlardan foydalanish, ularni saqlash va tashish bilan bog‘liq omillar kiradi. Qishloq xo‘jaligi maydonlariga pestitsidlarning takroriy qo‘llanilishi natijasida ularning qoldiq miqdorlari tuproqda saqlanib qolishi mumkin. Pestitsidlarning tuproqdagi taqdiri preparatning fizik-kimyoviy xususiyatlari, tuproqning mexanik tarkibi, organik moddalar miqdori, namlik va harorat kabi omillarga bog‘liq.

Ayniqsa, pestitsidlarni qo‘llash texnologiyasining buzilishi, tavsiya etilgan dozadan ortiq foydalanish va hosilni yig‘ib olishdan oldingi kutish muddatlariga rioya qilmaslik ekologik xavfni oshiradi. WHO va FAO ma’lumotlarida pestitsidlar bilan bog‘liq xavflarni kamaytirish uchun ularni boshqarishning barcha bosqichlarida xavfsizlik tamoyillariga rioya qilish zarurligi qayd etilgan. Dunyo

Ikkinchi muhim omil-zaharli kimyoviy moddalarni saqlash joylarining sanitariya holatidir. Tadqiqot materiallarida 2020-yilda zaharli kimyoviy moddalarni saqlash joylaridan olingan 5 ta namunada pestitsidlar aniqlanganligi qayd etilgan. 2021-yilda esa bunday obyektlardan olingan 20 ta namunaning 6 tasida pestitsid qoldiqlari aniqlangan.

Mazkur ko‘rsatkichlar pestitsidlarni saqlash joylari tuproqning lokal ifloslanish manbalaridan biri bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Kimyoviy moddalar saqlanadigan idishlarning germetikligi buzilishi, preparatlarning to‘kilishi, transportirovka va qayta joylashtirish jarayonlaridagi yo‘qotishlar tuproqqa pestitsidlarning tushishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Tuproq ifloslanishining yana bir muhim gigiyenik omili sanoat korxonalari faoliyati hisoblanadi. 2020-yilda sanoat korxonalari atrofidan olingan namunalarning 6 tasida pestitsidlar aniqlangan. Sanoat obyektlari atrofidagi tuproqning ifloslanish darajasi korxona faoliyatining xususiyati, chiqindilar tarkibi, chiqindilarni boshqarish tizimi va sanitariya-himoya zonasining tashkil etilishiga bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, 2020-yilda jami 3399 ta turli namuna tekshirilib, 30 tasida pestitsidlar aniqlangan. Tuproq namunalarining 11 tasida pestitsidlarning aniqlanishi tuproqning pestitsidlar uchun muhim akkumulyatsiya muhiti bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi.

2021-yilda tuproqdan olingan 24 ta namunaning 6 tasida pestitsidlar aniqlangan. Bu ko‘rsatkich tuproqning kimyoviy ifloslanishini doimiy nazorat qilish zarurligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, pestitsidlar aniqlangan hududlarda takroriy namunalar olish va ifloslantiruvchi moddalarning vaqt bo‘yicha o‘zgarishini kuzatish muhim. Tuproqdagi pestitsidlarning gigiyenik ahamiyati ularning oziq-ovqat zanjiriga kirish ehtimoli bilan ham belgilanadi. Tuproqda mavjud kimyoviy moddalar qishloq xo‘jaligi ekinlari tomonidan o‘zlashtirilishi mumkin. Keyinchalik ular inson iste’mol qiladigan o‘simlik mahsulotlari tarkibida to‘planishi ehtimoli mavjud. Shu sababli tuproq monitoringini oziq-ovqat mahsulotlarining laboratoriya nazorati bilan birgalikda olib borish maqsadga muvofiq.

Tadqiqot natijalari tuproqning ifloslanishi ko‘p omilli jarayon ekanligini ko‘rsatadi. Unda pestitsidlar va mineral o‘g‘itlardan foydalanish, zaharli kimyoviy moddalarni saqlash, sanoat faoliyati, chiqindilarni boshqarish, suv sifati, tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari va hududning sanitariya infratuzilmasi o‘zaro ta’sir qiladi.

Shuning uchun tuproqning sanitariya-gigiyenik holatini yaxshilash uchun quyidagi yo‘nalishlarni ustuvor deb hisoblash mumkin: pestitsidlarni qo‘llash ustidan nazoratni kuchaytirish; zaharli kimyoviy moddalarni saqlash joylarini muntazam tekshirish; ifloslangan hududlarda tuproq monitoringini kuchaytirish; suv va oziq-ovqat mahsulotlarini parallel laboratoriya nazoratidan o‘tkazish; aholi va qishloq xo‘jaligi xodimlarining kimyoviy moddalar bilan xavfsiz ishlash bo‘yicha bilimlarini oshirish.

Xulosa. Tadqiqot natijalarining tahlili Surxondaryo viloyatining janubiy chegara hududlarida tuproqning ifloslanishiga qator gigiyenik va antropogen omillar ta’sir qilishini ko‘rsatdi. Ular orasida pestitsid va mineral o‘g‘itlardan foydalanish, zaharli kimyoviy moddalarni saqlash, sanoat korxonalari faoliyati, chiqindilarni boshqarish va suv orqali ifloslantiruvchi moddalarning migratsiyasi muhim o‘rin tutadi. 2020–2022-yillardagi monitoring ma’lumotlarida tuproq namunalarida pestitsid qoldiqlarining aniqlanishi, ayrim obyektlarda esa ularning gigiyenik me’yorlardan yuqori bo‘lishi mumkinligi qayd etilgan. Ayniqsa, zaharli kimyoviy moddalarni saqlash joylari atrofidagi tuproq alohida sanitariya nazoratini talab qiluvchi obyekt sifatida baholandi.

Janubiy chegara hududlarida tuproq, suv, o‘simlik va oziq-ovqat mahsulotlarini yagona ekologik-gigiyenik monitoring tizimida baholash aholi salomatligi uchun yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavflarni erta aniqlash va ularning oldini olish imkonini beradi. Tuproqning sanitariya holatini barqaror saqlash uchun pestitsid va mineral o‘g‘itlardan oqilona foydalanish, zaharli kimyoviy moddalarni saqlash sharoitlarini yaxshilash, ifloslanish manbalarida muntazam laboratoriya nazoratini tashkil etish va aniqlangan ifloslanish o‘choqlarida profilaktik choralarni kuchaytirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. World Health Organization. Pesticide residues in food: report 2025. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Geneva: WHO; 2026. Dunyo Sog‘liqni Saqlash Tashkiloti

2. World Health Organization. Pesticide residues in food: 2024: toxicological evaluations. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues. Geneva: WHO; 2026.

3. O‘zbekiston Respublikasida tuproqni ifloslanishdan muhofaza qilish bo‘yicha sanitariya qoidalari, normalari va gigiyena normativlari.

4. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98. – №1. – С. 82–86.

5. Абдулнагимов И.Г. Влияние выбросов предприятий микробиологического синтеза кормовых добавок на состояние окружающей среды и здоровье населения // Гигиена и санитария. – 2006. – №2. – С. 19–23.

6. World Health Organization. Principles governing consumer safety in relation to pesticide residues. WHO Technical Report Series. Geneva: WHO.

UO'K 633.11:581.1

KELIB CHIQISHI TURLICHA BO'LGAN YUMSHOQ BUG'DOY NAVLARINING FIZIOLOGIK VA SUV BALANSI KO'RSATKICHLARINING O'ZARO BOG'LIQLIGI

S.K. Baboev, b.f.d. prof., O'zR FA Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi instituti, Toshkent

Z.B. Allobergenova, b.f.n., dots., Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Urganch

S.Sh. Xudayberganov, magistrant, Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Urganch

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Xorazm viloyati tuproq-iqlim sharoitida to'rtta davlat - O'zbekiston, Qozog'iston, Qirg'iziston va Tojikiston davlatlariga mansub bo'lgan yumshoq bug'doy (Triticum aestivum L.) navlarining barg morfologiyasi, fotosintetik faolligi va suv rejimi ko'rsatkichlari o'rtasidagi uzviy bog'liqliklar qiyosiy o'rganilgan. Tadqiqot natijalari barg sathi maydonining kengligi transpiratsiya intensivligi va xlorofill miqdori (SPAD) bilan to'g'ri proportsional bog'liqlikka ega ekanligini ko'rsatgan. Eng yuqori barg sathi va xlorofill miqdori Qozog'iston va O'zbekiston navlarida kuzatilgan. O'zbekiston navlarida suv saqlash xususiyati va bargdagi umumiy suv miqdori o'zaro yuqori mutanosiblik ko'rsatib, qurg'oqchilikka moslashuvchanlikning asosiy omili ekanligi isbotlagan.*

Kalit so'zlar: *yumshoq bug'doy, barg sathi, transpiratsiya intensivligi, xlorofill (SPAD), suv saqlash xususiyati, umumiy suv miqdori, suv balansi.*

Аннотация. *В данной статье сравнительно изучаются взаимосвязи между морфологией листьев, фотосинтетической активностью и параметрами водного режима сортов обыкновенной пшеницы (Triticum aestivum L.) из четырех стран - Узбекистана, Казахстана, Кыргызстана и Таджикистана - в почвенно-климатических условиях Хорезмской области. Результаты исследования показали, что площадь поверхности листа прямо пропорциональна интенсивности транспирации и содержанию хлорофилла (SPAD). Наибольшая площадь поверхности листа и содержание хлорофилла наблюдались у казахских и узбекских сортов. У узбекских сортов свойства удержания воды и общее содержание воды в листе показали высокую корреляцию, что доказывает, что они являются основными факторами адаптации к засухе.*

Ключевые слова: *пшеница обыкновенная, площадь листьев, интенсивность транспирации, хлорофилл (SPAD), влагоудерживающие свойства, общее содержание воды, водный баланс.*

Abstract. *This article comparatively studies the relationships between leaf morphology, photosynthetic activity, and water regime parameters of common wheat (Triticum aestivum L.) varieties from four countries - Uzbekistan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, and Tajikistan - in the soil-climatic conditions of the Khorezm region. The results of the study showed that the leaf surface area is directly proportional to the transpiration intensity and chlorophyll content (SPAD). The highest leaf surface area and chlorophyll content were observed in the Kazakh and Uzbek varieties. In the Uzbek varieties, the water retention properties and the total water content in the leaf showed a high correlation, proving that they are the main factors of drought adaptation.*

Keywords: *soft wheat, leaf area, transpiration intensity, chlorophyll (SPAD), water-holding capacity, total water content, water balance.*

Kirish. Global iqlim o'zgarishi, o'rtacha yillik haroratning ko'tarilishi va suv resurslarining tobora tanqis bo'lib borishi dunyo qishloq xo'jaligida oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash oldiga jiddiy xavf-xatarlarni qo'ymoqda [1]. Ayniqsa, Markaziy Osiyoning arid va yarim arid mintaqalarida, jumladan O'zbekistonning Shimoliy-G'arbiy hududi hisoblangan Xorazm vohasida yoz oylaridagi keskin issiqlik, havoning past nisbiy namligi va tuproqning sho'rlanganlik darajasi ekinlar hosildorligini cheklavchi asosiy abiotik stress omillari hisoblanadi [2].

Yumshoq bug‘doy (Triticum aestivum L.) dunyo aholisini don va don mahsulotlari bilan ta’minlovchi strategik ahamiyatga ega asosiy ekin turi sanaladi [3]. Noqulay atrof-muhit omillariga, xususan qurg’oqchilik va yuqori haroratga chidamli, suvdan foydalanish samaradorligi yuqori bo‘lgan bug‘doy navlarini selektsiya qilish va ishlab chiqarishga joriy etish nihoyatda dolzarb vazifadir [4].

O‘simliklarning noqulay omillarga moslashishi va chidamliligi murakkab fiziologik va bioximik mexanizmlar majmui orqali ta‘minlanadi. Bunda o‘simlikning suv rejimi, barg morfologiyasi hamda fotosintez apparati yagona, o‘zaro uzviy bog‘langan funktsional tizim sifatida harakat qiladi [5]. Barg sathining hajmi va tuzilishi, xlorofill pigmentlarining to‘planishi, transpiratsiya jarayoni va to‘qimalarning suv ushlash qobiliyati o‘rtasidagi korrelyatsion aloqalarni chuqur tahlil qilish turli geografik ekotiplarga mansub navlarning moslashuv imkoniyatlarini aniqlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi [6]. Ushbu ko‘rsatkichlarni mukammal o‘rganish va ularning o‘zaro bog‘liqlik qonuniyatlarini ochib berish Xorazm vohasining o‘ziga xos agroekologik sharoiti uchun qurg‘oqchilikka chidamli yangi bug‘doy navlarini selektsiya qilishning nazariy asosini tashkil etadi.

O‘simliklarning abiotik stresslarga javob berish reaktsiyalarida suv balansi va fotosintetik faollik yetakchi o‘rinni egallaydi [7]. Bug‘doy bargi faol fotosintez va suv almashinuvi amalga oshadigan asosiy organ hisoblanadi. Barg sathining yuzasi (Leaf Area) qanchalik keng bo‘lsa, u tomonidan yutiladigan quyosh radiatsiyasi va yig‘iladigan xlorofill miqdori shunchalik yuqori bo‘ladi [8]. Bu esa organik moddalar to‘planishi va sof fotosintetik mahsuldorlikni oshiradi. Biroq, arid iqlim sharoitida barg yuzasining kengayishi transpiratsiya maydonining ortishiga va natijada o‘simlikning ko‘p miqdorda suv yo‘qotishiga olib kelishi mumkin [9].

Suv rejimi ko‘rsatkichlari, jumladan, bargdagi umumiy suv miqdori o‘simlikning suv tanqisligi sharoitida to‘qimalar turgorini saqlab qolish va tsitoplazma kolloidlarini gidratatsiya darajasida ushlab turish qobiliyatini belgilaydi [10]. Shuningdek, transpiratsiya intensivligi faqat suv bug‘latish jarayoni bo‘lib qolmay, balki o‘simlikning jazirama issiqlikda termoregulyatsiyasini (sovutish mexanizmini) ta’minlovchi va ozuqa elementlarining ildizdan barglarga transportini harakatlantiruvchi muhim fiziologik jarayondir [11].

Markaziy Osiyo davlatlari (O‘zbekiston, Qozog‘iston, Qirg‘iziston va Tojikiston) iqlim va geografik xususiyatlariga ko‘ra bir-biridan farq qiladi. Ushbu hududlarda yaratilgan bug‘doy navlari o‘z tarixiy selektsiya jarayonida muayyan eko-fiziologik xususiyatlarni shakllantirgan [12]. Ushbu turli geografik kelib chiqishga ega navlarning Xorazm vohasining keskin kontinental va sho‘rlangan tuproq sharoitidagi suv balansi hamda fotosintetik ko’rsatkichlari o‘rtasidagi korrelyatsion bog‘liqliklarni baholash fiziologik va selektsion nuqtai nazardan katta qiziqish uyg‘otadi.

Tadqiqot o‘tkazilgan joy va tuproq-iqlim sharoiti. Dala tadqiqotlari Xorazm viloyatining o‘tloqi-allyuvial tuproqlari sharoitida olib borildi [13]. Vegetatsiya davrida havoning o‘rtacha harorati yuqori bo’lib, nisbiy namlik 30-40% atrofida tebranib turdi. Tuproq-iqlim ko‘rsatkichlari keskin kontinental zonaga xosdir.

Tadqiqot ob‘ektlari. Tadqiqotda kelib chiqishi turlicha bo‘lgan Markaziy Osiyoning to‘rtta davlatiga mansub bo‘lgan yumshoq bug‘doy (Triticum aestivum L.) navlari namuna sifatida olindi:

1. O‘zbekiston selektsiyasi navlari (mahalliy sug‘oriladigan va qurg‘oqchilikka moslashgan ekotiplar).
2. Qozog‘iston selektsiyasi navlari (dala va cho‘l zonalarida yetishtirishga moslashgan ekotiplar).
3. Qirg‘iziston selektsiyasi navlari (tog‘ oldi va tog‘li hududlarda yetishtiriladigan ekotiplar).
4. Tojikiston selektsiyasi navlari (issiq va quruq iqlim sharoitida yetishtiriladigan ekotiplar).

Tajribalar B.A. Dospexov uslubiyoti bo‘yicha 4 qaytariqda, sistematik joylashtirilgan paykallarda o‘tkazildi [14].

Materiallar va uslublar. Barg sathi maydoni (sm^2)-barg sathi agrofiziologik va geometrik hisoblash usullari (anodlangan o‘lchov asboblari hamda planimetriya) yordamida, bargning uzunligi, kengligi va tegishli tuzatish koeffitsienti (K=0,75) asosida aniqlandi [15].

Xlorofill miqdori (SPAD)-barglarga shikast yetkazmagan holda xlorofillning nisbiy miqdori zamonaviy SPAD-502 Plus (Konica Minolta, Yara) xlorofillometri yordamida bayroqcha bargning uchta turli qismida o‘lchanib, o‘rtacha ko‘rsatkich olindi [16].

Transpiratsiya intensivligi (g/m²·soat)-intensivlik gravimetrik usul bo‘yicha, muayyan vaqt intervalida (ertalab soat 10:00 va tushda 14:00 da) uzib olingan barglarning suv bug‘latish miqdorini tortish orqali aniqlandi [17].

Bargning umumiy suv miqdori (%)- barglarning yangi uzilgan vazni va ularni termostatda 105°C haroratda doimiy og‘irlikkacha quritilgan absolyut quruq vazni o‘rtasidagi farq bo‘yicha quyidagi formula asosida hisoblandi [18]:

$$\text{Bargdagi umumiy suv miqdori } (\%) = \frac{M_{yangi} - M_{quruq}}{M_{yangi}} \times 100$$

Bu yerda:

- M_{yangi} — bargning yangi uzilgan vaqtdagi to‘liq vazni (ichidagi suv bilan birga);
- M_{quruq} — barg termostatda (105°C da) butunlay quritilgandan so‘ng qolgan suvsiz (absolyut quruq) vazni;
- $M_{yangi} - M_{quruq}$ — bargning ichida bo‘lgan suvning toza vazni.

Suv saqlash xususiyati (%)-uzib olingan barglarning laboratoriya sharoitida (25°C haroratda va 50% nisbiy namlikda) 4 soat davomida ushlab turilgandan so‘ng saqlab qolgan suv miqdorining dastlabki suv miqdoriga nisbati bo‘yicha aniqlandi [19].

Ma‘lumotlarga matematik va statistik ishlov berish Microsoft Excel va SPSS laboratoriya dasturlarida (ANOVA va Pearson korrelyatsiyasi) amalga oshirildi [14].

Natijalar va munozara. Tadqiqotlarimiz davomida to‘rt davlat (O‘zbekiston, Qozog‘iston, Qirg‘iziston va Tojikiston) navlarining fiziologik ko‘rsatkichlari orasida uzviy bog‘liqlik va mutanosiblik borligi aniqlandi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, o‘simlikning suv rejimi, fotosintetik faolligi va barg morfologiyasi yagona va bir-birini to‘ldiruvchi integral tizim sifatida namoyon bo‘ladi (jadval).

To‘rt davlatga mansub yumshoq bug‘doy navlarining fiziologik va suv balansi ko‘rsatkichlari

Navlarning kelib chiqishi	Barg sathi (sm²)	Transpiratsiya intensivligi (g/m²·soat)	Xlorofill miqdori (SPAD)	Bargdagi umumiy suv miqdori (%)	Suv saqlash xususiyati (%)
Qozog‘iston	50,29	218,66	57,89	62,93	58,10
O‘zbekiston	49,02	215,91	54,20	68,80	63,21
Qirg‘iziston	48,40	205,30	51,12	70,40	56,96
Tojikiston	46,27	217,04	48,46	56,76	52,14

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, barg sathining kengligi transpiratsiya intensivligi va xlorofill miqdori bilan to‘g‘ri proportsional bog‘liqlikka ega [20]. Xususan, barg sathi keng bo‘lgan Qozog‘iston (50,29 sm²) va O‘zbekiston (49,02 sm²) navlarida transpiratsiya jarayoni ham yuqori (mos ravishda 218,66 va 215,91 g/m²·soat) bo‘lishi kuzatildi. Bu holat barg yuzasining kengligi hisobiga o‘simlikning atrof-muhit bilan gaz va suv almashinuvi faol kechganligidan dalolat beradi.

Shu bilan birga, transpiratsiyaning yuqoriligi va barg sathining kengligi xlorofill siteziga va to‘planishiga ijobiy ta‘sir ko‘rsatib, Qozog‘iston navlarida eng yuqori xlorofill miqdori (57,89 SPAD) qayd etildi [16]. Bu esa barg sathi keng navlarda fotosintez jarayoni uchun zarur bo‘lgan quyosh energiyasini yutish va qayta ishlash qobiliyati yuqoriligini tasdiqlaydi. Barg sathi nisbatan kichik bo’lgan Tojikiston navlarida (46,27 sm²) xlorofill miqdori ham nisbatan past ko‘rsatkichni (48,46 SPAD) tashkil etdi.

O‘simliklarning issiqlik va qurg‘oqchilikka chidamliligini belgilovchi asosiy fiziologik omil bargning suv saqlash xususiyatidir [21]. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, O‘zbekiston navlarida suv saqlash xususiyati (63,21%) yuqori bo‘lib, bu bargning umumiy suv miqdori (68,8%) bilan o‘zaro mukammal mutanosiblik aniqlandi. Bu ko‘rsatkich mahalliy navlarning tsitoplazmasida bog‘langan suv miqdorining yuqoriligi va osmotik boshqaruv tizimining mustahkamligini ko‘rsatadi [22].

Ajoyib fiziologik holat Qirg‘iziston navlarida kuzatildi: ularda bargdagi umumiy suv miqdori eng yuqori (70,4%) bo‘lsa-da, suv saqlash qobiliyati (56,96%) biroz pastroq ekanligi aniqlandi. Bu esa ushbu navlarning suv tanqisligida suvni nisbatan tez yo‘qotishini, ammo tuproq namligi yetarli bo‘lganda suvni juda jadal va yuqori hajmda o‘zlashtirish xususiyatiga ega ekanligini ko‘rsatadi [23]. Bunday ekotiplar tuproqda namlik bo‘lgan davrda tez rivojlanishga moslashgan.

Tojikiston navlari barg sathi (46,27 sm²) va xlorofill miqdori (48,46 SPAD) bo‘yicha pastroq ko‘rsatkichga ega bo‘lsa-da, transpiratsiya intensivligi (217,04 g/m²·soat) yuqoriligini saqlab qolgan [17]. Bu fiziologik holat mazkur navlarning jazirama issiq iqlimda to‘qimalar haroratini pasaytirish va termik shikastlanishlarning oldini olish uchun transpiratsiyadan fiziologik sovutish mexanizmi sifatida samarali foydalanishini anglatadi [24].

Xulosa qilib aytganda, barg sathining kengayishi transpiratsiyaning kuchayishiga va natijada xlorofill miqdorining ortishiga xizmat qilgan. Biroq, arid va sho‘rlangan sharoitda suv tanqisligi yuzaga kelganda o‘simlikning omon qolishi va hosildorlikni saqlashi uning suv saqlash xususiyati va barg to‘qimalaridagi umumiy suv miqdorining barqarorligiga bevosita bog’liqdir [25].

Xulosa. Xorazm tuproq-iqlim sharoitida bug‘doyning barg sathi, xlorofill miqdori, transpiratsiya va suv rejimi o‘rtasida uzviy bog‘liqlik aniqlandi. Barg sathining kengligi fotosintez va transpiratsiyani oshirib, Qozog‘iston navlarida eng yuqori fotosintetik potentsialni (50,29 sm²; 57,89 SPAD) ta‘minlagan bo‘lsa, suv saqlash va umumiy suv miqdori bo‘yicha yuqori mutanosiblik ko‘rsatgan. O‘zbekiston navlari (63,21% va 68,8%) qurg‘oqchilik va issiqlikka eng yuqori chidamlilikni namoyon etdi, shu sababli, voha uchun yangi barqaror navlar yaratishda O‘zbekiston va Qozog‘iston ekotiplarini duragaylash tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. FAO. (2022). The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

2. Müller, M., & Janusz, K. (2018). Assessment of water management and salinity dynamics in the Khorezm Oasis, Uzbekistan. Journal of Arid Land Studies, 28(3), 115-124.

3. Curtis, B. C., Rajaram, S., & Gómez Macpherson, H. (2002). Bread wheat: Improvement and production. FAO Plant Production and Protection Series, No. 30, Rome.

4. Reynolds, M. P., & Langridge, P. (2016). Physiological breeding. Current Opinion in Plant Biology, 31, 162-171.

5. Lawlor, D. W., & Tezara, W. (2009). Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic limitations in water-deficient plants. Annals of Botany, 103(4), 561-579.

6. Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C., & Serret, M. D. (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences, 27(6), 377-412.

7. Chaves, M. M., Maroco, J. P., & Pereira, J. S. (2003). Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30(3), 239-264.

8. Evans, J. R. (2013). Improving photosynthesis. Plant Physiology, 162(4), 1780–1793.

9. Blum, A. (2011). Plant breeding for water-limited environments. Springer Science & Business Media, New York.

10. Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29(1), 185-212.

11. Schymanski, S. J., & Or, D. (2017). Leaf-scale water and energy balance modeling in arid environments. Hydrology and Earth System Sciences, 21(3), 1645-1661.

12. Morgounov, A., Zykin, V., Bellan, I., & Roseeva, L. (2005). Genetic progress in winter and spring wheat breeding in Central Asia. Euphytica, 144(1-2), 101-114.

13. Masharipov, A. A., & Mambetullaeva, S. M. (2021). Ecological features of winter wheat agrocenoses in the conditions of the Khorezm oasis in Uzbekistan. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 10(12), 183-189.

14. Dospexov, B. A. (1985). Metodika polevogo opыta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezulьtatov issledovaniy). Moskva: Agropromizdat, 351 s.

15. Radford, P. J. (1967). Growth analysis formulae - their use and abuse. Crop Science, 7(3), 171-175.

16. Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between SPAD-502 meter readings and chlorophyll content in birch and wheat leaves. Photosynthesis Research, 92(2), 275-282.

17. Trillo, F. N., & Fernández, R. J. (2005). Wheat plant hydraulic properties under prolonged experimental drought: Stronger decline in root-system conductance than in leaf area. Plant and Soil, 277(1-2), 277-284.

18. Barrs, H. D., & Weatherley, P. E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences, 15(3), 413-428.

19. Dobreva, M., et al. (2024). Yield, protein content and water-related physiologies of spring wheat as influenced by weather conditions and fertilizer systems. Agronomy, 14(5), 921-935.

20. Fischer, R. A., & Turner, N. C. (1978). Plant productivity in the arid and semiarid zones. Annual Review of Plant Physiology, 29(1), 277-317.

21. Flexas, J., & Medrano, H. (2002). Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. Annals of Botany, 89(2), 183-189.

22. Abduraxmonov, I. Yu., & Matyoqubov, B. SH. (2020). Xorazm viloyati sug'oriladigan maydonlarida g'alla ekinlarining fiziologik moslashuvchanligi. Toshkent: Fan nashriyoti, 45-52 b.

23. Jones, H. G. (2014). Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press.

24. Berry, J., & Bjorkman, O. (1980). Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. Annual Review of Plant Physiology, 31(1), 491-543.

25. Passioura, J. B. (2006). Increasing crop productivity when water is scarce-from breeding to field management. Agricultural Water Management, 80(1-3), 176–196.

UO'K 632.7:632.651(575.172)

XORAZM VILOYATI SHAROITIDA O'RGIMCHAKKANA, POLIZ SHIRASI, KUZGI TUNLAM VA OQQANOTNING RIVOJLANISH BIOLOGIYASI

S.Q. Bekberganov, ilmiy xodim, Tuproqshunoslik va agrokimyoviy tadqiqotlar instituti Xorazm viloyati mintaqaviy bo`linmasi, Xiva

Annotatsiya. *Maqolada Xorazm viloyati qishloq xo'jaligi ekinlarining to'rtta asosiy zararkunandasi – oddiy o'rgimchakkana (Tetranychus urticae Koch), poliz shirasi (Aphis gossypii Glover), kuzgi tunlam (Agrotis segetum Denis & Schiffermüller) va oqqanot (Bemisia tabaci Gennadius)ning rivojlanish biologiyasiga oid ilmiy adabiyotlar tahlil qilingan. Har bir tur uchun rivojlanishning quyi harorat chegarasi (T_0), samarali haroratlar yig'indisi (K), optimal va kritik haroratlar, qishlash shakli hamda serpushtlik ko'rsatkichlari umumlashtirilgan. Urganch meteostansiyasining 1991–2020 yillar iqlim normalari asosida samarali haroratlar yig'indisi hisoblanib, viloyat sharoitida mavsum davomida rivojlanishi mumkin bo'lgan nazariy avlodlar soni aniqlangan: o'rgimchakkana uchun ≈16,6, poliz shirasi uchun ≈30,5, oqqanot uchun ≈6,9, kuzgi tunlam uchun esa ko'pi bilan 3,9 avlod. Tahlil natijalari asosida zararkunandalarning umumlashgan fenologik kalendari tuzilgan va monitoring hamda himoya tadbirlarini muddatlashtirish bo'yicha tavsiyalar berilgan.*

Kalit so'zlar: *Tetranychus urticae, Aphis gossypii, Agrotis segetum, Bemisia tabaci, rivojlanish biologiyasi, harorat chegarasi, samarali haroratlar yig'indisi, avlodlar soni, fenologiya, Xorazm.*

Аннотация. *В статье проанализированы литературные данные о биологии развития четырёх основных вредителей сельскохозяйственных культур Хорезмской области – паутинного клеща (Tetranychus urticae Koch), бахчевой тли (Aphis gossypii Glover), озимой совки (Agrotis segetum Denis & Schiffermüller) и табачной белокрылки (Bemisia tabaci Gennadius). Обобщены нижний температурный порог развития (T_0), сумма эффективных температур (K), оптимальные и критические температуры, формы зимовки и плодовитость. На основе климатических норм метеостанции Ургенч (1991–2020 гг.) рассчитано теоретическое число поколений за сезон: около 16,6 у паутинного клеща, 30,5 у бахчевой тли, 6,9 у белокрылки и не более 3,9 у озимой совки. Составлен обобщённый фенологический календарь и даны рекомендации по срокам мониторинга и защитных мероприятий.*

Ключевые слова: *паутинный клещ, бахчевая тля, озимая совка, табачная белокрылка, биология развития, порог развития, сумма эффективных температур, число поколений, Хорезм.*

Abstract. *The paper reviews published data on the developmental biology of four key agricultural pests in the Khorezm region of Uzbekistan: the two-spotted spider mite (Tetranychus urticae Koch), the cotton-melon aphid (Aphis gossypii Glover), the turnip moth (Agrotis segetum Denis & Schiffermüller) and the sweetpotato whitefly (Bemisia tabaci Gennadius). Lower developmental thresholds (T_0), thermal constants (K), optimal and critical temperatures, overwintering stages and fecundity are summarised. Using 1991–2020 climate normals of the Urgench weather station, accumulated degree-days were calculated and the theoretical number of*

generations per season was estimated at about 16.6 for the spider mite, 30.5 for the aphid, 6.9 for the whitefly and no more than 3.9 for the turnip moth. A generalised phenological calendar is proposed, and recommendations on timing of monitoring and control measures are given.

Keywords: *Tetranychus urticae, Aphis gossypii, Agrotis segetum, Bemisia tabaci, developmental biology, temperature threshold, degree-days, voltinism, phenology, Khorezm.*

Kirish. Xorazm viloyati Amudaryoning quyi oqimida joylashgan bo‘lib, sug‘oriladigan dehqonchilik hududlaridan biri hisoblanadi. Bu yerda g‘o‘za, sabzavot va poliz ekinlari keng maydonlarda yetishtiriladi. Ushbu ekinlarning hosildorligi va mahsulot sifatiga so‘ruvchi va kemiruvchi zararkunandalar sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ular orasida oddiy o‘rgimchakkana (Tetranychus urticae Koch), poliz shirasi (Aphis gossypii Glover), kuzgi tunlam (Agrotis segetum Denis & Schiffermüller) va oqqanot (Bemisia tabaci Gennadius) alohida o‘rin tutadi.

Bu turlar polifag bo‘lib, bir necha oila vakillari bo‘lgan ko‘plab madaniy va yovvoyi o‘simliklarda oziqlanadi. Ularning soni va zararlilik darajasi, avvalo, haroratga bog‘liq bo‘lgan rivojlanish tezligi, avlodlar soni va qishlash sharoitlari bilan belgilanadi. Shu sababli zararkunandalarning harorat bilan bog‘liq biologik parametrlarini bilish ularning mavsumiy dinamikasini bashorat qilish, monitoring va himoya tadbirlarini to‘g‘ri muddatlashtirish uchun zarur.

Mazkur turlarning rivojlanish biologiyasi bo‘yicha jahon adabiyotida ko‘plab laboratoriya tadqiqotlari mavjud, biroq ularning natijalari Xorazm viloyatining keskin kontinental iqlimiga nisbatan tizimli ravishda umumlashtirilmagan shu nuqtaiy nazardan to‘rtta asosiy zararkunandaning rivojlanish biologiyasiga oid adabiyot ma’lumotlarini umumlashtirish va ularni Xorazm viloyatining agroiqlim sharoitiga tatbiq etib, avlodlar soni hamda mavsumiy faollik davrlarini baholash muhum ahamiyatga ega.

Tadqiqot obekti va uslublari. Dala tajribalari Xiva tumanidagi fermer xo’jaliklarida olib berildi.

Tadqiqot obyekti sifatida *T. urticae, A. gossypii, A. segetum* va *B. tabaci* turlari olindi. Tahlil uchun Web of Science, Scopus, PubMed va Google Scholar ma’lumotlar bazalarida 1981–2025 yillarda chop etilgan ilmiy maqolalar, monografiyalar va sharhlar tanlab olindi. Tanlash mezoni sifatida turlarning rivojlanish davomiyligi, rivojlanishning quyi harorat chegarasi (T_0), samarali haroratlar yig‘indisi (K), yashovchanlik, serpushtlik va qishlash biologiyasi bo‘yicha miqdoriy ma’lumotlar mavjudligi olindi.

Xorazm viloyatining iqlim ko‘rsatkichlari sifatida Urganch meteorologik stansiyasining 1991–2020 yillar uchun o‘rtacha oylik harorat normalaridan foydalanildi [1]. Mavsum davomidagi samarali haroratlar yig‘indisi o‘rtacha oylik haroratlar usulida quyidagi formula bo‘yicha hisoblandi:

$$\Sigma T\_eff = \Sigma\,(t\_i - T_0)\cdot n\_i\,, \quad t\_i > T_0 \text{ bo‘lganda,}$$

bu yerda t_i – i-oyning o‘rtacha harorati, °C; T_0 – turning rivojlanish quyi chegarasi, °C; n_i – oydagi kunlar soni. Nazariy avlodlar soni $N = \Sigma T\_eff / K$ formulasi bilan, ma’lum haroratdagi rivojlanish davomiyligi esa chiziqli model asosida $D = K / (T - T_0)$ formulasi bilan aniqlandi. Qo‘llanilgan usul taxminiy bo‘lib, sutkalik harorat tebranishlari va mikroiqlimni hisobga olmaydi; shuning uchun olingan natijalar potensial (yuqori chegara) qiymatlar sifatida talqin qilinadi.

Natijalar va ularning muhokamasi

1. Xorazm viloyatining agroiqlim sharoiti

Xorazm viloyatining iqlimi keskin kontinental bo‘lib, yozi issiq va quruq, qishi nisbatan sovuq. Urganch meteostansiyasi ma’lumotlariga ko‘ra, 1991–2020 yillarda yanvar oyining o‘rtacha harorati −2,0°C, iyul oyiniki 28,5°C ni, iyuldagi o‘rtacha maksimal harorat 35,8°C ni tashkil etgan; mutlaq maksimum 47,0°C gacha yetgan. Yillik yog‘in miqdori taxminan 120 mm bo‘lib, uning asosiy qismi qish va bahorga to‘g‘ri keladi; iyun–sentabr oylarida havoning nisbiy namligi 39–51% atrofida bo‘ladi [1]. Rasmiy manbalarga ko‘ra, viloyatda vegetatsiya davri 200–210 kun davom etadi [2].

Bunday sharoit zararkunandalar uchun ikki tomonlama ahamiyatga ega. Bir tomondan, uzoq va issiq vegetatsiya davri ko‘p avlodli turlarning tez ko‘payishiga imkon beradi. Ikkinchi tomondan, iyul oyidagi 35°C dan yuqori kunduzgi haroratlar va past namlik issiqqa sezgir turlar va bosqichlarning

nobud bo‘lishini oshiradi, qishki sovuqlar esa issiqsevar turlarning ochiq dalada qishlashini cheklaydi.

2. Oddiy o‘rgimchakkana (*Tetranychus urticae* Koch)

O‘rgimchakkana o‘rgimchaksimonlar sinfining kanalar kenja sinfiga, Tetranychidae oilasiga mansub. Rivojlanish sikli tuxum, lichinka, protonimfa, deytonimfa va voyaga yetgan zot bosqichlaridan iborat bo‘lib, har bir faol bosqichdan so‘ng tinim davri (xrizalis) keladi. Urug‘lanmagan tuxumlardan erkaklar rivojlanadi (arrenotokiya).

Harorat bilan bog‘liq parametrlar bo‘yicha tadqiqotlar natijalari bir-biriga yaqin. H.J. Herbert rivojlanishning quyi chegarasini 10,0°C deb aniqlagan; urg‘ochilar tuxumdan imagogacha 10°C dan yuqori 140–152 gradus-kun talab qilgan [3]. M.S.Y.I. Bayu va hammualliflarining tadqiqotida doimiy haroratda T_0 = 11,63°C va K = 127,81 gradus-kun, tebranuvchi haroratda esa T_0 = 8,63°C va K = 150,69 gradus-kun ekanligi ko‘rsatilgan; tebranuvchi haroratda 12,5–27,5°C oralig‘ida rivojlanish doimiy haroratdagiga nisbatan tezroq, 30°C dan yuqorida esa sekinroq kechgan [4]. E. Riahi va hammualliflari shaftoli bargida T_0 = 13,79°C va K = 136,43 gradus-kun ni aniqlashgan; rivojlanish davomiyligi 17–27°C oralig‘ida qisqarib, 27–33°C da yana uzaygan, 27–30°C esa eng qulay harorat deb topilgan [5]. Populyatsiyaning tabiiy o‘sish tezligi (r_m) 15°C da 0,08 dan 30°C da 0,321 gacha ortishi qayd etilgan [6].

O‘rgimchakkana qishni diapauzadagi urug‘langan urg‘ochilar holida o‘tkazadi; diapauza qisqa kun va pasayuvchi harorat ta’sirida induksiyalanadi [7]. Chiziqli model bo‘yicha (T_0 = 11,63°C, K = 127,81) rivojlanish davomiyligi 15°C da ≈38, 20°C da ≈15, 25°C da ≈10 va 30°C da ≈7 kunni tashkil etadi (1-rasm). Xorazm sharoitida o‘rgimchakkana uchun samarali haroratlar yig‘indisi ≈2130 gradus-kun bo‘lib, bu nazariy jihatdan ≈16,6 avlodga to‘g‘ri keladi (2-jadval). Turning akaritsidlarga qarshi chidamlilikni tez shakllantirish qobiliyati [8] ko‘p avlodlilik bilan birgalikda kimyoviy kurash samaradorligini pasaytiradi.

3. Poliz shirasi (*Aphis gossypii* Glover)

Poliz shirasi keng polifag tur bo‘lib, g‘o‘za, qovoqdoshlar va boshqa ko‘plab ekinlarda uchraydi; turli xo‘jayin o‘simliklarga ixtisoslashgan irqlar mavjudligi qayd etilgan [9]. Vegetatsiya davrida u partenogenetik yo‘l bilan ko‘payadi va tirik lichinka tug‘adi, bu esa avlodlarning juda tez almashinuviga olib keladi.

U. Kersting va hammualliflari g‘o‘za bargida yetilmagan bosqichlarning rivojlanish davomiyligi 15°C da 12,0 kundan 30°C da 4,5 kungacha qisqarishini, 35°C doimiy harorat esa yetilmagan bosqichlar uchun halokatli ekanligini aniqlashgan. Rivojlanishning quyi chegarasi 6,2°C, birinchi yosh lichinkaning voyaga yetishi uchun zarur samarali haroratlar yig‘indisi 108,9 gradus-kun bo‘lgan; populyatsiyaning maksimal o‘sish tezligi (r_m = 0,413) 30°C da kuzatilgan, 30°C dan yuqori haroratlar esa rivojlanishni cho‘zib, o‘limni oshirgan va serpushtlikni kamaytirgan [10]. Bodringda o‘tkazilgan tajribada T_0 = 6,0°C, K = 92,6 gradus-kun, bir urg‘ochining o‘rtacha nasli 25°C da 82,1 lichinkani tashkil etgan [11]. Harorat ta’siri g‘o‘zada o‘tkazilgan boshqa tadqiqotlarda ham tasdiqlangan [12].

Rivojlanishning past quyi chegarasi tufayli poliz shirasi bahorda boshqa turlarga nisbatan erta faollashadi. Xorazm sharoitida uning uchun samarali haroratlar yig‘indisi ≈3330 gradus-kun bo‘lib, bu nazariy jihatdan ≈30 avlodga teng. Biroq iyul oyidagi 35°C dan yuqori kunduzgi haroratlar (o‘rtacha maksimum 35,8°C [1]) yetilmagan bosqichlarning nobud bo‘lishiga olib kelishi sababli [10] haqiqiy avlodlar soni ancha kam bo‘lishi va mavsumiy dinamikada bahor oxiri – yoz boshida hamda sentabrda ikki cho‘qqi kuzatilishi kutiladi.

4. Kuzgi tunlam (*Agrotis segetum* Denis & Schiffermüller)

Kuzgi tunlam Noctuidae oilasiga mansub bo‘lib, to‘liq metamorfoz bilan rivojlanadi: tuxum, qurt (odatda olti yosh), g‘umbak va kapalak. Kichik yoshdagi qurtlar o‘simliklarning yer ustki qismida, katta yoshdagilari esa tuproqda yashaydi va o‘simlik poyasini tuproq sathida kesib, ko‘chatlarning siyraklashishiga sabab bo‘ladi.

P. Esbjerg va L. Sigsgaard tadqiqotiga ko‘ra, tuxum, barcha yoshdagi qurtlar va g‘umbakning rivojlanish tezligi 35°C gacha bo‘lgan haroratda haroratga to‘g‘ri proporsional ortadi. Qurt davri uchun rivojlanishning quyi chegarasi 8,64°C, zarur samarali haroratlar yig‘indisi 714 gradus-kun deb

aniqlangan. Qurtlarning nobud bo’lishi 25°C atrofida eng past, 12°C va 35°C da esa eng yuqori bo‘lgan; past haroratda yosh qurtlarning o‘limi ayniqsa kuchli namoyon bo‘lgan, nam tuproq ham ularning nobud bo’lishini oshirgan [13].

Chiziqli model bo‘yicha qurt davrining davomiyligi 20°C da ≈63, 25°C da ≈44 va 30°C da ≈33 kunni tashkil etadi (1-rasm). Xorazm sharoitida T_0 = 8,64°C dan yuqori samarali haroratlar yig‘indisi ≈2770 gradus-kun bo‘lib, faqat qurt davri talabiga ko‘ra hisoblaganda 3,9 avlodga yetadi. Tuxum va g‘umbak davrlari ham qo‘shimcha issiqlik talab qilishini hisobga olsak, viloyatda mavsumda 2–3 avlod rivojlanishi asosli hisoblanadi. Qurg‘oqchil va issiq sharoitda yosh qurtlarning yashovchanligi yuqori bo‘lishi [13] Xorazm uchun bu turning xavfini oshiruvchi omil hisoblanadi.

5. Oqqanot (*Bemisia tabaci* Gennadius)

B. tabaci hozirgi vaqtda morfologik jihatdan farqlanmaydigan, lekin genetik jihatdan alohida bo‘lgan ko‘plab kriptik turlardan iborat kompleks sifatida qaraladi; ular orasida MEAM1 («B-biotip») va MED («Q-biotip») eng invaziv va iqtisodiy ahamiyatga ega hisoblanadi [14]. Rivojlanish sikli tuxum, uchta nimfa yoshi va to‘rtinchi yosh nimfa – puparium hamda voyaga yetgan zotdan iborat; birinchi yosh nimfa qisqa muddat harakatlanib, keyin barg ostiga birikadi [15].

Misrda g‘o‘zada o‘tkazilgan tadqiqotda B-biotip uchun rivojlanishning quyi chegarasi 11,94°C (baqlajonda 12,33°C), tuxumdan imagogacha zarur samarali haroratlar yig‘indisi 299,1 gradus-kun (baqlajonda 313,3) ekanligi aniqlangan [16]. Q-biotip bo‘yicha modellashtirish natijalari optimal haroratning taxminan 30–32,5°C oralig‘ida ekanligini ko‘rsatadi [17]. Chiziqli model bo‘yicha (T_0 = 11,94°C, K = 299,1) rivojlanish davomiyligi 20°C da ≈37, 25°C da ≈23 va 30°C da ≈17 kunni tashkil etadi (1-rasm).

Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, *B. tabaci* mintaqada 1986 yilda Turkmanistonning paxtachilik hududlarida qayd etilgan va keyinchalik O‘zbekiston hududiga tarqalgan; natijada Xorazm viloyatida 33 ming gektar pomidor maydoni zararlangan, shundan 7 ming gektari kuchli zararlangan [18]. Xorazmning sovuq qishi sharoitida tur asosan issiqxonalar va boshqa himoyalangan joylarda saqlanadi hamda bahorda u yerdan ochiq maydonlarga tarqaladi. Viloyat sharoitida samarali haroratlar yig‘indisi ≈2060 gradus-kun bo‘lib, ochiq dalada nazariy jihatdan ≈6,9 avlod rivojlanishiga imkon beradi (2-jadval).

6. Qiyosiy tahlil

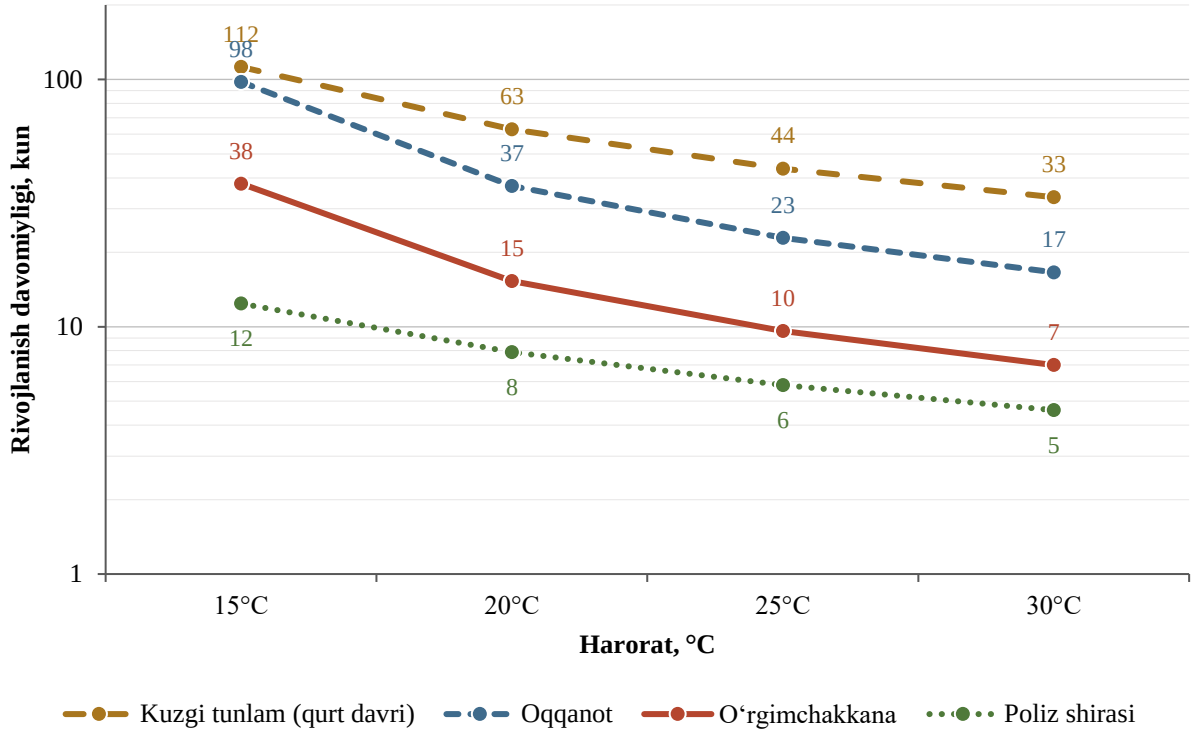
To‘rtta turning asosiy biologik ko‘rsatkichlari 1-jadvalda umumlashtirilgan. Ko‘rinib turibdiki, turlar harorat talabi bo‘yicha sezilarli farq qiladi: poliz shirasi eng past quyi chegara (≈6°C) va eng kichik samarali haroratlar yig‘indisiga ega, kuzgi tunlam esa bir avlod uchun eng ko‘p issiqlik talab qiladi.

1-jadval.

Zararkunandalarning harorat bilan bog‘liq asosiy biologik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	O‘rgimchakkana	Poliz shirasi	Kuzgi tunlam	Oqqanot
Sistematik o‘rni	Acari: Tetranychidae	Hemiptera: Aphididae	Lepidoptera: Noctuidae	Hemiptera: Aleyrodidae
Metamorfoz turi	To‘liqsiz (tinim davrlari bilan)	Partenogenez, tirik tug‘ish	To‘liq	To‘liqsiz (puparium bilan)
Rivojlanishning quyi chegarasi (T_0), °C	10,0–13,8 [3, 4, 5]	6,0–6,2 [10, 11]	8,64 (qurt) [13]	11,9–12,3 [16]
Samarali haroratlar yig‘indisi (K), gradus-kun	128–151 [4, 5]	93–109 [10, 11]	714 (qurt) [13]	299–313 [16]
Optimal harorat, °C	27–30 [5]	25–30 [10]	≈25 (eng past o‘lim) [13]	≈30–32,5 [17]
Yuqori haroratga munosabat	27–30°C dan yuqorida rivojlanish sekinlashadi [5]	35°C doimiy haroratda yetilmagan bosqichlar nobud bo‘ladi [10]	35°C da o‘lim keskin ortadi [13]	35°C ga yaqin haroratda o‘sish pasayadi [17]
Qishlash shakli	Diapauzadagi urg‘ochilar [7]	Tuxum va partenogenetik urg‘ochilar [9]	Katta yoshdagi qurtlar tuproqda	Himoyalangan joylarda (issiqxona)

1-rasmda chiziqli model asosida hisoblangan rivojlanish davomiyligi keltirilgan. Barcha turlarda harorat 15°C dan 30°C gacha ko‘tarilganda rivojlanish davomiyligi 2,7–5,9 marta qisqaradi. Chiziqli model optimal haroratdan yuqori oraliqda (30–35°C) qo‘llanilmaydi, chunki bu oraliqda rivojlanish sekinlashadi va nobud bo’lishi ortadi [5, 10, 13].



1-rasm. Haroratga qarab rivojlanish davomiyligi (chiziqli model D = K/(T − T₀) bo‘yicha; logarifmik shkala). Kuzgi tunlam uchun faqat qurt davri ko‘rsatilgan

Urganch meteostansiyasining iqlim normalari asosida hisoblangan samarali haroratlar yig‘indisi va nazariy avlodlar soni 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Xorazm viloyati sharoitida samarali haroratlar yig‘indisi va nazariy avlodlar soni

Zararkunanda	T₀, °C	ΣT_eff, gradus-kun	Nazariy avlodlar soni (N)	Adabiyotda qayd etilgan avlodlar soni*
O‘rgimchakkana	11,63	≈2130	≈16,6	12–18
Poliz shirasi	6,2	≈3330	≈30,5	15–25
Kuzgi tunlam	8,64	≈2770	≤3,9**	2–3
Oqqanot	11,94	≈2060	≈6,9	5–7 (ochiq dalada)

*– adabiyot va umumlashgan kuzatuv ma’lumotlari; * – faqat qurt davri talabi (K = 714) bo‘yicha hisoblangan yuqori chegara.*

Nazariy qiymatlar va adabiyotda qayd etilgan avlodlar soni o‘rtasidagi farq, ayniqsa poliz shirasida, yozgi yuqori haroratlarning cheklovchi ta’siri bilan izohlanadi. O‘rgimchakkana va oqqanot uchun nazariy qiymatlar amaliy kuzatuvlar bilan yaqin keladi, bu esa ushbu turlar uchun samarali haroratlar yig‘indisi usulidan bashorat qilishda foydalanish mumkinligini ko‘rsatadi.

Harorat talablari va Xorazmning oylik harorat rejimi asosida zararkunandalarning umumlashgan fenologik kalendari tuzildi (3-jadval). Unga ko‘ra, poliz shirasi va kuzgi tunlam uchun may–iyun, o‘rgimchakkana uchun iyul–avgust, oqqanot uchun esa avgust–sentabr eng xavfli davrlar hisoblanadi.

Zararkunandalarning xavfli davrlari vaqt bo‘yicha bir-biriga to‘liq mos kelmasligi himoya tadbirlarini bosqichma-bosqich rejalashtirish imkonini beradi. Aprel–may oylarida asosiy e’tibor poliz shirasi va kuzgi tunlamga, iyun oyidan boshlab o‘rgimchakkanaga, iyul oxiridan esa oqqanotga qaratilishi lozim. Samarali haroratlar yig‘indisini joriy yil ob-havo ma’lumotlari bo‘yicha kuzatib borish avlodlarning paydo bo‘lish muddatlarini aniqroq bashorat qilish imkonini beradi.

3-jadval.

Xorazm viloyati sharoitida zararkunandalarning umumlashgan fenologik kalendari (oylar bo‘yicha)

Zararkunanda	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
O‘rgimchakkana												
Poliz shirasi												
Kuzgi tunlam												
Oqqanot												

– qishlash/tinim; – past faollik; – faol ko‘payish; – son cho‘qqisi

XULOSA

1. Tahlil qilingan to‘rtta zararkunanda harorat talablari bo‘yicha sezilarli farq qiladi: rivojlanishning quyi chegarasi poliz shirasida ≈6°C, kuzgi tunlamda ≈8,6°C, o‘rgimchakkana va oqqanotda 10–14°C atrofida; bir avlod uchun zarur samarali haroratlar yig‘indisi poliz shirasida eng kichik (93–109 gradus-kun), kuzgi tunlamda eng katta (faqat qurt davri uchun 714 gradus-kun).

2. Xorazm viloyatining iqlim normalari asosida hisoblangan nazariy avlodlar soni o‘rgimchakkana uchun ≈16,6, poliz shirasi uchun ≈30,5, oqqanot uchun ≈6,9 ni, kuzgi tunlam uchun esa ko‘pi bilan 3,9 ni tashkil etadi; haqiqiy avlodlar soni yozgi yuqori harorat va boshqa omillar ta’sirida kamroq bo‘ladi.

3. Iyul oyidagi 35°C dan yuqori kunduzgi haroratlar poliz shirasi va kuzgi tunlamning yosh bosqichlari uchun cheklovchi omil bo‘lsa, issiq va quruq sharoit o‘rgimchakkana ko‘payishiga qulaylik yaratadi.

4. Zararkunandalarning xavfli davrlari turlicha bo‘lgani sababli monitoring va himoya tadbirlari fenologik kalendar hamda joriy yil samarali haroratlar yig‘indisi asosida muddatlashtirilishi maqsadga muvofiq.

5. Keltirilgan ko‘rsatkichlar asosan laboratoriya tadqiqotlariga tayangani sababli, Xorazm populyatsiyalarining harorat talablarini (shu jumladan *B. tabaci* kriptik turlari tarkibini) mahalliy sharoitda o‘rganish dolzarb ilmiy vazifa bo‘lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Urganch meteorologik stansiyasining iqlim normalari (1991–2020 yy.) // Pogoda.ru.net; NOAA Global Station Data. – Urganch, 2020.

2. Xorazm viloyati: iqlim va hudud tavsifi // O‘zbekiston Respublikasi investitsiya portali (invest.gov.uz).

3. Herbert H.J. Biology, life tables, and innate capacity for increase of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) // The Canadian Entomologist. – 1981. – Vol. 113, No. 5. – P. 371–378.

4. Bayu M.S.Y.I., Ullah M.S., Takano Y., Gotoh T. Impact of constant versus fluctuating temperatures on the development and life history parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) // Experimental and Applied Acarology. – 2017. – Vol. 72, No. 3. – P. 205–227.

5. Riahi E., Shishehbor P., Nemati A.R., Saeidi Z. Temperature effects on development and life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) // Journal of Agricultural Science and Technology. – 2013. – Vol. 15, No. 4. – P. 661–672.

6. Bounfour M., Tanigoshi L.K. Effect of temperature on development and demographic parameters of *Tetranychus urticae* and *Eotetranychus carpini borealis* (Acari: Tetranychidae) // Annals of the Entomological Society of America. – 2001. – Vol. 94, No. 3. – P. 400–404.

7. Veerman A. Diapause // Helle W., Sabelis M.W. (eds.). Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 1A. – Amsterdam: Elsevier, 1985. – P. 279–316.

8. Van Leeuwen T., Vontas J., Tsagkarakou A., Dermauw W., Tirry L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review // Insect Biochemistry and Molecular Biology. – 2010. – Vol. 40, No. 8. – P. 563–572.

9. Blackman R.L., Eastop V.F. Aphids on the World’s Crops: An Identification and Information Guide. 2nd ed. – Chichester: John Wiley & Sons, 2000. – 466 p.

10. Kersting U., Satar S., Uygun N. Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) reared on *Gossypium hirsutum* L. // Journal of Applied Entomology. – 1999. – Vol. 123. – P. 23–27.

11. Satar S., Kersting U., Uygun N. Effect of temperature on development and fecundity of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cucumber // Journal of Pest Science. – 2005. – Vol. 78. – P. 133–137.

12. Xia J.Y., van der Werf W., Rabbinge R. Influence of temperature on bionomics of cotton aphid, *Aphis gossypii*, on cotton // Entomologia Experimentalis et Applicata. – 1999. – Vol. 90. – P. 25–35.

13. Esbjerg P., Sigsgaard L. Temperature dependent growth and mortality of *Agrotis segetum* // Insects. – 2019. – Vol. 10, No. 1. – Art. 7.

14. De Barro P.J., Liu S.S., Boykin L.M., Dinsdale A.B. *Bemisia tabaci*: a statement of species status // Annual Review of Entomology. – 2011. – Vol. 56. – P. 1–19.

15. Byrne D.N., Bellows T.S. Whitefly biology // Annual Review of Entomology. – 1991. – Vol. 36. – P. 431–457.

16. Awadalla S., Bayoumy M., Khattab M., Abdel-Wahab A. Thermal requirements for development of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype 'B' and their implication to field sample population data // Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica. – 2014. – Vol. 49, No. 2. – P. 289–[…].

17. Bonato O., Lurette A., Vidal C., Fargues J. Modelling temperature-dependent bionomics of *Bemisia tabaci* (Q-biotype) // Physiological Entomology. – 2007. – Vol. 32, No. 1. – P. 50–55.

18. [Muallif(lar)] Study of the efficiency of the preparation Solapsed 48% S.C. against whitefly on tomatoes // European Journal of Agricultural and Rural Education (EJARE). – 2021.

UO'K: 595.767.29

TENTYRIINI ESCHSCHOLTZ, 1831 (COLEOPTERA, TENEBRIONIDAE) TRIBASI VAKILLARINING URG'OCHILIK ICHKI QORIN SEGMENTLARI, GENITAL APPARATI VA JINSIY YO'LLARI TAVSIFI

N.X. Bekchanov, Phd, dots. v.b., Urganch davlat pedagogika instituti, Urganch.

Annotatsiya. *Maqolada Tentyriini Eschscholtz, 1831 tribasi vakillarining urg'ochilik ichki qorin segmentlari (VIII tergit va sternit, ventral spikula), tuxum qo'ygich va jinsiy yo'llari morfologik tuzilishi tavsiflangan. Urg'ochilik genital apparati qismlarining taksonomik ahamiyati tahlil qilinib, o'ziga xos xususiyatlari keltirilgan.*

Kalit so'zlar: *Tentyriini, Coleoptera, Tenebrionidae, urg'ochilik genitaliysi, VIII sternit, VIII tergit, ventral spikula, tuxum qo'ygich, spermateka.*

Аннотация. *В статье описано морфологическое строение внутренних брюшных сегментов (VIII тергит и стернит, вентральная спикула), яйцеклада и половых путей самок трибы Tentyriini Eschscholtz, 1831. Проанализировано таксономическое значение деталей генитального аппарата самок и приведены их характерные особенности.*

Ключевые слова: *Tentyriini, Coleoptera, Tenebrionidae, гениталии самок, VIII стернит, VIII тергит, вентральная спикула, яйцеклад, сперматека.*

Abstract. *This paper describes the morphological structure of the female internal abdominal segments (tergite and sternite VIII, speculum ventrale), ovipositor, and genital tract in members of the tribe Tentyriini Eschscholtz, 1831. The taxonomic significance of the female genital structures is analyzed, and their specific features are presented.*

Key words: *Tentyriini, Coleoptera, Tenebrionidae, female genitalia, sternite VIII, tergite VIII, ventral spiculum, ovipositor, spermatheca.*

Kirish. Qattiqqanotlilar (Coleoptera) turkumining qora tanli qo'ng'izlar (Tenebrionidae) oilasi vakillari arid va yarim arid hududlar entomofaunasida muhim o'rin tutadi. Ushbu oilaga mansub taksonlarni aniqlash hamda ularning sistematik o'rnini belgilashda morfologik belgilardan keng foydalaniladi. Ba'zan taksonomik reviziyalarda erkagining genitaliysi (edeagus) yoki uning qismlari tasvirlanganini yoki aniqlovchi sifatida qo'llanilganini ko'rish mumkin [13; 7–124-s., 30; 371–388-c., 25; 1–6-s., 31; 73–114-c., 21; 1–394-s., 14; 363–388-s., 15; 227–230-p., 16; 245–249-p., 11; 105–110-p., 23; 79–83-p., 24; 345–349-p., 10; 317–319-p., 4; 1–88-p.].

Biroq, urg'ochi organizmlarning ichki anatomik va genital tuzilmalari ham taksonomik hamda filogenetik tadqiqotlarda yuqori diagnostik ahamiyatga ega. Urg'ochi organizm jinsiy yo'llari va tuxum qo'ygichi tuzilishi Doyen (1993) tomonidan birinchilardan bo'lib ko'rib chiqilgan [9; 443–514-p.]. Keyinchalik Kaszab (1959); Medvedev (2004); Ren, Ba (2010); Chigray va b. (2018); Chigray, Nabojenko (2018); Chigray, Abakumov (2019); Nabojenko va b. (2022); Bekchanov va b. (2023b); Nabojenko va b. (2024) kabi ishlarda urg'ochi organizm jinsiy yo'llari, tuxum qo'ygich, edeagus va terminaliy (edeagusdan tashqari qismlar) tasvirlanganini va taksonomik ahamiyatini ko'rish mumkin [12; 321–404-s., 28; 553–580-c., 22; 1–224-p., 6; 331–346-p., 5; 1124–1138-p., 7; 204–244-p., 19; 165–184-p., 2; 550–564-p., 20; 189–208-p., 3; 451–480-p.].

Ayniqsa, Tentyriini Eschscholtz, 1831 tribasi vakillarining urg‘ochilik ichki qorin segmentlari hamda genital apparati tuzilishini atroflicha o‘rganish ushbu guruh taksonomiyasidagi mavjud chalg‘ituvchi talqinlarga aniqlik kiritishga imkon beradi. Ushbu tadqiqotning maqsadi Tentyriini tribasiga mansub turlarning urg‘ochilik ichki qorin segmentlari (VIII tergit va sternit, ventral spikula), tuxum qo‘ygich morfologiyasi va jinsiy yo‘llari tuzilishini tahlil qilish hamda ularning taksonomik diagnostik xususiyatlarini belgilashdan iborat.

Tadqiqot materiallari va usullari. Ushbu tadqiqotda Tentyriini Eschscholtz, 1831 tribasi vakillarining urg‘ochilik ichki qorin segmentlari, genital apparati hamda jinsiy yo‘llari morfologik jihatdan o‘rganildi. Genital apparat qismlarining nomlanishi Matthews, Bouchard (2008); Matthews va boshqalar (2010) tomonidan taklif etilgan nomenklaturaga binoan keltirildi [18; 574–659-p., 17; 1–410-p.].

Urg‘ochilarining jinsiy yo‘llarini ajratish uchun dastlab namunaning qorin bo‘limi tanadan ajratiladi va undan tuxum qo‘ygich va jinsiy yo‘llar ajratib olindi. Keyin buyum oynachasida distillangan suvda jinsiy kanallar to‘g‘rilanib tuxum qo‘ygichdan ajratildi (medial tuxum yo‘li sohasidan kesiladi). Keyin shu holatda qora fon bilan suratga olindi. So‘ngra doimiy preparat holatida saqlash uchun suvsizlantirib buyum oynachasida “Kanada balzami” quyilib ustidan qoplag‘ich oynacha yopiladi. Quruq namunalardan ajratishda (ba’zan yangi namunalar uchun ham) ortiqcha biriktiruvchi to‘qimalardan xalos bo‘lish uchun (KOH) eritmasida biroz ushlab turish kerak.

Qo‘ng‘izlarni morfologik o‘rganishda va genitaliylar ajratishda Micromed MC-4 Zoom Led, Micromed MC-5 Zoom Led va Olympus SZ-1145 binokulyar mikroskoplardan foydalanildi. Urg‘ochilik jinsiy yo‘llari uchun ToupCam raqamli kamerasi ishlatildi.

Olingan natijalar tahlili (Urg‘ochisining ichki qorin segmentlari, genital apparati va jinsiy yo‘llari tavsifi). Shakli o‘zgargan qorin segmentlarining bir- biriga teleskopik joylashuvi urg‘ochi organizm uchun ham xos bo‘lib, triba urg‘ochilik genital apparatini quyidagilar tashkil qiladi: VIII ichki sternit; VIII ichki tergit; ventral spikula; tuxum qo‘ygich

VIII sternit (1-rasmga qarang)- kuchsiz skleritlashgan ko‘ndalang plastinka shaklida, uning apikal qirrasi yoysimon qavariq (erkaginiki singari o‘yiq emas) va bazal qirrasi chuqur keng o‘yiqlikka ega, yon tomonda spikulasimon orqaga yo‘naluvchi o‘simta hosil qilmaydi. Uning bazal qirrasiga ventral spikulaning ayrisimon uchi birikkan bo‘ladi. Apikal qismi siyrak uzun tuklar bilan ta’minlangan.

VIII tergit- kuchsiz skleritlashgan yarimdoirasimon plastinka shaklida, dorsal tomondan VIII tergit va ventral tomondan VIII sternit ikkalasi juft skleritlar bo‘lib ular oralig‘ida tuxum qo‘ygich joylashadi.

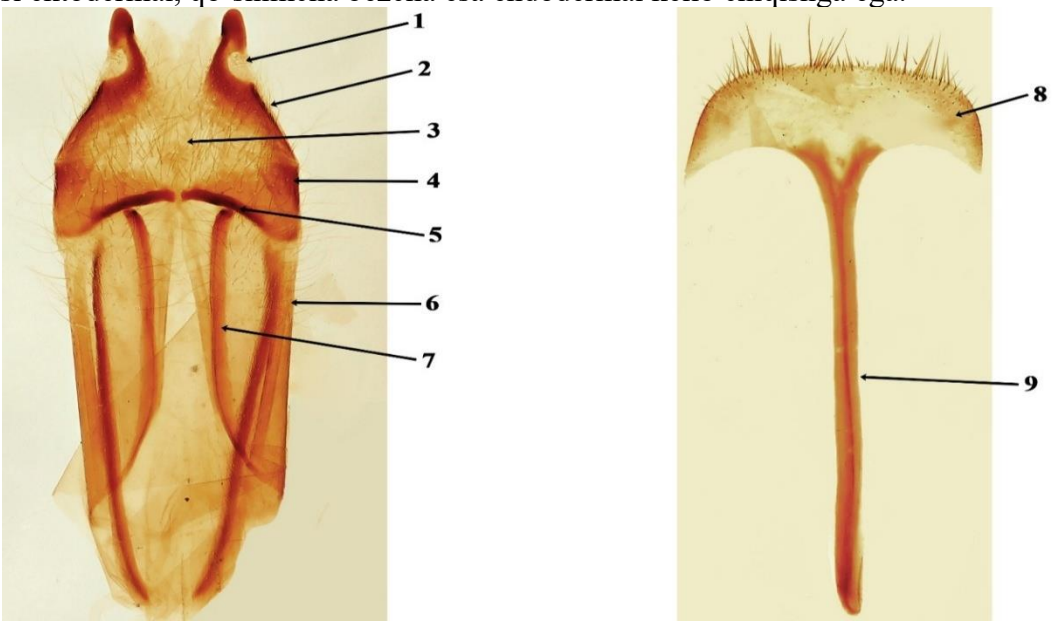
Ventral spikula (1-rasmga qarang)- uzun sterjen shaklidagi sklerit bo‘lib bir tomoni bilan VIII sternit bazal qismiga birikadi. VIII sternitga birikish tomoni ayri uch hosil qiladi. Ventral spikulaga tuxum qo‘ygichni harakatlantiruvchi va tuxum qo‘ygichning o‘zini muskullari birikib [27; 1-332-c., 29; 1-408-c.], uning uzunligi har doim tuxum qo‘ygich uzunligi bilan proporsionaldir.

Tuxum qo‘ygich (1- va 2-rasmlarga qarang)- uzun, apikal qism (koksit) va bazal qism (paraprokt) dan tashkil topgan. Koksit to‘rtta juft qismdan tashkil topgan bo‘lib bular I, II, III, IV shulardan II-IV koksitlar bir biriga qo‘shilib ketganligi ahamiyatlidir. Koksit I paraprokt chegarasida yaxshi skleritlashgan ko‘ndalang bakulum bilan ta’minlangan, va II-VI koksitlardan membrana orqali ajralgan. Barcha juft koksitlar juftliklari orasidan membrana (valvifer) orqali birikkan bo‘lib bu membrana tinch holatda yig‘ilgan holatda turadi va tuxum qo‘ygich kengayganda yoziladi.

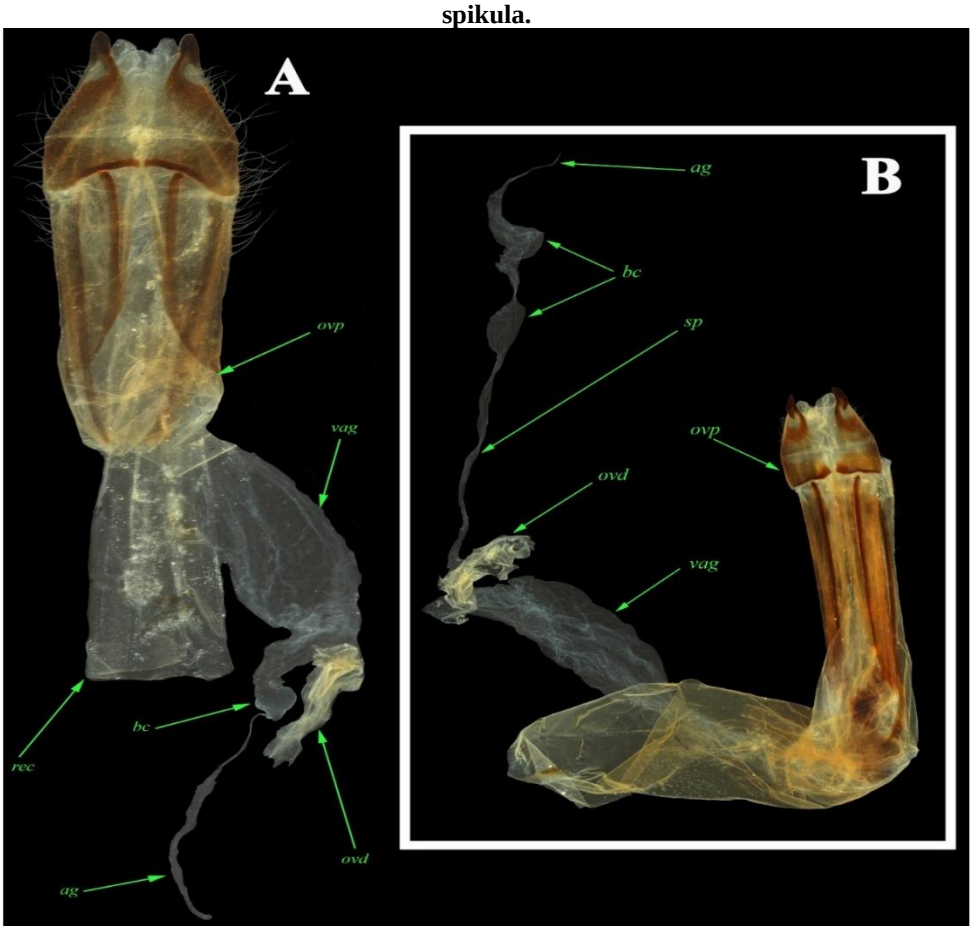
IV koksit kuchli o‘zgargan shaklda, sensor organ hisoblanmish gonostiliy butunlay reduksiyaga uchragan bo‘lib undan faqat kuchsiz skleritlashgan dog‘ va siyrak tuklar qolgan. IV koksitning uchki qismi qazuvchi plastinka hosil qilgan va bu plastinka tishsimon, yassi, uchi o‘tkir yoki to‘mtoq uch hosil qilgan shakllarda bo‘lishi mumkin.

Paraprokt ikkita bir- biriga paralateral joylashgan skleritdan tashkil topgan bo‘lib ularning chekkasi kuchli skleritlashgan bakulum hosil qiladi va bu bakulum tuxum qo‘ygich uchun tayanch vazifasini bajaradi. Tuxum qo‘ygich yuqori tomondan proktiger orqali berkitilgan bo‘ladi.

Tentyriini tribasi vakillarining urg‘ochilik jinsiy yo‘llari qin, qo‘shiluv xaltachasi va qo‘shimcha bezchada va ayrim hollarda spermatekadan iborat (2-rasmga qarang). Qin va qo‘shiluv xaltachasi ektodermal, qo‘shimcha bezcha esa endodermal kelib chiqishga ega.



1-rasm. Urg‘ochilik genital apparati (*Alcinoeta noctivaga*): 1- gonostiliydan qolgan dog‘, 2- koksit II-IV, 3- valvifer, 4- koksit I, 5- koksit I bakulumi, 6- paraprokt, 7- paraprokt bakulumi, 8- VIII sternit, 9- ventral spikula.



2-rasm. Urg‘ochilik jinsiy yo‘llari (A- *Alcinoeta noctivaga*; B- *Tentyria pseudogigas*): *ovp*- tuxum qo‘ygich, *ovd*- tuxum yo‘li, *bc*- qo‘shiluv xaltachasi, *ag*- qo‘shimcha bezcha, *sp*- spermoteka, *vag*- qin.

Urg‘ochilik jinsiy yo‘llarini dastlab Doyen (1993) qisqacha ta’rifini keltirar ekan, uning primitiv tuzilishni saqlab qolganini qayd qiladi [9; 443-514- p.]. Qo‘shiluv xaltachasi qinning hosilasi

sifatida qaraladi va Tentyriini tribasida reduksiyaga uchragan juda kichik tuzilma shaklida. Undan esa o‘rtacha uzunlikdagi bez o‘sib chiqqan.

Doyen (1993) Tentyriini tribasi uchun diametri jihatdan reduksiyaga uchragan va bo‘g‘imli tuzilishga ega kichik qo‘shiluv xaltachasi xosligini va u spermatekani hosil qilganligini aytsa, S.Chigray va Abakumovlar (2019) *Calyptopsis* urug‘i uchun urg‘ochilik jinsiy yo‘llarini keltirgan ishida spermatekani uchratmaysiz. Bekchanov va boshqalar (2023a) Tentyriini tribasi uchun spermateka xos emasligini va Doyen (1993) qo‘shiluv xaltachasini spermateka sifatida yanglish talqin qilganligini aytadi [9; 443-514-p., 7; 209-244-p., 1; 155-191-p.].

Shuni ta’kidlash kerakki *Tentyria* urug‘ida qin va qo‘shiluv xaltachasi oralig‘ida uzun va ingichka kanal joylashgan bo‘lib, buni rosmana spermateka deya atash mumkin, natijada qo‘shiluv xaltachasi qindan uzoqlashib terminal joylashuvga ega bo‘lgan va ikki bo‘lakli tuzilmani hosil qilgan (2-rasm: B ga qarang).

Xulosa. Tentyriini Eschscholtz, 1831 tribasi vakillarining urg‘ochilik ichki qorin segmentlari, tuxum qo‘ygich va jinsiy yo‘llari tuzilishi atroflicha o‘rganildi. VIII sternit, VIII tergit, ventral spikula hamda tuxum qo‘ygich koksitlari va paraprokt bakulumining shakli triba doirasida barqaror bo‘lib, urug‘ va tur darajasida farqlanuvchi qo‘shimcha taksonomik mezon sifatida xizmat qiladi. Jinsiy yo‘llarda qin, qo‘shiluv xaltachasi va qo‘shimcha bezcha barcha o‘rganilgan turlarga xos ekanligi, biroq spermateka Tentyriini tribasi uchun deyarli xos emasligi aniqlandi: Doyen (1993) spermateka deb talqin qilgan tuzilma aslida qo‘shiluv xaltachasining reduksiyaga uchragan shaklidir. Shu bilan birga, Tentyria urug‘ida qin va qo‘shiluv xaltachasi orasida rosmana spermateka mavjudligi va bu sababli qo‘shiluv xaltachasining terminal joylashgan ikki bo‘lakli tuzilma hosil qilishi topildi (urug‘ darajasidagi muhim diagnostik belgi). Olingan natijalar tribaning genital apparatiga oid mavjud chalg‘ituvchi talqinlarga aniqlik kiritib, kelgusi tadqiqotlarga asos bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Bekchanov N.Kh., Nabozhenko M.V. & Bekchanov Kh.U. Remarkable additions to the fauna of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae) of western Uzbekistan // Caucasian entomological Bulletin. – 2023a. – Vol. 19, № 1. – P.155–191. https://doi.org/10.5281/zenodo.8199930

2. Bekchanov N.Kh., Nabozhenko M.V. & Bekchanova M.Kh. Review of the subgenus Turcmenicola Bogatchev, 1952, the genus Colposcelis Dejean, 1834 (Coleoptera: Tenebrionidae: Tentyriini) // Zootaxa. – 2023b. – Vol. 5375, № 4. – P. 550–564. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5375.4.6

3. Bekchanov N.Kh., Nabozhenko M.V., Bekchanov Kh.U., Bekchanova M.Kh. A review of the genus Microdera Eschscholtz, 1831 (Coleoptera: Tenebrionidae) of Uzbekistan // Zootaxa. – 2025. – Vol. 5590, № 4. – P. 451–480. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5590.4.1

4. Bujalance J.L., Ferrer J., Cárdenas C.A. A taxonomic revision of the genus Tentyria Latreille, 1802 in the Peninsula and Balearic (Coleoptera: Tenebrionidae) // Zootaxa. – 2023. – Vol. 5320, № 1. – P. 1–88. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5320.1.1

5. Chigray S.N., Nabozhenko M.V. A review of the genus Calyptopsis Solier, 1835 (Coleoptera, Tenebrionidae: Pimeliinae: Tentyriini) from Kazakhstan and Middle Asia // Entomological Review. – 2018. – Vol. 98, № 8. – P. 1124–1138.

6. Chigray S.N., Nabozhenko M.V., Keskin B., Aburakhamov G.M. Taxonomic review of the genus Calyptopsis of Turkey and adjacent areas (Coleoptera: Tenebrionidae: Tentyriini) // Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae. – 2018. – Vol. 58, № 2. – P. 331–346.

7. Chigray S.N., Abakumov E.V. Taxonomic revision of the genus Calyptopsis Solier, 1835 (Coleoptera, Tenebrionidae: Pimeliinae: Tentyriini) from Iran // Entomological Review. – 2019. – Vol. 99, № 2. – P. 209–244. https://doi.org/10.1134/s001387381902009x

8. Doyen J.T. Familial and subfamilial classification of the Tenebrionoidea (Coleoptera) and a revised generic classification of the Coniontini (Tentyriidae) // Quaestiones entomologicae. – 1972. – № 8. – P. 357–376.

9. Doyen, J. T. Cladistic Relationships among Pimeliine Tenebrionidae (Coleoptera) / J. T. Doyen // Journal of the New York Entomological Society. – 1993. – Vol. 101, iss. 4. –P. 443–514.

10. Grimm R., Merkl O. A new species of Thraustocolus Kraatz from Iran (Insecta: Coleoptera: Tenebrionidae: Tentyriini) // Vernate. – 2018. – Vol. 37. – P. 317–319.

11. Grimm R., Lillig M. Hegeter merkli: a new species of darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae: Tentyriini) from La Gomera (Canary Islands) // Annales Zoologici. – 2022. – Vol. 72. – P. 105–110. https://doi.org/10.3161/00034541ANZ2022.72.1.008

12. Kaszab Z. Die Tenebrioniden Afghanistans, auf Grund der Ergebnisse der Sammelreise des Herrn J. Klapperich in den Jahren 1952/53 (Col.) // Entomologische Arbeiten aus dem Museum G. Frey.- 1959.- № 10.- S. 321–404., 10 pls.

13. Kaszab Z. Beiträge zur Kenntnis der Fauna Afghanistans (Sammelergebnisse von O. Jakeš 1963–64, D. Povolný & Fr. Tenora 1966, J. Šimek 1965–66, D. Povolný, J. Geiser, Z. Šebek & Fr. Tenora 1967) Tenebrionidae, Col // Časopis Moravského Musea, Vědy přírodní.- 1968.- № 53 (Supplementum).- S. 7–124., 4 pls.

14. Lillig M. Revision der Untergattung Symphoxycara Koch, 1943 der Gattung Oxycara Solier, 1835 (Coleoptera: Tenebrionidae, Tentyriini) // Coleoptera — Schwanfelder Coleopterologische Mitteilungen. – 2001. – № 5. – S. 363–388.

15. Lillig M. New species of the genus Oxycara Solier, 1835 from Oman (Coleoptera: Tenebrionidae) // Caucasian Entomological Bulletin. – 2009. – Vol. 5, № 2. – P. 227–230.

16. Lillig M. A new species of Scelosodis Solier, 1835 from Jordan (Coleoptera: Tenebrionidae: Pimeliinae) // Entomologische Zeitschrift. – 2022. – Vol. 132, № 4. – P. 245–249.

17. Matthews, E. G. Tenebrionid Beetles of Australia: Descriptions of Tribes, Keys to Genera, Catalogue of Species / E. G. Matthews, P. Bouchard. // – Canberra: Australian Biological Resources Study, 2008. – 410 p.

18. Matthews, E. G. 11.14. Tenebrionidae Latreille, 1802 / E.G. Matthews, J. F. Lawrence, P. Bouchard, W. E. Steiner, Jr. Ślipiński, S. A. Ślipiński // Handbook of zoology. Arthropoda: Insecta. Part 38. Coleoptera, beetles. Vol. 2. Morphology and systematics (Elateroidea, Bostrichiformia, Cucujiformia partim). – Berlin: Walter de Gruyter, 2010. – P. 574–659.

19. Nabozhenko M.V., Chigray I.A. & Bekchanov N.Kh. A review of the genus Psammocryptus (Coleoptera: Tenebrionidae: Tentyriini) // Acta entomologica Musei nationalis Pragae. – 2022. – Vol. 62, № 1. – P. 165–184. https://doi.org/10.37520/aemnp.2022.013

20. Nabozhenko M.V., Bekchanov N.Kh., Egorov L.V., Bekchanov Kh.U., Bekchanov M.Kh. & Rakhimov M.Sh. First data on the darkling beetle fauna (Coleoptera: Tenebrionidae) of the Hissar State Reserve, Uzbekistan // Zoosystematica Rossica. – 2024. – Vol. 33, № 2. – P. 189–208. https://doi.org/10.31610/zsr/2024.33.2.189

21. Ren G.-D., Yu Y. 《中国沙漠和半沙漠地区的黑甲虫 (Coleoptera: Tenebrionidae)》 / Ren G.-D. & Yu Y. // 河北大学出版社, 保定, 1999. – 全书页码 1–394.

22. Ren G.-D., Ba Y.-B. 《中国土壤黑甲虫志 第二卷：Tentyriforms（鞘翅目：Tenebrionidae），包括 Epitragini、Akidini、Leptodini、Tentyriini》 / Ren G.-D. & Ba Y.-B. // 科学出版社，北京，2010 年。– 225 页，附彩色插图 xiii 页。

23. Schawaller W. A new genus and species of Tentyriini (Coleoptera: Tenebrionidae) from sand dunes in Namaqualand, South Africa // Zootaxa. – 2012. – Vol. 3514. – P. 79–83.

24. Schawaller W., Fricke R. Paulianesthes fouquei sp. nov., the second species of the endemic genus from Madagascar (Coleoptera: Tenebrionidae: Tentyriini) // Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae. – 2017. – Vol. 57, № 2. – P. 345–349. https://doi.org/10.1515/aemnp-2017-0080

25. Skopin N.G. Die Arten der Gattung Tentyria Latreille aus dem westlichen Zentralasien (Coleoptera, Tenebrionidae) // Entomologische Arbeiten aus dem Museum G. Frey. – 1966. – № 17. – S. 1–6.

26. Медведев, Г. С. Новые виды жуков-чернотелок (Coleoptera, Tenebrionidae) из Туркмении и Каракалпакии / Г. С. Медведев, М. Г. Непесова // Энтомологическое обозрение. 1985b – Т. 64, вып. 2. – С. 358–362.

27. Медведев, Г. С. Эволюция и система жуков-чернотелок трибы Blaptini (Coleoptera, Tenebrionidae) / Г. С. Медведев // Чтения памяти Н. А. Холодковского. Вып. 53. – СПб.: ЗИН РАН, 2001. – 332 с.

28. Медведев, Г. С. Новые виды жуков-чернотелок (Coleoptera, Tenebrionidae) из пустынь Палеарктики / Г. С. Медведев // Энтомологическое обозрение. – 2004. – Т. 83, вып. 3. – С. 553–580.

29. Набоженко, М. В. Жуки-чернотелки трибы Helopini (Coleoptera: Tenebrionidae) мировой фауны: дисс. … док. биол. наук : 03.02.05 / Набоженко Максим Витальевич. – Махачкала, 2019. – 408 с.

30. Скопин Н.Г. Новые виды чернотелок (Coleoptera, Tenebrionidae) из смежных с Казахстаном районов Центральной Азии // Труды Научно-исследовательского института защиты растений Казахской академии сельскохозяйственных наук. – 1964b. – № 8. – С. 371–388.

31. Скопин Н.Г. Жуки-чернотелки (Coleoptera, Tenebrionidae) Южного Казахстана и их хозяйственное значение // Труды Казахского научно-исследовательского института защиты растений. – 1968. – № 10. – С. 73–114.

UO'K: 634.55:631.6

TOG'OLDI YONBAG'IRLARI YAYLOV HUDUDLARIDA ACHCHIQ BODOM (*Amygdalus communis* L. *amara*) O'SIMLIGINI YETISHTIRISH

Z.A. Bobomurodov, dots., Jizzax davlat pedagogika universiteti, Jizzax
S.H. Muydinova, mustaqil izlanuvchi, Jizzax davlat pedagogika universiteti, Jizzax

Annotatsiya*.Ushbu maqolada tog'oldi va adir zonasining lalmi yaylov hududlarida achchiq bodom (Amygdalus communis L. var. amara) o'simligini introduksiya qilish imkoniyatlari nazariy va qiyosiy tahlil asosida yoritilgan. Tadqiqot IMRAD (Kirish, Material va usullar, Natijalar, Muhokama) tuzilmasida bajarilib, unda turning kelib chiqishi, biologik-ekologik xususiyatlari,*

agrotexnik jihatlari va yonbag'irlarni eroziyadan muhofaza qilishdagi o'rni xorijiy va mahalliy olimlarning ilmiy ishlari asosida umumlashtirilgan. Tahlil natijalariga ko'ra, kuzgi muddatda, chuqur o'yiqlarga, stratifikatsiya qilingan urug'larni ekish nihollarning unib chiqishini (80–88 %) an'anaviy bahorgi (52–58 %) va ishlovsiz qishki (30–40 %) ekish variantlariga nisbatan sezilarli oshiradi. Maqola oxirida tog'oldi yaylovlarida achchiq bodomni yetishtirish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar va keyingi tadqiqotlar yo'nalishlari keltirilgan.

Kalit so'zlar: *tog'oldi yaylovlari, achchiq bodom, introduksiya, lalmi yerlar, agrotexnika, stratifikatsiya, tuproq eroziyasi.*

Аннотация*. В статье на основе теоретического и сравнительного анализа освещены возможности интродукции горького миндаля (Amygdalus communis L. var. amara) на богарных пастбищах предгорной и адырной зон. Исследование выполнено по структуре IMRAD (введение, материал и методы, результаты, обсуждение); в нём на основе научных работ зарубежных и отечественных учёных обобщены происхождение вида, его биолого-экологические особенности, агротехнические аспекты и роль в защите склонов от эрозии. По результатам анализа, осенний посев стратифицированных семян в глубокие лунки существенно повышает выход всходов (80–88 %) по сравнению с традиционным весенним (52–58 %) и зимним посевом без обработки (30–40 %). В конце статьи приведены научно обоснованные рекомендации по выращиванию горького миндаля на предгорных пастбищах и направления дальнейших исследований.*

Ключевые слова: *предгорные пастбища, горький миндаль, интродукция, богарные земли, агротехника, стратификация, эрозия почв.*

Abstract*. This article examines, on the basis of theoretical and comparative analysis, the possibilities of introducing bitter almond (Amygdalus communis L. var. amara) into the rainfed rangelands of the foothill and adyr zones. The study follows the IMRAD structure (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion) and, drawing on the works of foreign and local scientists, summarises the origin of the species, its biological and ecological characteristics, agrotechnical aspects and its role in protecting slopes from erosion. According to the results of the analysis, autumn sowing of stratified seeds into deep planting pits significantly increases seedling emergence (80–88 %) compared with the traditional spring sowing (52–58 %) and untreated winter sowing (30–40 %). The article concludes with scientifically grounded recommendations for growing bitter almond in foothill rangelands and directions for further research.*

Keywords: *foothill rangelands, bitter almond, introduction, rainfed lands, agrotechnics, stratification, soil erosion.*

O'zbekiston hududining katta qismini cho'l, adir va tog'oldi yaylovlari egallaydi. Mintaqa yaylovlari holatiga chorva mollari bosimining ortishi, yog'ingarchilikning yil davomida notekis taqsimlanishi va haroratning oshishi jiddiy ta'sir ko'rsatmoqda. Gintzburger va hammualliflar O'zbekistonning qurg'oq va yarim qurg'oq zonalari yaylovlarini tavsiflab, ularning degradatsiyasi hamda o'simlik qoplamini tiklashda butasimon va yem-xashak o'simliklaridan foydalanish zarurligini ta'kidlagan [1]. Lioubimtseva va Henebry esa Markaziy Osiyo qurg'oq mintaqasida iqlim va ekologik o'zgarishlar suv resurslari, tuproq unumdorligi va o'simlik qoplamiga salbiy ta'sir ko'rsatishini asoslab bergan [2]. Bunday sharoitda qurg'oqchilikka chidamli, chuqur ildiz tizimiga ega, ko'p maqsadli o'simliklarni yaylovlarga joriy etish dolzarb ilmiy-amaliy vazifaga aylanmoqda.

Achchiq bodom (*Amygdalus communis* L. var. *amara*; zamonaviy sistematik adabiyotlarda *Prunus dulcis* var. *amara* nomi ham qo'llanadi) Rosaceae oilasiga mansub, issiqsevar va yorug'sevar buta yoki past bo'yli daraxt hisoblanadi. N.I. Vavilov mevali daraxtlarning kelib chiqish markazlarini o'rganar ekan, bodomning yovvoyi qarindosh turlari Markaziy Osiyo hududida keng tarqalganini qayd etgan va bu mintaqani madaniy mevali o'simliklar genofondining muhim markazlaridan biri sifatida ko'rsatgan [3]. D. Zohary va M. Hopf madaniy bodomning O'rta Osiyoda, yovvoyi *Amygdalus* turlari asosida madaniylashtirilganini keng dalillar bilan yoritgan [4]. K. Browicz va D. Zohary *Amygdalus* turkumi turlarining o'zaro munosabatlari, tarqalishi va madaniylashuv jarayonidagi evolyutsiyasini tahlil qilgan [5], G. Ladizinsky esa madaniy bodomning kelib chiqishi

masalasini muhokama qilib, yovvoyi ajdodlar sifatida Markaziy Osiyo va O’rta Osiyo turlarining ahamiyatini ko'rsatgan [6].

Bodomning achchiq va shirin mag'izli shakllari o'rtasidagi farq genetik jihatdan ham chuqur o'rganilgan. R. Sánchez-Pérez va hammualliflar (2019) shirin mag'izli bodomning paydo bo'lishi amigdalin biosintezini boshqaruvchi bHLH transkripsion omilidagi mutatsiya bilan bog'liqligini aniqlagan; demak, achchiq mag'izlilik yovvoyi (ajdodiy) belgi hisoblanadi [7]. I. Bolarinwa va hammualliflar tomonidan olingan ma'lumotlarga ko'ra, achchiq bodom mag'zida amigdalin miqdori shirin navlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori bo'ladi [8]. Mahsulotning xo'jalik ahamiyati haqida A.J. Esfahlan va hammualliflar bodom mag'zi, moyi va yon mahsulotlarining oziq-ovqat, farmatsevtika va kosmetika sohalaridagi qo'llanilishini umumlashtirgan [9]. D.E. Kester, T.M. Gradziel va C. Grasselly bodom genetik resurslari, biologik xususiyatlari va yetishtirish talablarini tahlil qilgan [10]; R. Socias i Company va hammualliflar esa mag'iz sifati va achchiqlik belgisining selektsiyadagi o'rnini yoritgan [11].

Tog'oldi yonbag'irlarida o'simlik qoplamining siyraklashuvi suv va shamol eroziyasini kuchaytiradi. R.P.C. Morgan tuproq eroziyasi va uning oldini olish tizimida o'simlik qoplamining hal qiluvchi rolini ko'rsatgan [12]. G. Gyssels va hammualliflar o'simlik ildizlarining tuproqning suv eroziyasiga qarshiligini oshirishdagi ta'sirini sharhlab, buning uchun nafaqat chuqur, balki zich joylashgan mayda ildizlar ham muhim ekanini ta'kidlagan [13]. Butasimon o'simliklarni ko'paytirishda muhim omillardan biri urug'dagi tinim holati bo'lib, uni sovuq stratifikatsiya orqali bartaraf etish mumkinligi C.C. Baskin va J.M. Baskin tomonidan urug'lar ekologiyasi va unuvchanligi bo'yicha keng qamrovli tahlil qilingan [14].

Mahalliy adabiyotlarda tog'oldi hududlarida mevali va yong'oq mevali o'simliklarni introduksiya qilish [15] hamda lalmi dehqonchilik va yaylovlardan foydalanish asoslari [16] yoritilgan, biroq achchiq bodomning aynan tog'oldi yaylovlarida yetishtirilishi, ekish muddati va tuproqqa ishlov berish usullarining nihollar unib chiqishi hamda eroziyaga qarshi samaradorligiga ta'siri masalasi yetarlicha tizimlashtirilmagan. Yaylovlardan foydalanish va ularni muhofaza qilishning huquqiy asoslari esa O'zbekiston Respublikasining "Yaylovlar to'g'risida"gi Qonunida belgilangan [17].

Tadqiqotning maqsadi – tog'oldi yonbag'irlari lalmi yaylov hududlarida achchiq bodomni yetishtirishning ilmiy asoslarini nazariy tahlil qilish va samarali agrotexnik usulni aniqlash.

Vazifalari: (1) turning biologik-ekologik xususiyatlarini adabiyotlar asosida umumlashtirish; (2) yetishtirish agrotexnikasining asosiy bosqichlarini tavsiflash; (3) uch xil ekish variantini qiyosiy baholash; (4) natijalarni xorijiy va mahalliy olimlar xulosalari bilan taqqoslab, amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot obyekti – achchiq bodom (*Amygdalus communis* L. var. *amara*) bo'lib, uning tog'oldi va adir zonasi lalmi yaylovlarida yetishtirilishi nazariy jihatdan o'rganildi. Turning botanik va xo'jalik xususiyatlari [3–11] manbalar asosida tavsiflandi.

Tog'oldi va adir hududlari uchun bo'z tuproqlar, shag'alli-qumloq va toshloq-yonbag'ir tuproqlar, yog'ingarchilikning asosan qish-bahor oylarida yog'ishi va yozgi davrda yuqori harorat hamda havo qurg'oqchiligi xosdir [1, 2, 16]. Shu sababli yetishtirish sharoiti sifatida sug'orma dehqonchilikdan tashqarida, lalmi yonbag'irlar – ayniqsa janubiy va janubi-g'arbiy ekspozitsiyali qiyaliklar nazarda tutildi.

Ish nazariy xarakterga ega bo'lib, quyidagi usullardan foydalanildi: ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish (xorijiy va mahalliy manbalar); qiyosiy-tahliliy usul (olimlarning xulosalarini o'zaro solishtirish); mantiqiy sintez va umumlashtirish; agrotexnik variantlarni ko'rsatkichlar bo'yicha taqqoslash (unib chiqish foizi, qurg'oqchilikka bardoshlilik, eroziyaga qarshi ta'sir). Maqola tuzilmasi IMRAD talablariga muvofiq shakllantirildi. Uch agrotexnik variant: 1-variant – an'anaviy lalmi usul (mart oyida ekish, sayoz yumshatish); 2-variant – kuzgi ekish va stratifikatsiya (noyabr, chuqur o'yiqlar); 3-variant – urug'ni ishlovsiz sepish (yanvar).

Adabiyotlar tahlili achchiq bodomning tog'oldi yaylovlari uchun istiqbolli ekanini ko'rsatadi. Birinchidan, o'simlik issiqsevar va yorug'sevar bo'lib, ildiz tizimi tuproqqa chuqur (3–5 m va undan ortiq) kirib boradi; bu unga lalmi yonbag'irlarda chuqur qatlamlardagi namlikdan foydalanish

imkonini beradi. Ikkinchidan, tuproqqa talabi bo'yicha bo'z, shag'alli-qumloq va toshloq-yonbag'ir tuproqlarda yaxshi o'sadi, og'ir gilli va botqoqlangan tuproqlarni yoqtirmaydi. Uchinchidan, yuqori harorat va havo qurg'oqchiligiga nisbatan chidamli. To'rtinchidan, yonbag'irlardagi tuproq qatlamini suv va shamol eroziyasidan saqlashda samarali hisoblanadi. Bu xulosalar bodomning ekologik talablari haqidagi umumiy ilmiy ma'lumotlarga [10] va o'simlik ildizlarining eroziyaga qarshi rolini o'rgangan tadqiqotlarga [12, 13] mos keladi.

Tog'oldi yaylovlarida achchiq bodomni muvaffaqiyatli yetishtirish quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

• **Urug' tayyorlash va ekish.** Ekishdan oldin urug'larni stratifikatsiya qilish (nam qumda 1–2 oy davomida 2–5 °C haroratda saqlash) unuvchanlikni keskin oshiradi. Bu usul Rosaceae oilasi urug'laridagi fiziologik tinim holatini sovuq ta'sirida bartaraf etish tamoyiliga asoslanadi [14]. Ekish ishlari asosan kuzda (oktyabr–noyabr) yoki erta bahorda amalga oshiriladi.

• **Joy tanlash va yer tayyorlash.** Janubiy va janubi-g'arbiy yonbag'irlar tanlanadi. Yer haydalmaydigan qiyaliklarda chuqurchalar (o'yiqlar) tayyorlanib, har bir chuqurga organik o'g'itlar solinadi. O'yiqlar yomg'ir va erigan qor suvini to'plab, ildiz zonasida namlikni oshiradi hamda yuza oqimni sekinlashtiradi.

• **Parvarish qilish.** Dastlabki 1–2 yilda begona o'tlardan tozalash va qurg'oqchilik kuchli bo'lgan yillarda ildiz tizimi shakllanguncha qo'shimcha suv berish maqsadga muvofiq.

Agrotexnik variantlarning qiyosiy tahlili

Tog'oldi yaylovlarida achchiq bodom yetishtirish samaradorligini baholash uchun turli agrotexnik usullarning ta'siri 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Tog'oldi yaylovlarida achchiq bodom yetishtirishning agrotexnik variantlari

Agrotexnik tadbirlar	Ekish muddati	Tuproqqa ishlov berish usuli	Nihollarning unib chiqish foizi (%)	Qurg'oqchilikka bardoshliligi	Eroziyaga qarshi ta'siri
1-variant (an'anaviy lalmi)	Bahor (mart)	Sayoz yumshatish	52–58	O'rtacha	Past
2-variant (kuzgi ekish va stratifikatsiya)	Kuz (noyabr)	Chuqur o'yiqlar tayyorlash	**80–88**	**Yuqori**	**Yuqori**
3-variant (faqat urug' sepish, ishlovsiz)	Qish (yanvar)	Ishlov berilmaydi	30–40	Past	O'rtacha

Jadval tahlilidan ko'rinib turibdiki, 2-variant (kuzgi muddatda sifatli tayyorlangan o'yiqlarga ekish) eng yuqori natija berib, nihollarning unib chiqishi 80–88 % ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkich 1-variantdagi (52–58 %) natijadan taxminan 1,5 baravar, 3-variantdagi (30–40 %) natijadan esa 2–2,5 baravar yuqori. 2-variantda qurg'oqchilikka bardoshlilik va eroziyaga qarshi ta'sir ham eng yuqori baholandi, 1-variantda bu ko'rsatkichlar o'rtacha va past, 3-variantda esa mos ravishda past va o'rtacha bo'ldi. Demak, 2-variant yaylov ekotizimini mustahkamlashda eng samarali usul ekanini ko'rsatdi.

Olingan natijalar fan adabiyotlaridagi xulosalar bilan mos keladi. Birinchi navbatda, stratifikatsiya qilingan urug'larni kuzda ekishning yuqori samaradorligi urug'lar fiziologiyasi nuqtayi nazaridan tushuntiriladi: Baskin va Baskin ko'rsatganidek, mo'tadil iqlim o'simliklari urug'laridagi tinim holati sovuq va nam sharoitda bartaraf etiladi [14]. Kuzgi ekishda bu jarayon tabiiy yo'l bilan qish davomida kechadi, oldindan qilingan sun'iy stratifikatsiya esa uni yanada kafolatlaydi. Bahorgi (mart) ekishda tinim holatini bartaraf etish uchun sovuq davr yetarli bo'lmasligi, 3-variantda (yanvar, ishlovsiz) esa urug'ning yuza qatlamda qolib, qurishi, yuvilishi yoki kemiruvchilar tomonidan yeyilishi ehtimoli unib chiqishning past bo'lishiga sabab bo'lishi mumkin.

Ikkinchidan, chuqur o'yiqlar tayyorlash ham nihollar uchun qulay mikromuhit yaratadi: o'yiqlarda namlik to'planadi, organik o'g'it ildiz rivojlanishini rag'batlantiradi, qiyalikda esa yuza oqim va tuproq yuvilishi kamayadi. Bu jihat Morgan [12] va Gyssels va hammualliflarining [13] xulosalari – o'simlik qoplami va ildiz tizimi tuproqning eroziyaga qarshiligini oshiradi – bilan uyg'unlashadi. Shu bilan birga, Gyssels va hammualliflar zich mayda ildizlarning ahamiyatini alohida ta'kidlaganligi sababli, achchiq bodomning chuqur o'q ildizi yonbag'irni mustahkamlashda muhim

bo'lsa-da, eroziyaga qarshi to'liq samara uchun uni o'tsimon va boshqa butasimon o'simliklar bilan birgalikda ekish maqsadga muvofiq bo'ladi [13].

Uchinchidan, achchiq bodomni yaylovga joriy etishda ehtiyot choralari ko'rilishi lozim. Achchiq mag'iz amigdalin miqdorining yuqoriligi bilan farqlanadi va uning gidrolizida sianid hosil bo'lishi mumkin [7, 8]; shuning uchun mag'izni oziq-ovqat va farmatsevtika maqsadlarida ishlatishda maxsus qayta ishlash va me'yoriy nazorat talab etiladi. Prunus turkumi o'simliklarining ayrim organlarida siyanogen birikmalar bo'lishi mumkinligi sababli, yosh ko'chatlarni chorva mollari tomonidan yeyilishidan to'siqlar bilan himoya qilish, ekilgan maydonlarda dastlabki yillarda o'tlatishni cheklash tavsiya etiladi. Bu chora yaylovlardan foydalanishni tartibga soluvchi qonunchilik doirasida amalga oshirilishi lozim [17].

To'rtinchidan, tadqiqotning cheklovlarini ham qayd etish zarur. Birinchidan, ishning asosi nazariy-qiyosiy tahlil bo'lib, unda keltirilgan uch variant bo'yicha ko'rsatkichlar cheklangan miqdordagi ma'lumotlarga tayanadi. Ikkinchidan, achchiq bodomning tuproq sho'rlanishiga chidamliligi haqidagi fikr qo'shimcha tajribalar bilan tasdiqlanishi kerak, chunki bodom turlari tuproq sharoitiga talabchan bo'lib, ortiqcha sho'rlanish sharoitida zarar ko'rishi mumkin [10]. Uchinchidan, ko'p yillik butasimon o'simliklar uchun samaradorlik faqat bir mavsumda emas, bir necha yil davomida (tirik qolish, o'sish va hosildorlik bo'yicha) baholanishi lozim. Bu yo'nalishda R.R. Toirov [15] va X.P. Karimov [16] tomonidan yozilgan ishlarni mahalliy dala kuzatuvlari bilan boyitish istiqbolli.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Gintzburger G., Toderich K.N., Mardonov B.K., Mahmudov M.M. Rangelands of the arid and semi-arid zones in Uzbekistan. – Montpellier: CIRAD–ICARDA, 2003.

2. Lioubimtseva E., Henebry G.M. Climate and environmental change in arid Central Asia: Impacts, vulnerability, and adaptations // Journal of Arid Environments. – 2009. – Vol. 73. – P. 963–977.

3. Вавилов Н.И. Дикие родичи плодовых деревьев азиатской части СССР и Кавказа и проблема происхождения плодовых деревьев // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции.–1931. – Т. 26, вып. 3.

4. Zohary D., Hopf M. Domestication of Plants in the Old World. 3rd ed. – Oxford: Oxford University Press, 2000.

5. Browicz K., Zohary D. The genus Amygdalus L. (Rosaceae): species relationships, distribution and evolution under domestication // Genetic Resources and Crop Evolution. – 1996. – Vol. 43. – P. 229–247.

6. Ladizinsky G. On the origin of almond // Genetic Resources and Crop Evolution. – 1999. – Vol. 46. – P. 143–147.

7. Sánchez-Pérez R., Pavan S., Mazzeo R. et al. Mutation of a bHLH transcription factor allowed almond domestication // Science. – 2019. – Vol. 364. – P. 1095–1098.

8. Bolarinwa I.F., Orfila C., Morgan M.R.A. Amygdalin content of seeds, kernels and food products commercially available in the UK // Food Chemistry. – 2014. – Vol. 152. – P. 133–139.

9. Esfahlan A.J., Jamei R., Esfahlan R.J. The importance of almond (Prunus amygdalus L.) and its by-products // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 120. – P. 349–360.

10. Kester D.E., Gradziel T.M., Grasselly C. Almonds (Prunus) // Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops (Acta Horticulturae 290) / Moore J.N., Ballington J.R. (eds.). – Wageningen: ISHS, 1991. – P. 701–758.

11. Socias i Company R., Kodad O., Alonso J.M., Gradziel T.M. Almond quality: a breeding perspective // Horticultural Reviews. – 2008. – Vol. 34. – P. 197–238.

12. Morgan R.P.C. Soil Erosion and Conservation. 3rd ed. – Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

13. Gyssels G., Poesen J., Bochet E., Li Y. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review // Progress in Physical Geography. – 2005. – Vol. 29(2). – P. 189–217.

14. Baskin C.C., Baskin J.M. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. 2nd ed. – San Diego: Academic Press, 2014.

15. Toirov R.R. Tog'oldi hududlarida mevali va yong'oq mevali o'simliklarni introduksiya qilish. – Toshkent: "Fan", 2024.

16. Karimov X.P. Lalmi dehqonchilik va yaylovlardan foydalanish asoslari. – Toshkent, 2023.

17. O'zbekiston Respublikasining "Yaylovlar to'g'risida"gi Qonuni.

UO'K: 581.1:581.5

YUMSHOQ BUG'DOY (*TRITICUM AESTIVUM* L.) NAMUNALARIDA ANTOTSIAN PIGMENTLARI MIQDORINING TAHLILI

S.S. Buzurukov, tayanch doktorant, O'zRFA Genetika va O'EB instituti, Toshkent
O.E. Xolliyev, kat.i.x., O'zRFA Genetika va O'EB instituti, Toshkent
S.K. Baboyev, b.i.x., O'zRFA Genetika va O'EB instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Ushbu maqolada yumshoq bug'doyning namunalari koleoptilida antotsian pigmentlar miqdori aniqlandi. Natijada, ushbu pigmentlar miqdori genotipga bog'liq holda sezilarli darajada farqlanishini ko'rsatdi. Spektrofotometrik tahlilga ko'ra, antotsian pigmentining eng yuqori miqdori 10-11 namunalarda (13,5 mg/kg), eng past miqdori esa 5-namunada (2,8 mg/kg) aniqlandi. Qolgan namunalarda antotsian pigmentlar miqdori 5,8 mg/kg dan 12,9 mg/kg gacha bo'lishi kuzatildi.*

Kalit so'zlar: *Yumshoq bug'doy, genotip, antotsian pigment, antioksidant, koleoptili*

Аннотация*. В данной статье определено содержание антоциановых пигментов в колеоптиле образцов мягкой пшеницы. Результаты показали, что количество этих пигментов существенно различается в зависимости от генотипа. Согласно спектрофотометрическому анализу, максимальное содержание антоциана отмечено в образцах № 10 и № 11 (13,5 мг/кг), а минимальное — в образце № 5 (2,8 мг/кг). У остальных образцов концентрация антоциановых пигментов варьировала от 5,8 мг/кг до 12,9 мг/кг*

Ключевые слова: *Мягкая пшеница,генотипб антоциановый пигмент, антиоксидант, колеоптиле (колеоптиль)*

Abstract. *In this study, the anthocyanin pigment content in the coleoptiles of bread wheat (Triticum aestivum L.) accessions was determined. The results revealed significant genotype-dependent variation in pigment concentration. According to spectrophotometric analysis, the highest anthocyanin content was recorded in accessions 10 and 11 (13.5 mg/kg), whereas the lowest was detected in accession 5 (2.8 mg/kg). In the remaining accessions, anthocyanin levels ranged from 5.8 mg/kg to 12.9 mg/kg*

Key words: *Bread wheat (Triticum aestivum L.), genotype, anthocyanin pigment, antioxidant, coleoptile.*

Kirish. So'nggi o'n yilliklarda oziq-ovqat sanoatida rangli bug'doy donidan olingan non va un mahsulotlari antioksidantlarning istiqbolli manbalaridan biri sifatida e'tirof etilmoqda. Bunday donlarning tashqi qobiq qatlamlarida flavonoidlar miqdori oddiy donlarga nisbatan bir necha barobar yuqori bo'ladi [5]. Ushbu rangli bug'doy doni tarkibidagi antosiyanlar inson hujayralarida oksidlovchi stressni keltirib chiqarishi mumkin bo'lgan erkin radikallarni tozalash xususiyatiga ega [1]. Uzoq vaqt davomida bug'doy donida antosianlarning to'planishi seleksiya dasturlarida ko'rib chiqilmagan, faqat ma'lum maqsadlar uchun (ozuqa) genetik marker sifatida, ularni inson iste'moli uchun ishlatiladiganidan ajratish imkonini berish uchun yoki genetik tadqiqotlarda, masalan, bilvosita seleksiya dasturini amalga oshirishda hisobga olingan [2].

Darhaqiqat, antosiyanlarning to'planishi juda kam uchraydigan xususiyat bo'lib, u tetraploid bug'doylarning ba'zi shakllarida kuzatiladi. Bunday holatlar Efiopiya bug'doyining germplazmasida yuqori chastotaga ega. Yaqinda *Triticum boeticum, Triticum monococcum* va unga tegishli bug'doy turlari yumshoq bug'doy bilan turlararo chatishtirish orqali bir qator ko'k rangli donga ega bo'lgan bug'doylar olingan. Dastlabki tadqiqotlar binafsha pigment donning perikarpida (tashqi qatlam), ko'k pigment esa don aleyron qatlamida joylashganligi aniqlangan [3; 4].

Antatsian pigmentli donga ega bo'lgan bug'doy namunalarida minerallar tarkibi, Fe va Zn ning yuqori miqdori uni funktsional oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun, shuningdek, qo'shimcha ingrediyentlar sifatida yanada jozibador qiladi. Shu tarzda, bug'doydan olingan mahsulotlarning antioksidant faolligini sezilarli darajada oshirish mumkin. Biroq, bug'doy donining pigmentlari va minerallarining inson salomatligiga haqiqiy ta'sirini ta'minlash uchun, tayyor mahsulotlar (non, makaron va non mahsulotlari) ishlab chiqarish, tegirmon, non va makaron

tayyorlash va pishirish jarayonida ushbu birikmalarning barqarorligini baholash bo‘yicha qo‘shimcha tadqiqotlar o‘tkazish va maqsadli funksiyalar va biologik javob biomarkerlarini baholash orqali inson salomatligiga ta’sirini baholash zarur [6]. Bizning tadqiqotda yumshoq bug‘doy navlari koleoptilidagi antatsion pigment miqdorlari tahlil qilingan.

Material va uslublar. Tadqiqot obyekti sifatida yumshoq bug‘doyning 15 ta namunasidan foydalanildi. Antatsian pigment miqdorini aniqlash uchun bug‘doy urug‘laridan undirilgan koleoptilidan 1 g massa olinib, ustiga 20 ml etanol quyib, 24 soat qorong‘i joyda 24 soat ekstraksiya qilindi. So‘ngra ushbu eritma filtrlanib, 525 nm to‘lqin uzunligida spektrofotometrda o‘lchandi [7].

$$C=(A\times MW\times DF\times 1000)/(\varepsilon\times l)$$

Bu yerda:

C – antotsian konsentratsiyasi (mg/L),

A – absorbans,

MW = 449,2 g/mol,

DF – suyultirish koeffitsiyenti,

$\varepsilon = 26\ 900\ L\cdot mol^{-1}\cdot cm^{-1}$, l = 1 sm.

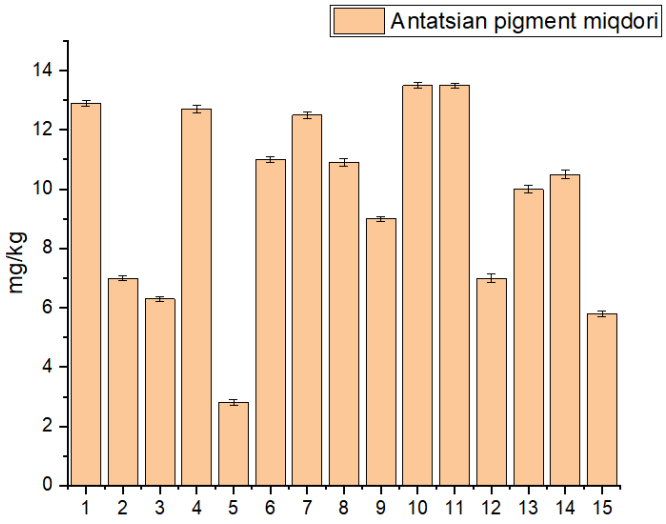
Usbu natijani mg/g namuna ko‘rinishida ifodalash uchun ekstrakt hajmi va olingan namuna massasini hisobga olgan holda qayta hisoblanadi:

$$\text{Antotsian (mg/kg)}=(C\times Vm\times 100)/(m\times 1000)$$

Bu yerda: C – antotsian konsentratsiyasi (mg/L), V – ekstrakt hajmi (L), m – namuna massasi (g).

Tadqiqot natijalari: Yumshoq bug‘doyning 15 ta namunasi ustida olib borilgan spektrofotometrik o‘lchovlar va ular asosida hisoblab chiqilgan antotsian pigment miqdori ko‘rsatkichlari 1-rasmda keltirilgan. Olingan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, o‘rganilgan 15 ta yumshoq bug‘doy namunalari tarkibidagi antotsian pigment miqdori bir-biridan sezilarli darajada farq qildi.

Tadqiqot obyekti sifatida foydalanilgan yumshoq bug‘doy namunalaridagi antatsian pigment miqdorining yuqori ko‘rsatkichlari 10- va 11-namunalarda kuzatildi va 13,5 mg/kg ni tashkil etdi. Shuningdek, 1-, 4- va 7-namunalarda ham antatsian miqdori nisbatan yuqori bo‘lib, 12,4–12,9 mg/kg ko‘rsatkichlarni qayd etdi.



1-rasm. Yumshoq bug‘doy namunalarida antatsian pigment miqdori, mg/kg

O‘rtacha miqdor 6-, 8-, 13- va 14-namunalarda kuzatilib, 10,0–11,0 mg/kg ni tashkil qilgan bo‘lsa, eng past ko‘rsatkich 5-namunada aniqlanib, o‘rtacha 2,8 mg/kg ni tashkil qildi. Bundan tashqari, 3- va 15-namunalarda ham pigment miqdori nisbatan past bo‘lib, mos ravishda 6,3 mg/kg va 5,8 mg/kg ko‘rsatkichlarni qayd etildi.

Xulosa. Olingan natijalar yumshoq bug‘doy namunalari orasida antatsian pigmentining to‘planish darajasi bo‘yicha sezilarli genetik xilma-xillik mavjudligini ko‘rsatadi. Antatsian miqdori yuqori bo‘lgan namunalar seleksiya ishlarida, funksional oziq-ovqat mahsulotlari ishlab chiqarishda hamda antioksidant xususiyatlari kuchli bo‘lgan yangi navlarni yaratishda istiqbolli boshlang‘ich

material sifatida tavsiya etilishi mumkin. Tadqiqot natijalari yumshoq bug‘doy donining biologik va oziqaviy qiymatini baholash hamda antatsian pigmentiga boy genotiplarni tanlab olish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Shipp J., Abdel-Aal El-S.M. Food applications and physiological effects of anthocyanins as functional food ingredients. Open Food Sci. J. 2010, 4,7−22.

2. Zeven A.C. Wheats with purple and blue grains: a review. Euphytica 1991, 56, 243−258.

3. Zeller F.J., Cermeno M.C., Miller T.E. Cytogenetical analysis on the distribution and origin of the alien chromosome pair conferring blue aleurone colour in several European common wheat (*Triticum aestivum* L.) strains. Theor. Appl. Genet. 1991, 81, 551−558.

4. Morrison L.A., Metzger R.J., Lukaszewski A.J. Origin of the blue-aleurone gene in Sebesta Blue wheat genetic stocks and a protocol for its use in apomixes screening. Crop Sci. 2004, 44, 2063− 2067.

5. Gamel TH, Saeed SMG, Ali R, Abdel-Aal ESM (2023) Purple wheat: food development, anthocyanin stability, and potential health benefits. Foods 12:1358.

6. Ficco D.B., De Simone V., Colecchia S.A., Pecorella I., Platani C., Nigro F., De Vita P. (2014). Genetic variability in anthocyanin composition and nutritional properties of blue, purple, and red bread (*Triticum aestivum* L.) and durum (*Triticum turgidum* L. ssp. turgidum convar. durum) wheats. Journal of agricultural and food chemistry, 62(34), 8686-8695.

7. Lee J., Durst R.W., Wrolstad R.E. (2005). Determination of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content by the pH Differential Method. Journal of AOAC International, 88(5), 1269–1278.

UO'K 633.51:581.1

O‘RTA TOLALI G‘O‘ZA NAV VA TIZMALARINING SUV BILAN TURLICHA TA'MINLANGANLIK SHAROITLARIDA QIMMATLI XO‘JALIK BELGILARI

N.E. Chorshanbiyev, b.f.d., prof., O‘zR FA Genetika va o‘simliklar eksperimental biologiyasi instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Ushbu maqolada o‘rta tolali g‘o‘zaning yangi nav va tizmalarining qimmatli xo‘jalik belgilari bo‘yicha suv bilan optimal ta'minlanganlik (OF) va modellashtirilgan qurg‘oqchil sharoitida (MQ) tadqiq etilishi keltirilgan. Tajriba natijalariga ko‘ra, pishish muddatlari bo‘yicha OF va MQ orasida barqaror farqqa ega bo‘lgan T-3, T-9, T-217, T-218 tizmalar va Ishonch navi, bitta ko‘sakdagi paxta vazni bo‘yicha esa Chuntay-2, Ishonch navlari va T-5, T-8, T-16 tizmalari, bitta o‘simlik paxta hosili bo‘yicha Chuntay-2, XiLuZhong-78 navlari va T-3, T-6, T-1 tizmalari qurg‘oqchilikka chidamliligi bo‘yicha seleksiya uchun eng istiqbolli namunalar hisoblanadi.*

Kalit so‘zlar: *o‘rta tolali g‘o‘za navlari, suv bilan optimal ta'minlanganlik sharoiti, modellashtirilgan qurg‘oqchil sharoiti, tizma, qimmatli xo‘jalik belgilari.*

Аннотация. *В данной статье представлены результаты исследования хозяйственно-ценных признаков новых сортов и линий средневолокнистого хлопчатника в условиях оптимального водообеспечения (ОВ) и моделируемой засухи (МЗ). По результатам исследований установлено, что по продолжительности периода созревания линии Т-3, Т-9, Т-217, Т-218 и сорт Ишонч характеризовались стабильными различиями между условиями ОВ и МЗ. По массе хлопка-сырца одной коробочки наиболее перспективными оказались сорта Chuntay-2, Ишонч и линии Т-5, Т-8, Т-16. По урожайности хлопка с одного растения наиболее перспективными образцами для селекции на засухоустойчивость оказались сорта Chuntay-2, XiLuZhong-78 и линии Т-3, Т-6, Т-1.*

Ключевые слова: *средневолокнистые сорта хлопчатника, условия оптимального водообеспечения, условия моделируемой засухи, линии, хозяйственно-ценные признаки.*

Abstract. *This article presents the results of evaluating valuable agronomic traits of newly developed varieties and lines of upland cotton under optimal water supply (OWS) and simulated drought (SD) conditions. The experimental results demonstrated that the breeding lines T-3, T-9, T-217, T-218, together with the cultivar Ishonch, exhibited stable differences between OWS and SD conditions with respect to maturity period. For boll weight, the varieties Chuntay-2 and Ishonch, as well as the lines T-5, T-8, and T-16, were the most promising. For seed cotton yield per plant, the varieties Chuntay-2 and XiLuZhong-78, together with the lines T-3, T-6, and T-1, were recognized as the most promising genetic resources for breeding drought-tolerant cotton varieties.*

Keywords: *upland cotton varieties, optimal water supply, simulated drought conditions, lines, valuable agronomic traits.*

Kirish. Aholi sonining ortishi, qishloq xo‘jaligida suvga bo‘lgan talabning ko‘payishi hamda toza suv resurslarining kamayishi tufayli, kelajakda qurg‘oqchilikning salbiy ta’siri yanada kuchayadi (Gupta *et al.,* 2020). Morfo-xo‘jalik belgilar seleksiya jarayonida qurg‘oqchilikka chidamlilikni baholashning eng muhim mezoni hisoblanadi. Qurg‘oqchilik stressi ta’sirida ko‘sak vazni, bir o‘simlikdan olinadigan hosil, tola chiqimi foizi, tola uzunligi va urug‘ indeksi turli darajada kamayadi. Bu kamayish darajasi genotipga kuchli darajada bog‘liq bo‘ladi (D.Loka *et al.,* 2011; N.Chorshanbiev *et al.,* 2021). Iqlim o‘zgarishiga qishloq xo‘jaligi kuchli ta’sirchan bo‘lishi bilan alohida ajralib turadi, chunki global iqlim o‘zgarishi ekinlarning mahsuldorligi kamayishiga olib keladi (M.Rahman *et al.*, 2018). Abiotik stresslar, shu jumladan qurg‘oqchilik, sho‘rlanish va haroratning o‘zgarishi paxta sifati va hosildorligiga ta’sir qiladi (G.Bawa *et al.,* 2022). Iqlim o‘zgarishi g‘o‘zaning hosil tugish bosqichida, ya’ni gullash va ko‘sak hosil bo‘lishiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi, natijada umumiy hosilni sezilarli darajada pasaytiradi (X.Li *et al.,* 2020).

A. Xolliyev, S. Bo‘riyev, U. Norboyeva (2005) larning ta’kidlashlaricha, o‘simliklar yetarli miqdorda suv bilan ta’minlanganlarida ular tanasida kechadigan fiziologik va biokimyoviy jarayonlar faollashadi. Tuproq tarkibida suvning miqdori optimal darajadan yuqori yoki past bo‘lishi yuqoridagi jarayonlarning o‘tishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Suv tanqisligida o‘simliklarda umumiy suv, ayniqsa, erkin suv miqdorining kam bo‘lishi ko‘pincha, ko‘saklarning muddatidan oldin ochilishiga olib keladi.

Qurg‘oqchilik qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishiga katta xavf tug‘diradi. O‘simliklarning rivojlanish bosqichlarida, unib chiqishidan to pishib yetilgunicha bo‘lgan har qanday bosqichida suv juda muhimdir. Shuning uchun ham, o‘simliklarda suv balansining buzilishi hosilga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun ham mahalliy iqlim sharoitlariga mos, suvsizlikka chidamli va yuqori hosilli navlarni yaratish dolzarb vazifalardan biridir.

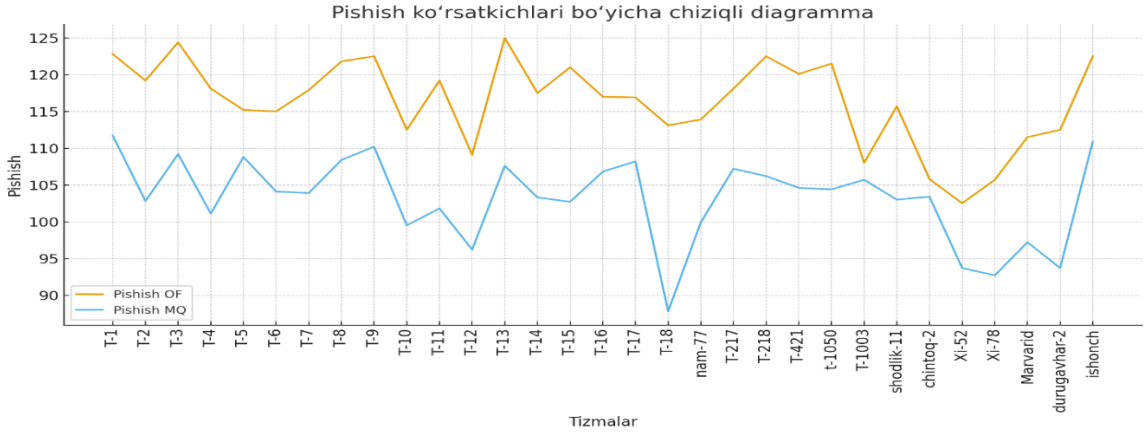
O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 23 oktabrdagi PF-5853-son “O‘zbekiston Respublikasi qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo‘ljallangan strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi farmonida qurg‘oqchilikka chidamli g‘o‘za navlarini joriy qilish, ilg‘or agrotexnologiyalarni qo‘llash orqali paxta hosildorligini oshirish va yanada rivojlantirish nazarda tutilgan.

Tadqiqot materiallari va uslublari. Dala tadqiqotlari O‘zR FA G va O‘EBIning Zangiota eksperimental bazasining tajriba dalasida olib borildi. Aprel oyining ikkinchi dekadasida suv rejimining ikki fonida – suv bilan optimal ta’minlanganlik sharoitida (OF sug‘orish sxemasi 1-2-1) va modellashtirilgan qurg‘oqchilik sharoitida (MQ sug‘orish sxemasi 1-1-0) qo‘lda ekildi. Modellashtirilgan qurg‘oqchilik o‘simliklarning o‘suv davrida sug‘orish sonini kamaytirish yo‘li bilan barpo etilgan.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Tajriba natijalariga ko‘ra, tizmalar bo‘yicha pishish muddati optimal fon (OF) va modellashtirilgan qurg‘oqchilik (MQ) ostida aniq farq qilgani kuzatildi. Grafikdan ko‘rinadiki, OF sharoitida barcha tizmalar bo‘yicha pishish ko‘rsatkichlari nisbatan yuqori bo‘lib 115–125 kundan iborat bo‘ldi. Bu holat o‘simlikning to‘liq vegetatsiya davrini o‘tashi uchun yetarli agrotexnik sharoit mavjudligini anglatadi. Aksincha, MQ sharoitida pishish muddati sezilarli darajada pasayadi va ko‘pchilik tizmalar bo‘yicha 95–110 kun intervaliga tushib qoladi. Bu pasayish o‘simlikning stress sharoitida fiziologik reaksiyasi sifatida vegetatsiya muddatini qisqartirishga intilishini ko‘rsatadi. OF sharoitida eng yuqori pishish muddati Ishonch (122,5 kun) navi va T-1 (122,8 kun), T-218 (122,5 kun), T-9 (122,5 kun), T-13 (125 kun), T-3 (124,4 kun) tizmalarida qayd etildi. Bu guruhga kiruvchi nav va tizmalar uzoq vegetatsiya davomiga ega bo‘lib, odatda yuqori hosil potensialiga ega bo‘lgan genotiplar bilan mos keladi. MQ sharoitida esa pishish muddati o‘rtacha 10–15 kunga qisqardi, ammo ayrim tizmalar barqarorligini saqlab qoldi. Masalan, Ishonch (110,9 kun) navi va T-9 (110,2 kun), T-3 (109,2 kun), T-217 (107,2 kun), T-218 (106,2 kun) tizmalarida pishish muddati OF sharoitiga nisbatan kamroq o‘zgarish aniqlandi. Bu nav va tizmalar stress sharoitida ham vegetatsiya muddatini keskin qisqartirmasdan, moslashuvchan javob

ko‘rsatganligi sababli stressga chidamli genotiplar sifatida baholanishi mumkin. Shu bilan birga, ayrim tizmalar pishish muddatini keskin qisqartirish orqali stressga yuqori sezuvchanlik namoyon qilgan. Xususan, T-18 tizmada pishish muddati 113,1 kundan 87,8 kunga (-25,3 kun), T-7 tizmada 117,9 kundan 103,9 kunga (-14 kun), T-10 tizmada esa 112,5 kundan 99,5 kunga (-13 kun) kamaygan. Bunday o‘zgarishlar o‘simlikning noqulay sharoitda tezroq pishib olishga urinishi, ya’ni himoya-adaptatsion mexanizm sifatida vegetatsiya muddatini qisqartirishi bilan izohlanadi.

Yakuniy tahlil shuni ko‘rsatadiki, OF va MQ orasida barqaror farqqa ega bo‘lgan tizmalar — T-3, T-9, T-217, T-218 va Ishonch navi seleksiya uchun eng istiqbolli stressga chidamli materiallardir. Ular sharoit o‘zgarishiga qaramay, pishish muddatini optimal darajada saqlab qolgan. Aksincha, T-18, T-7 va T-10 kabi tizmalar stressga sezgir bo‘lib, noqulay muhitda o‘suv muddatini keskin qisqartiradi. Ushbu ma’lumotlar tizmalar o‘rtasida pishish barqarorligi, stressga chidamlilik va adaptiv javoblar bo‘yicha aniq farqlar mavjudligini ko‘rsatib, seleksiya jarayonida mos genotiplarni saralashda muhim ahamiyatga ega (1-rasm).



1-rasm. Optimal va qurg‘oqchilik sharoitlarida g‘o‘za genotiplarining pishish muddatlari ko’rsatkichlari (kun)

G‘o‘za nav va tizmalarida bitta ko‘sakdagi paxta vazni suv bilan ta’minlanish darajasiga eng sezgir reproduktiv ko‘rsatkichlardan biri bo‘lib, turli sharoitlarda bu parametrning o‘zgarishi o‘simlikning qurg‘oqchilik stressiga fiziologik moslashuvchanligini aniq aks ettiradi. Optimal fon (OF) sharoitida namunalarning aksariyatida ko‘sakdagi paxta vazni 5,0–6,6 g diapazonda bo‘lib, T-6 (6,60 g), T-421 (6,27 g), T-2 (6,03 g) kabi tizmalar eng yuqori natijalarni ko‘rsatdi. Bu tizmalarning ko‘saklari to‘liq rivojlangan, assimilyantlar oqimi yaxshi taqsimlangan va fotosintetik apparat samaradorligi yuqori bo‘lganini bildiradi. Biroq Marvarid va Durdona kabi navlarda ko‘sakdagi paxta vaznining pastligi ularning morfologik-biokimyoviy imkoniyatlari cheklanganligini ko‘rsatadi.

Modellashtirilgan qurg‘oqchilik (MQ) sharoitida barcha namunalar turlicha reaksiyalar ko‘rsatdi. Qurg‘oqchilikda ko‘sakdagi paxta vazni pasayishi ko‘pincha assimilyantlar oqimi susayishi, barglarning fotosintetik faoliyatining pasayishi va suv tanqisligi sababli generativ organlar o‘sishining cheklanishi bilan bog‘liq. Shunga qaramay, ayrim namunalar stress ostida yuqori barqarorlik namoyish qildi. Jumladan, Chuntay-2 navi (5,31 g), T-5 (5,24 g), T-8 (5,16 g), T-16 (5,04 g) va ayniqsa Ishonch navi (5,12 g) kabi namunalar qurg‘oqchilik sharoitida paxta vaznini minimal yo‘qotish bilan saqlab qoldi. T-6, T-3, Shodiyona-11 kabi namunalar ham yuqori ko‘rsatkichlarni saqlab qolgan bo‘lsa-da, ularning yo‘qotish darajasi biroz yuqoriroq bo‘ldi. Aksincha, T-14, T-217, XiLuZhong-52, Durdona va T-2090 namunalarida paxta vaznining 13–20% pasayishi kuzatilib, bu ularning qurg‘oqchilikka sezgir guruhga kirishini ko‘rsatadi. Moslashuvchanlik koeffitsiyenti (Kmos%) tahlili genotiplarni aniq fenotipik guruhlarga ajratishga imkon berdi. Ko‘rsatkichning 0 ga yaqin bo‘lishi genotipning qurg‘oqchilikda paxta vaznini saqlab qolish qobiliyati yuqori ekanini ko‘rsatadi. Eng barqaror namunalar qatoriga Ishonch navi (-0,2%), Chuntay-2 navi (-1,3%), T-5 (-1,5%), T-8 (-1,7%), T-16 (-1,9%), T-3 (-4,6%) va Shodiyona-11 navi (-4,2%) kiradi. Bu genotiplarda suv tanqisligi sharoitida generativ rivojlanish deyarli cheklanmagan. O‘rtacha bardoshli namunalar (-5% dan -12% gacha) — T-1, T-6, T-7, T-9, T-11, T-15, T-18, Namangan-77 navi, T-1050, Marvarid navi va XiLuZhong-78 kabi namunalar bo‘lib, ularda paxta vazni 6–12% oralig‘ida kamaygan. Bunda ular qisman moslashuv strategiyalariga ega bo‘lsa-da, generativ organlar stressda sezilarli darajada zararlanadi. Eng sezgir guruhni T-2, T-14, T-217, T-421, T-2090, Durdona navi va XiLuZhong-52

navi kabi namunalar tashkil qiladi. Ularning ko‘sak vazni 13–20% oralig‘ida pasayib, qurg‘oqchilik sharoitida generativ rivojlanish keskin cheklangan. Umuman olganda, bitta ko‘sakdagi paxta vazni qurg‘oqchilik stressiga sezilarli darajada bog‘liq bo‘lib, chidamli genotiplar optimal sharoitdagi yuqori ko‘rsatkichni qurg‘oqchilikda ham saqlab qolgan. Sezgir genotiplarda esa ko‘sakdagi paxta vaznining keskin pasayishi kuzatilib, bu fotosintetik apparatning izdan chiqishi, assimilyantlarning yetarli bo‘lmasligi va suv potensialining keskin kamayishi bilan bog‘liq. Olingan natijalar ko‘rsatadiki, Chuntay-2 navi, Ishonch navi, T-5, T-8 va T-16 kabi tizmalar qurg‘oqchilikka chidamliligi bo‘yicha seleksiya uchun eng istiqbolli namunalar hisoblanadi. Bitta ko‘sakdagi paxta vaznining bunday tahlili g‘o‘zaning generativ organlarining stressga reaksiyasini baholashda ishonchli fiziologik indikator bo‘lib xizmat qiladi va chidamli guruhlarni aniqlashda muhim mezon hisoblanadi.

G‘o‘za genotiplarining bitta o‘simlik paxta hosili suv bilan ta’minlanish darajasiga nihoyatda sezgir bo‘lib, bu ko‘rsatkich hosildorlikning eng muhim komponentlaridan biridir. Optimal fon sharoitida barcha genotiplar yuqori yoki o‘rtacha paxta massasi hosil qilgan bo‘lsa, modellashtirilgan qurg‘oqchilik sharoitida ushbu ko‘rsatkich deyarli barcha genotiplarda sezilarli darajada kamaygan. Bu holat suv tanqisligi sharoitida o‘simlikning fotosintetik faolligi, assimilatlarning generativ organlarga o‘tishi, ko‘saklarning to‘lishi va vegetativ–generativ balans o‘zgarishiga bevosita bog‘liq.

Optimal sharoitda bu belgi bo‘yicha eng yuqori ko‘rsatkichli namunalar — T-1 (93,25 g), T-6 (84,62 g), T-16 (85,35 g), T-18 (85,34 g), T-12 (82,19 g), XiLuZhong-78 (86,25 g), T-3 (91,17 g), Chuntay-2 (90,33 g) kabi namunalar bo‘lib, ular potensial hosildorligi yuqori genotiplar sifatida ajralib turadi. Chuntay-2, T-3, T-6, T-16 kabi genotiplarning yuqori ko‘rsatkichi ularning fotosintetik salohiyati, ko‘proq ko‘sak hosil qilish qobiliyati va vegetativ biomassaning generativ organlar bilan muvozanatli rivojlanganini bildiradi (1-jadval). Qurg‘oqchilik sharoitida esa ko‘p genotiplarda bitta o‘simlik paxta hosili 20-40% gacha kamaydi. Eng katta yo‘qotish T-17 (-39,5%), T-18 (-39,2%), T-5 (-39,1%), Durdona (-29%), T-12 (-27,5%), T-1003 (-27,5%) kabi namunalarda kuzatildi. Bu o‘simliklarda stress sharoitida ko‘sak soni, ko‘sak to‘lishi va tolaga plastik moddalarning yetib borishi keskin cheklanadi.

Shunga qaramay, ayrim genotiplar qurg‘oqchilikka nisbatan yuqori bardoshlilik ko‘rsatdi. Masalan, XiLuZhong-78 (-14,7%), T-3 (-16,2%), T-6 (-17,3%), Chuntay-2 (-17%), T-1 (-18,8%) kabi genotiplar hosil massasini nisbatan yaxshi saqlab qoldi. Ular suv tanqisligi sharoitida ko‘sak to‘lishi uchun zarur bo‘lgan minimal assimilyatsiya darajasini saqlagan bo‘lishi, ildiz tizimining suv olish qobiliyati yaxshi bo‘lishi va osmotik moslashuv kuchli bo‘lishi mumkin. Ayniqsa XiLuZhong-78 yuqori fiziologik barqarorlik ko‘rsatib, stressda ham yuqori hosildorlikni saqlab qola oldi.

1-jadval

Optimal va qurg‘oqchilik sharoitlarida g‘o‘za genotiplarining bitta o‘simlikdagi paxta hosili (OF va MQ) va moslashuvchanlik koeffitsiyenti (Kmos, %) ko‘rsatkichlari

Genotip	OF ± SE	MQ ± SE	Kmos %	Genotip	OF ± SE	MQ ± SE	Kmos %
T-1	93.25±2.69	75.71±6.55	-18,8	T-17	83.00±2.40	50.23±4.35	-39,5
T-2	82.50±2.38	53.18±4.60	-35,5	T-18	85.34±2.46	51.88±4.49	-39,2
T-3	91.17±2.63	76.36±6.62	-16,2	Namangan-77	78.64±2.27	52.52±4.54	-33,2
T-4	75.44±2.18	50.67±4.39	-32,8	T-217	81.36±2.35	54.58±4.72	-32,9
T-5	73.93±2.13	45.04±3.90	-39,1	T-218	74.17±2.14	57.89±5.00	-21,9
T-6	84.62±2.44	70.00±6.06	-17,3	T-421	80.00±2.31	52.65±4.56	-34,2
T-7	78.09±2.25	57.50±4.98	-26,4	T-1050	76.40±2.21	58.09±5.03	-24
T-8	75.00±2.17	51.13±4.43	-31,8	T-1003	71.25±2.06	51.67±4.48	-27,5
T-9	82.11±2.37	62.47±5.41	-23,9	Shodiyona-11	80.07±2.31	61.13±5.29	-23,7
T-10	72.27±2.09	55.00±4.76	-23,9	Chuntay-2	90.33±2.61	75.00±6.49	-17
T-11	65.83±1.90	42.86±3.71	-34,9	XiLuZhong-52	81.46±2.35	62.22±5.39	-23,6
T-12	82.19±2.37	59.55±5.16	-27,5	XiLuZhong-78	86.25±2.49	73.57±6.37	-14,7
T-13	74.50±2.15	52.00±4.50	-30,2	Marvarid	50.53±1.46	38.01±3.29	-24,8
T-14	70.00±2.02	52.75±4.57	-24,6	Durdona	52.68±1.52	37.41±3.24	-29
T-15	79.17±2.29	54.82±4.74	-30,8	Ishonch	69.41±2.00	52.73±4.56	-24
T-16	85.35±2.46	57.40±4.97	-32,7	T-2090	51.35±1.48	39.29±3.40	-23,5

Moslashuvchanlik koeffitsiyenti (Kmos %) bitta o‘simlikdagi paxta hosilining qanchalik o‘zgarganini ko‘rsatib, genotiplarni chidamlilik darajasi bo‘yicha aniq guruhlarga ajratishga imkon berdi. Minimal pasayish kuzatilgan genotiplar — XiLuZhong-78 (-14,7%), T-3 (-16,2%), T-6 (-

17,3%), Chuntay-2 (-17%) - qurg‘oqchilikka nisbatan eng moslashgan materiallar sifatida ajralib chiqdi. Ular stressda ham ko‘sak to‘lishini ta’minlagan va generativ biomassaning saqlanib qolishini ko‘rsatgan. O‘rtacha bardoshli guruhga paxta massasining 20–30% kamaygan genotiplar kiradi. Ularda qisman moslashuvchanlik mavjud bo‘lsa-da, qurg‘oqchilikning generativ rivojlanishga bosimi kuchli bo‘lgan. Eng sezgir guruhni 30–40% gacha pasayish qayd etilgan genotiplar tashkil etdi (T-17, T-18, T-5 tizmalari). Bu genotiplar qurg‘oqchilikda hosil massasini saqlab qololmaydi va ularning ko‘rsatkichlari qattiq stress sharoitida izdan chiqadi.

Umuman olganda, bitta o‘simlik paxta hosili qurg‘oqchilik stressining o‘simlik hosildorlik salohiyatiga ta’sirini eng yaxshi aks ettiruvchi belgilar qatoriga kiradi. Optimal sharoitda yuqori ko‘rsatkichga ega genotiplar har doim ham stressda barqaror bo‘lavermaydi, ammo Chuntay-2, T-3, T-6, T-1, XiLuZhong-78 kabi genotiplar yuqori hosil salohiyati bilan birga stressga chidamliligi bilan ajralib turadi. Shuning uchun bu genotiplar qurg‘oqchilik chidamliligini oshirishga qaratilgan seleksiya dasturlari uchun eng istiqbolli namunalardir. Bitta o‘simlikdagi paxta massasining ikki fon kesimida tahlil qilinishi chidamli, o‘rtacha bardoshli va sezgir genotiplarni aniq ajratib berib, reproduktiv muvaffaqiyatning fiziologik asoslarini yoritishga xizmat qildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Bawa G, Liu Z, Zhou Y. (2022). Cotton proteomics: dissecting the stress response mechanisms in cotton. Front Plant Sci. 13:103.

2. Chorshanbiev NE, Burieva SZ, Khazratkulov ESh (2021). Analysis of an experiment carried out on the lines and varieties of fine fiber cotton. Universal J. Agric. Res. 9(1): 6-12.

3. Gupta, A., Rico-Medina, A., and Cano-Delgado, A. I. (2020). The physiology of plant responses to drought. Science. 368, 266–269.

4. Li X, Shi W, Broughton K. (2020). Impacts of growth temperature, water deficit and heatwaves on carbon assimilation and growth of cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.). Environ Exp Bot. p.179.

5. Loka DA, Oosterhuis DM, Ritchie GL (2011). Water-deficit stress in cotton. In: Oosterhuis DM, Cothren JT (eds.), Stress Physiology in Cotton. The Cotton Foundation, Cordova, TN, pp. 37–72.

6. Rahman M., Ahmad A, Wang X. (2018). Multi-model projections of future climate and climate change impacts uncertainty assessment for cotton production in Pakistan. Agri For Meteorol. 253:94–113.

7. Xolliyev A.E., Bo‘riyev S.B., Norboyeva U.G. (2005). G‘o‘za navlarining tezpisharligiga qurg‘oqchilikning ta’siri // G‘o‘za va boshqa qishloq xo‘jalik o‘simliklarida tezpisharlikni hamda moslashuvchanlikni evolyutsion va seleksion qirralari: Xalqaro ilmiy konf. materiallari., –Toshkent. –B. 165-167.

UO‘K 595.797

MARKAZIY O‘ZBEKISTON ASALARISIMONLAR (HYMENOPTERA: APOIDEA) KATTA OILASINING EKOLOGIK GURUHLARI

M.V. Elmurodova, o’qituvchi, Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent
M.SH. Axmedova, PhD, kat.i.x., Xorazm Ma’mun akademiyasi, Xiva

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda Markaziy O‘zbekistonda tarqalgan 142 tur asalarisimonlarning ekologik guruhlari va namlik sharoitlariga moslashuvi o‘rganildi. Turlar kserofil, mezofil va evribiont guruhlarga ajratilib, kserofil turlar ustunligi (66,9%) aniqlandi. Mezofil turlar 21,1%, evribiont turlar 12,0% ni tashkil etdi. Ayrim oilalarda, xususan Megachilidae vakillarining barchasi kserofil guruhga mansubligi qayd etildi. Olingan natijalar asalarisimonlarning ekologik moslashuvi va bioxilma-xilligini baholashda muhim ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *asalarisimonlar, Apoidea, Hymenoptera, ekologik guruh, kserofil, mezofil, evribiont, bioxilma-xillik, Markaziy O‘zbekiston*

Аннотация. *В данном исследовании изучены экологические группы 142 видов пчелообразных, распространённых в Центральном Узбекистане, и их адаптация к различным условиям влажности. Виды были разделены на ксерофильную, мезофильную и эврибионтную экологические группы. Установлено преобладание ксерофильных видов, доля которых составила 66,9%. Мезофильные виды составили 21,1%, эврибионтные — 12,0%. Установлено, что представители семейства Megachilidae полностью относятся к ксерофильной группе. Полученные результаты имеют важное значение для оценки экологической адаптации и биоразнообразия пчелообразных в Центральном Узбекистане.*

Ключевые слова: *пчелообразные, Apoidea, Hymenoptera, экологическая группа, ксерофильные, мезофильные, эврибионтные, биоразнообразие, Центральный Узбекистан.*

Abstract. *This study investigated the ecological groups of 142 species of bees distributed in Central Uzbekistan and their adaptation to different moisture conditions. The species were classified into xerophilous, mesophilous, and eurybiontic ecological groups. Xerophilous species predominated, accounting for 66.9% of the total species composition. Mesophilous species accounted for 21.1%, while eurybiontic species comprised 12.0%. All representatives of the family Megachilidae were found to belong to the xerophilous group. The findings are of significant importance for assessing the ecological adaptation and biodiversity of bees in Central Uzbekistan.*

Keywords: *bees, Apoidea, Hymenoptera, ecological group, xerophilous, mesophilous, eurybiontic, biodiversity, Central Uzbekistan.*

Kirish. Turli ekologik guruhlarni aniqlash usullari ma'lum hududlardagi flora va faunaning tarkibi hamda biologik xilma-xilligini chuqur o‘rganishda muhim ahamiyatga ega. Bunday tahliliy yondashuvlar va ilmiy asoslangan tavsiyalar ko‘plab ekologik adabiyotlar va qo‘llanmalarda batafsil bayon etilgan. Tadqiqotimiz davomida asalarisimonlarning Markaziy O‘zbekiston hududidagi yashash joylari, turli biotoplar va landshaftlarda uchrashi adabiyotlar tahlili asosida o‘rganildi [1,2].

Markaziy Osiyo Palearktika mintaqasida asalarisimonlar xilma-xilligining muhim markazlaridan biri hisoblanadi. Murao, Tadauchi va Miyanaga tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda Markaziy Osiyoning, jumladan O‘zbekiston hududining Apoidea faunasi hali to‘liq o‘rganilmaganligi, ayrim guruhlar bo‘yicha yangi taksonlar va yangi areallarni aniqlash imkoniyati yuqoriligi qayd etilgan [1]. Mazkur hududning arid va yarim arid tekisliklardan tortib tog‘li ekotizimlargacha bo‘lgan xilma-xil landshaftlari asalarisimonlarning turli ekologik strategiyalarini shakllantirish uchun muhim sharoit yaratadi. Keyingi tadqiqotlarda Markaziy Osiyo hududidan, xususan O‘zbekistondan Halictidae, Megachilidae va boshqa Apoidea guruhlariga mansub ko‘plab turlar qayd etilgan [2,3].

O‘zbekiston hududi tabiiy-geografik jihatdan o‘ziga xos bo‘lib, hududning katta qismi quruq va keskin kontinental iqlim sharoitiga ega. Bunday sharoitda yashovchi hasharotlarning ekologik moslashuvini o‘rganish, ayniqsa, namlikka munosabatiga ko‘ra ekologik guruhlarini aniqlash alohida ilmiy ahamiyatga ega. Markaziy O‘zbekiston Apoidea faunasiga oid zamonaviy tadqiqotlarda hududda uchraydigan turlarning biotoplar bo‘yicha tarqalishi, ekologik xususiyatlari va namlik sharoitlariga munosabati o‘rganilgan [4]. Mezofil turlar esa namlik darajasi nisbatan barqaror va o‘rtacha bo‘lgan biotoplarni afzal ko‘radi. Evribiont turlar ekologik omillarning, jumladan namlik sharoitlarining keng diapazoniga moslasha olishi bilan ajralib turadi. Bunday ekologik tasnif hududdagi turlarning faqatgina taksonomik tarkibini emas, balki ularning muayyan abiotik omillarga moslashish xususiyatlarini ham baholash imkonini beradi. Ayrim Apoidea guruhlarida yashash muhiti va ozuqa o‘simliklari bilan bog‘liqlik ayniqsa yaqqol namoyon bo‘ladi. Masalan, Megachilidae vakillarining ko‘pchiligi quruq va ochiq landshaftlar bilan bog‘liq bo‘lib, ayrim guruhlar ma'lum o‘simlik oilalari yoki turkumlariga nisbatan yuqori darajadagi oziqa ixtisoslashuvini namoyon etadi. G‘arbiy Palearktika anthidiine asalarilarida ozuqa o‘simliklariga ixtisoslashuvning yuqori darajasi aniqlangan bo‘lib, ayrim turlar ma'lum o‘simlik guruhlaridan chang yig‘ishga ixtisoslashgani ko‘rsatilgan [5]. Markaziy O‘zbekiston sharoitida Apoidea vakillarining ekologik guruhlar bo‘yicha tarkibini aniqlash hududning tabiiy sharoitlariga moslashuv darajasini baholash, turli biotoplarning ekologik xususiyatlarini tavsiflash hamda asalarisimonlar xilma-xilligini ekologik jihatdan izohlash imkonini beradi. Tadqiqotning maqsadi Markaziy O‘zbekistonda tarqalgan asalarisimonlarning ekologik guruhlarini aniqlash, ularning namlik sharoitlariga munosabatini baholash va turli taksonomik guruhlar kesimida ekologik moslashuv xususiyatlarini tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqot ishlari 2022–2025-yillarda Markaziy O‘zbekiston hududida olib borildi. Tadqiqot obyekti sifatida Hymenoptera turkumining Apoidea guruhiga mansub asalarisimonlar tanlab olindi. Tadqiqot davomida hududning turli tabiiy-geografik sharoitlari, biotoplari va landshaftlarida tarqalgan asalarisimonlarning tur tarkibi hamda ekologik xususiyatlari o‘rganildi.

Tadqiqot materiallari Markaziy O‘zbekistonning turli ekologik sharoitlariga ega hududlaridan yig‘ilgan entomologik namunalar, dala kuzatuvlari hamda mavjud ilmiy adabiyotlar ma’lumotlari asosida shakllantirildi. Dala tadqiqotlari davomida asalarisimonlarning turli biotoplarda uchrashi, yashash joylari, ozuqa o‘simliklari bilan bog‘liqligi va ekologik xususiyatlariga e’tibor qaratildi. Namunalarni yig‘ishda entomologik tutqichlar va standart entomologik usullardan foydalanildi.

Asalarisimonlarning ekologik guruhlarga ajratilishida, avvalo, ularning yashash muhitining namlik darajasiga bo‘lgan munosabati asosiy mezon sifatida olindi. Ushbu mezon asosida tadqiqot hududida aniqlangan turlar uchta ekologik guruhga ajratildi:

Kserofillar — quruq, namligi past bo‘lgan yashash joylarini afzal ko‘ruvchi turlar;

Mezofillar — o‘rtacha namlik sharoitidagi biotoplarda yashovchi turlar;

Evribiontlar — turli ekologik sharoitlarda yashashga keng moslasha oladigan turlar.

Har bir ekologik guruh tarkibidagi turlar soni aniqlanib, ularning umumiy tur sonidagi ulushi foizlarda hisoblandi. Foiz ko‘rsatkichlarini aniqlash uchun quyidagi formuladan foydalanildi:

$$P = (n / N) \times 100$$

Bu yerda:

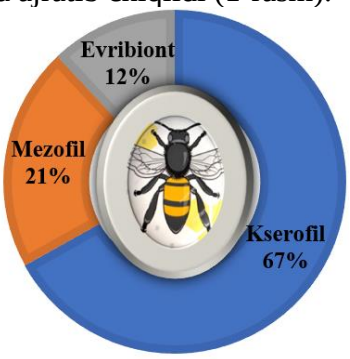
P — turning yoki ekologik guruhning umumiy tur tarkibidagi ulushi (%);

n — muayyan ekologik guruhga mansub turlar soni;

N — tadqiqot davomida aniqlangan jami turlar soni.

Tadqiqot natijasida aniqlangan 142 tur asalarisimonlarning ekologik guruhlarga taqsimlanishi hamda ularning oilalar kesimidagi tarkibi qiyosiy tahlil qilindi. Shuningdek, ekologik guruhlarning turli biotoplar va yashash sharoitlari bilan bog‘liqligi baholandi. Olingan ma’lumotlar jadval va grafiklar ko‘rinishida umumlashtirilib, ekologik guruhlarning Markaziy O‘zbekiston asalarisimonlari tur tarkibidagi nisbiy ulushi aniqlandi. Tadqiqot davomida ekologik guruhlarning shakllanishiga ta’sir etuvchi asosiy omillar sifatida yashash muhitining namlik darajasi, o‘simlik qoplami, ozuqa resurslarining mavjudligi, biotopning xususiyatlari va iqlim sharoitlari hisobga olindi. Olingan natijalar asalarisimonlarning ekologik moslashuvi va Markaziy O‘zbekiston sharoitidagi bioxilma-xilligini baholash uchun asos bo‘lib xizmat qildi.

Olingan natijalar va muhokamalar. 2022-2025-yillarda olib borgan tadqiqotimizda kuzatilgan 142 turlarni namlik darajasi turlicha bo‘lgan yashash joylarini afzal ko‘rishiga ko‘ra kserofil, mezofil va evribiont turlarga ajratib chiqildi (1-rasm).



1-rasm. Asalarisimonlarning ekologik guruhlarga taqsimlanishi

Markaziy O‘zbekiston asalarisimonlarining ekologik guruhlarga bo‘linishi va tur tarkibining namlik darajasiga ko‘ra taqsimlanishi ekologik muvozanatni va turlar orasidagi o‘zaro munosabatlarni o‘rganishda katta ahamiyatga ega. Asalarisimonlar, ularning yashash joylari va ekologik talablari bilan bog‘liq turli guruhlarga ajratiladi. Ushbu guruhlar turli ekologik sharoitlarga moslashish darajasi bilan ajralib turadi.

Kserofil guruh (quruq joylarda yashovchi turlar) - Kserofil guruhga kiruvchi turlar quruq va past namlik darajasiga ega joylarda yashashga moslashgan asalarisimonlardir. Ushbu turlar asosan cho‘l, dasht, qumli va sahro hududlarida uchraydi. Kserofillar o‘zlarining yashash joylarida issiqlikka bardoshlik va resurslar yetishmovchiligiga qarshi yuqori darajada moslashgan. Ular namlikni tejashda, issiqlikni boshqarishda va minimal resurslarda yashashda mukammal rivojlangan. Markaziy O‘zbekistonda kserofil guruhga kiruvchi turlar jami turlar sonining 66,9% ini tashkil etadi. Kserofil

turlar orasida turli oilalar vakillari mavjud: Ampulicidae, Sphecidae, Crabronidae, Colletidae, Halictidae, Megachilidae va Apidae oilalaridan ko‘plab turlar bu guruhga kiradi. Mezofil guruh (o‘rtacha namlikdagi joylarda yashovchi turlar) - Mezofillar o‘rtacha namlik darajasiga ega hududlarda yashovchi turlarni tashkil etadi. Ushbu guruhdagi asalarisimonlar o‘rtacha namlikka muhtoj bo‘lib, ochiq maydonlar va soya joylarda yashashga moslashgan. Mezofillar ekologik jihatdan namlikni o‘rtacha darajada talab qiladi va bu turlar ko‘proq dalalar, o‘rmon chekkalari va sug‘oriladigan hududlarda uchraydi. Markaziy O‘zbekistonda mezofil guruhga kiruvchi turlar soni jami turlar sonining 21,1% ni tashkil qiladi. Sphecidae, Crabronidae, Colletidae, Andrenidae, Halictidae va Apidae oilalari vakillari mezofil guruhiga kiradi. Evribiont guruh (deyarli barcha joylarda yashovchi turlar) - Evribiont guruhiga kiruvchi turlar deyarli barcha ekologik sharoitlarda yashashga moslashgan. Evribiontlar keng tarqalgan bo‘lib, ular har xil iqlim va ekologik sharoitlarga moslashadi. Bu turlar juda ko‘p turli xil joylarda uchraydi va keng miqyosda yashash imkoniyatiga ega. Markaziy O‘zbekistonda evribiont guruhiga kiruvchi turlar jami turlar sonining 12,0% ini tashkil qiladi. Evribiontlar orasida Sphecidae, Crabronidae va Apidae oilalarining vakillari mavjud. Kserofil, mezofil va evribiont guruhlarining o‘zaro taqsimlanishi ekologik omillar va iqlim sharoitlariga asoslangan. Kserofil turlar quruq va past namlikli hududlarda yashashga moslashgan, mezofillar o‘rtacha namlik darajasini talab qiladi, evribiontlar esa keng tarqalgan va turli sharoitlarga moslashgan. Bu guruhlar o‘zining ekologik moslashuvchanligi bilan asalarisimonlar populyatsiyasining mavjud sharoitlarga moslashishini va turli iqlimiy o‘zgarishlarga qanday javob berishini ko‘rsatadi (1-jadval).

1-jadval

Asalarisimonlar ekologik guruhlarining oilalar kesimida taqsimlanishi

Oilalar	Kserofil	Mezofil	Evribiont
Ampulicidae (1 ta)	1 (100%)	-	-
Sphecidae (21 ta)	11 (52,3%)	2 (9,5%)	8 (38,1%)
Crabronidae (32 ta)	16 (50%)	8 (25%)	8 (25%)
Colletidae (9 ta)	7 (77,8%)	2 (22,2%)	-
Andrenidae (3 ta)	2 (66,7%)	1 (33,3%)	-
Halictidae (24 ta)	16 (66,7%)	8 (33,3%)	-
Megachilidae (19 ta)	19 (100%)	-	-
Apidae (33 ta)	23 (69,7%)	9 (27,3%)	1 (3%)
Jami: 142 ta tur	95 (66,9%)	30 (21,1%)	17 (12,0 %)

Umuman olganda, asalarisimonlarning ekologik guruhlarga bo‘linishi ularning yashash sharoitlariga qanday moslashganini va turli iqlimiy va ekologik omillarga qanday javob berishini chuqurroq tushunishga yordam beradi. Asalarisimonlar ekologik guruhlarga bo‘linishi ularning ekologik talablari, yashash joylariga bo‘lgan moslashuvchanligi, o‘zaro munosabatlari va tur tarkibidagi farqlarni yaxshiroq tushunishga imkon yaratadi. Har bir guruhning o‘ziga xos ekologik xususiyatlari mavjud bo‘lib, ular muayyan sharoitlar, resurslar va iqlimga qarab o‘zgaradi.

Xulosalar. Umuman olganda, asalarisimonlarning ekologik guruhlarga ajratilishi ularning Markaziy O‘zbekistonning turli ekologik sharoitlariga moslashuv darajasini aniqlash imkonini beradi. Kserofil turlarning ustunligi hududning ekologik va iqlimiy xususiyatlarini aks ettirsa, mezofil va evribiont turlarning mavjudligi ayrim turlarning namlik sharoitlariga nisbatan kengroq ekologik valentlikka ega ekanligini ko‘rsatadi.

Olingan natijalar Markaziy O‘zbekiston hududida asalarisimonlarning ekologik xilma-xilligini baholash, ularning yashash muhitlari bilan bog‘liqligini aniqlash hamda bioxilma-xillikni saqlash bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Казенас В.Л. Роющие осы (Hymenoptera, Sphecidae) Казахстана. (Подсемейство. Pemphredoninae, Astatinae). КазгосИНТИ. -Алма-Аты, 2000. № 2. – С. 320.

2. Мярцева С.Н. Роющие осы рода *Sceliphron* Klug. (Hymenoptera, Sphecidae) Туркмении // Известия Академии Наук Туркменской ССР, серия биологических наук, 1968. № 2. - С. 61-66.

3. Емельянов А.Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтомологическое обозрение. -С.-Петербург, 1974. Т. 53, вып. 3. - С. 497-522.

4. Elmurodova M.V. Markaziy O‘zbekiston asalarisimonlari (Hymenoptera: Apoidea) faunasi, ekologik xususiyatlari va ahamiyati. PhD dissertatsiyasi avtoreferati, Toshkent, 2025.

5. Astafurova Y.V., Proshchalykin M.Yu. The genus Sphecodes Latreille 1804 (Hymenoptera: Apoidea: Halictidae) in Central Asia. Zootaxa, 2017, 4324(2): 293–313. DOI: 10.11646/zootaxa.4324.2.3.

6. Astafurova Y.V., Proshchalykin M.Yu. va boshqalar. The genus Epeolus Latreille, 1802 (Hymenoptera, Apidae) in Central Asia. ZooKeys, 2023.

UO'K: 633.522

O‘ZBEKISTON SHAROITIDA *CANNABIS SATIVA* L. O‘SIMLIGINI TOLA HOSILI UCHUN YETISHTIRISHDA BOSH POYANING O‘SISH DINAMIKASINI ANIQLASH BO‘YICHA TAHLILLAR

O.R. Ergashev, b.f.d., O‘zR FA Genetika va O‘EBI, Toshkent
E.O. Aliqulov, b.f.f.d., O‘zR FA Genetika va O‘EBI, Toshkent
A.E. Xakimov, q.x.f.f.d., O‘zR FA Genetika va O‘EBI, Toshkent
A.A. Mutalov, q.x.f.f.d., O‘zR FA Genetika va O‘EBI, Toshkent
V.V. Kim, q.x.f.f.d., O‘zR FA Genetika va O‘EBI, Toshkent
B.M. Gapparov, b.f.f.d., O‘zR FA Genetika va O‘EBI, Toshkent
M.Q. Jo‘rayev, agronom, SP OOO “HEMPFARM JV”, Navoiy

Annotatsiya. *Maqolada Cannabis sativa L. ning Xanne naviga mansub urug‘liklardan Navoiy viloyati cho‘l hududlarining tuproq-iqlim sharoitida yuqori tola hosili olish maqsadida yetishtirilgan o‘simliklarda bosh poya balandligining vegetatsiya davridagi o‘zgarishini o‘rganish bo‘yicha tadqiqot natijalari tahlil qilindi. 2026 yilda tajriba maydonida fenologik kuzatuvlar olib borilib, o‘simliklarning unib chiqishi va bosh poya balandligi ko‘rsatkichlari aniqlandi. 5 iyun holatida 100 ta o‘simlikning o‘rtacha bosh poya balandligi 48.05±0.99 sm, 20 iyul holatida esa 192.00±3.06 sm ni tashkil etdi. Kuzatuv davrida o‘rtacha balandlik 143.95 sm ga oshdi. Variatsiya koeffitsiyenti 13.73 % dan 10.56 % gacha kamaygani aniqlandi. Olingan natijalar Xanne navida vegetatsiyaning keyingi bosqichlarida bosh poya balandligi bo‘yicha nisbiy o‘zgaruvchanlikning pasayganini ko‘rsatdi.*

Калит сўзлар: *Cannabis sativa L., nav, populyatsiya, poya balandligi, agrotexnologiya, ko‘rsatkichlar, tahliliy natijalar.*

Аннотация. *В статье проанализированы результаты исследования динамики изменения высоты главного стебля в течение вегетационного периода у растений Cannabis sativa L., выращенных из семян сорта Ханне с целью получения высокого урожая волокна в почвенно-климатических условиях пустынной зоны Навоийской области. В 2026 году на опытном участке проводились фенологические наблюдения, в ходе которых были определены сроки всходов растений и показатели высоты главного стебля. По состоянию на 5 июня средняя высота главного стебля у 100 растений составила 48.05±0.99 см, тогда как 20 июля данный показатель достиг 192.00±3.06 см. За период наблюдений средняя высота главного стебля увеличилась на 143.95 см. Установлено снижение коэффициента вариации с 13.73 % до 10.56 %. Полученные результаты свидетельствуют о снижении относительной изменчивости высоты главного стебля у сорта Ханне на последующих этапах вегетации.*

Ключевые слова: *Cannabis sativa L., сорт, популяция, высота стебля, агротехнология, показатели, результаты анализа.*

Abstract. *The article investigates the dynamics of changes in main stem height during the growing season in Cannabis sativa L. plants of the Hanne variety grown from seeds for the purpose of obtaining a high fiber yield under the soil and climatic conditions of the desert zone of Navoi Region. In 2026, phenological observations were conducted at the experimental site, during which plant emergence and main stem height were recorded. As of June 5, the mean main stem height of 100 plants was 48.05±0.99 cm, while on July 20, it reached 192.00±3.06 cm. During the observation period, the mean main stem height increased by 143.95 cm. The coefficient of variation decreased from 13.73% to 10.56%. The results obtained indicated a decrease in the relative variability of main stem height in the Hanne variety during the later stages of the growing season.*

Key words: *Cannabis sativa L., cultivar, population, stem height, agrotechnology, parameters, modifying factors, analytical results.*

Agrar sohada texnik kannabis (*Cannabis sativa* L.) o‘simligini o‘rganishda uning botanik xususiyatlari, agronomik potensiali, seleksiya imkoniyatlari va yetishtirish texnologiyalarini kompleks baholash muhim ahamiyatga ega. Cannabis sativa L. tola, urug‘ va moy olish maqsadlarida yetishtiriladigan ko‘p maqsadli qishloq xo‘jaligi ekinlaridan biri hisoblanadi [1, 2, 3].

Cannabis sativa L. ning sistematikasi va tur ichidagi morfologik o‘zgaruvchanligi Small va Cronquist tomonidan batafsil o‘rganilgan. Mualliflar *Cannabis* turkumidagi o‘zgaruvchanlikni morfologik, geografik, sitologik va taksonomik xususiyatlar bilan bog‘liq holda tahlil qilib, *C. sativa* ni yuqori darajada o‘zgaruvchan tur sifatida tavsiflaganlar [7].

Farag va Kayser ma’lumotlariga ko‘ra, *Cannabis sativa* L. Cannabaceae oilasiga mansub bo‘lib, bir yillik va morfologik jihatdan o‘zgaruvchan o‘simlik hisoblanadi. O‘simlikning poyasi, barglari, ildiz tizimi va boshqa morfologik belgilari uning biologik xususiyatlarini tavsiflashda muhim ahamiyat kasb etadi [3]. Mazkur manbada *Cannabis* turkumining taksonomik xususiyatlari, morfologiyasi, geografik tarqalishi va qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati ham umumlashtirilgan [3].

Kannabisning qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati uning tola, urug‘ va moy olish imkoniyatlari bilan bir qatorda, turli iqlim sharoitlarida yetishtirish imkoniyati bilan ham belgilanadi. Amaducci va hammualliflar Yevropa va Xitoyda texnik kannabisni yetishtirish tajribalarini tahlil qilib, ushbu ekinning ko‘p maqsadli xususiyati va nisbatan kam resurs talab qiladigan yetishtirish texnologiyalari uning istiqbolli sanoat ekinlaridan biri ekanligini ta’kidlaganlar [1].

Kannabis seleksiyasida genotiplarning ekologik sharoitlarga moslashuvi, tola hosili va sifati, gullash xususiyatlari hamda muayyan hududlarga mos navlarni yaratish muhim yo‘nalishlardan hisoblanadi. Salentijn va hammualliflar tolali kannabis seleksiyasida genetik xilma-xillikdan foydalanish, tola sifati va hosildorligini oshirish hamda turli muhitlarga mos navlarni yaratish masalalarini alohida ko‘rsatganlar [6].

Kannabisning o‘sishi va rivojlanishi ekologik omillar, jumladan harorat, fotoperiod, o‘simliklar zichligi va boshqa agrotexnik sharoitlarga bog‘liq. Lisson, Mendham va Carberry tomonidan ishlab chiqilgan modellashtirish tadqiqotlarida, xususan, haroratning kannabisning unib chiqishdan oldingi rivojlanish bosqichlariga ta’siri o‘rganilgan va ekin o‘sishi hamda rivojlanishini modellashtirishda iqlim, genotip va boshqariladigan agrotexnik omillarni hisobga olish zarurligi ko‘rsatilgan [4].

Ranalli tahririda nashr etilgan *Advances in Hemp Research* asarida kannabisning genetikasi, seleksiyasi, agronomiyasi va sanoatda foydalanish imkoniyatlari bilan bog‘liq tadqiqotlar umumlashtirilgan [5]. Mazkur asar texnik kannabisni qishloq xo‘jaligi nuqtai nazaridan kompleks o‘rganishga oid muhim adabiyotlardan biri hisoblanadi.

Juchenkoning adaptiv o‘simlikshunoslikka bag‘ishlangan ishlarida ekinlarning mahsuldorligi va barqarorligi genotip hamda tashqi muhit o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir bilan bog‘liq holda qaraladi [9]. Bu yondashuv texnik kannabisning turli ekologik sharoitlarda o‘sishi, rivojlanishi va mahsuldorligini baholashda nazariy asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

Lyaxovkinning o‘simlikshunoslikka oid yondashuvlarida ekinlarning o‘sishi, rivojlanishi va hosildorligiga ta’sir etuvchi agrotexnologik omillarni kompleks baholash zarurligi ta’kidlanadi [10]. Shu nuqtai nazardan, kannabisni yetishtirishda tuproq, namlik, harorat, oziqlanish va o‘simliklar zichligi kabi omillarni birgalikda hisobga olish maqsadga muvofiq.

Shunday qilib, adabiyotlar tahlili texnik kannabisni o‘rganishda botanik va morfologik xususiyatlar bilan bir qatorda, genetik o‘zgaruvchanlik, ekologik moslashuvchanlik, agrotexnologik omillar va mahsuldorlik ko‘rsatkichlarini kompleks baholash zarurligini ko‘rsatadi [1, 3-7, 9, 10]. Ayniqsa, tolali yo‘nalishda navning poya balandligi, o‘simliklar zichligi, o‘sish sur’ati va tola hosili o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni o‘rganish amaliy ahamiyatga ega [1, 4, 6].

Shu asosda Navoiy viloyatining cho‘l hududlarida texnik kannabisning muayyan navini o‘rganish, uning vegetatsiya davridagi o‘sish dinamikasini, bosh poya balandligining o‘zgarishini va populyatsiyadagi fenotipik o‘zgaruvchanlikni baholash ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqot maqsadi Navoiy viloyatining cho‘l hududlarida *Cannabis sativa* L. ning Hanne naviga mansub urug‘liklardan yuqori tola hosili olishga yo‘naltirilgan holda yetishtirilgan o‘simliklarda turli vegetatsiya davrlarida bosh poya balandligi ko‘rsatkichi bo‘yicha populyatsiya tarkibini aniqlash.

Tadqiqot obyekti sifatida *Cannabis sativa* L. ning Hanne naviga mansub o‘simliklar tanlandi.

Tadqiqot uslublari: Tadqiqotlarni olib borishda qiyosiy morfologiya va populyatsion tahlil usullaridan foydalanildi. Fenologik kuzatuvlar asosida o‘simliklarning unib chiqishi va bosh poya balandligi ko‘rsatkichlari aniqlandi. Olingan ma'lumotlarga matematik-statistik ishlov berish B. A. Dospexovning dala tajribalari natijalarini statistik qayta ishlash metodikasi asosida amalga oshirildi [8].

Tahlil va natijalar: Tadqiqot davrida barpo qilingan tajriba maydonida olib borilgan fenologik kuzatuvlar natijalari quyidagicha tahlil qilindi.

Tajriba dalasiga 2026 yil 4 may kuni ekilgan Hanne naviga mansub urug‘liklarning unib chiqishi, 1 m² maydondagi o‘simliklar soni, shuningdek, to‘liq unib chiqqan o‘simliklarning 5 iyun va 20 iyul kunlaridagi bosh poya balandligi kabi ko‘rsatkichlar o‘rganildi.

Ushbu nav Xitoy seleksiyasiga mansub bo‘lib, ekishdan keyingi birinchi sug‘orish 5-7 may kunlari yomg‘irlatib sug‘orish texnologiyasi asosida amalga oshirildi.

Urug‘liklar 7 maydan unib chiqa boshladi va 15 may holatiga kelib asosiy unib chiqish jarayoni yakunlandi. Ekilgan urug‘liklarning taxminan 80 foizi unib chiqqanligi kuzatildi.

Yer maydonining tekis emasligi sababli yomg‘irlatib sug‘orish jarayonida tuproqning yuza qatlamida to‘plangan suvning bir tomonga oqib ketishini cheklash maqsadida ekish seyalkasi zigzag usulida harakatlantirildi. Ekish sxemasi tola yetishtirish maqsadida 12 × 2 sm qilib belgilandi.

Sug‘orish apparatining uzunligi 400 m bo‘lib, bir marta sug‘orishda 50 gektargacha maydonni qamrab olishi qayd etildi.

Tola sifatini saqlab qolish nuqtai nazaridan o‘simliklarning gullash darajasi va vegetatsiya muddatini ham hisobga olish zarur. Ushbu ko‘rsatkichlar nav, ekologik sharoit va agrotexnologik omillarga bog‘liq bo‘lgani uchun hosilni yig‘ish muddati dala kuzatuvlari asosida belgilanishi lozim.

Hanne navining urug‘liklari zich ekilgan bo‘lsa-da, mazkur hududdagi shamol harakati o‘simliklar orasidagi havo almashinuviga ta'sir ko‘rsatishi kuzatildi. Tajriba dalasidagi 1 m² maydonda taxminan 1042 ta o‘simlik mavjudligi aniqlandi. Bu ko‘rsatkich 1 gektarga qayta hisoblanganda taxminan 10 420 000 ta o‘simlik/ga ni tashkil etadi.

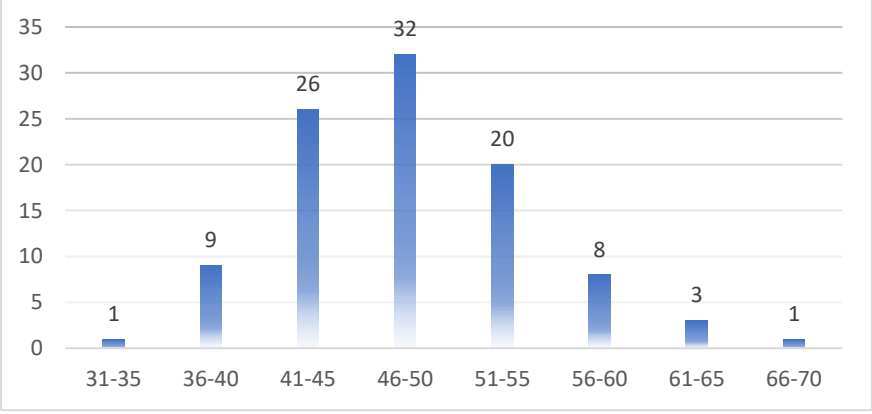
Jadval

Xanne navida bosh poya balandligining vegetatsiya davridagi o‘zgarish dinamikasi

Fenologik kuzatuv kunlari					
05.06.2026.			20.07.2026.		
X ± m	σ	v	X ± m	σ	v
48.05±0.99	6.60	13.73	192.0±3.06	20.28	10.56

Jadval ma'lumotlariga ko‘ra, Hanne navida bosh poya balandligi vegetatsiya davomida jadal ortgan. 2026 yil 5 iyun holatida 100 ta o‘simlik bo‘yicha bosh poya balandligining o‘rtacha qiymati 48.05 ± 0.99 sm ni tashkil etdi. Standart og‘ish 6.60 sm, variatsiya koeffitsiyenti esa 13.73 % bo‘ldi.

Tahlildagi belgining ko‘rsatkichlari bo‘yicha ma'lumotlar 5 sm.li sinflarga ajratilganida vegetatsiyaning ushbu davrida populyatsiya tarkibining yuzaga kelishida asosan 5 ta sinfdagi o‘simliklar muhim rol o‘ynagan bo‘lsa, ushbu tarkibda 46-50 sm da o‘sgan o‘simliklar 32 % bilan dominantlik qilgan (1-rasm).



1-rasm. Bosh poya balandligi (sm) bo‘yicha 05.06.2026. dagi populyatsiya tarkibi.

Mazkur davrda o‘simliklar balandligidagi o‘zgaruvchanlik urug‘larning turli muddatlarda unib chiqishi, dastlabki o‘sish bosqichidagi mikroekologik sharoitlar va agrotexnik omillar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

5 iyun holatida 48.05 sm bo‘lgan bosh poyaning o‘rtacha balandligi 20 iyulga kelib 192.00 sm ga yetdi. Demak, mazkur davrda bosh poya balandligi 143.95 sm ga oshgan, ya’ni dastlabki qiymatga nisbatan qariyb 4 baravar yuqori qiymatga yetgan. Bu Hanne navi o‘simliklarida mazkur davrda jadal vegetativ o‘sish kechganligini ko‘rsatadi. Kannabisning o‘sish va rivojlanishiga harorat, fotoperiod va boshqa muhit omillarining ta’siri ilmiy tadqiqotlarda ham qayd etilgan [4].

Vegetatsiyaning dastlabki bosqichida variatsiya koeffitsiyenti 13.73 % bo‘lgan bo‘lsa, 20 iyul holatida ushbu ko‘rsatkich 10.56 % gacha pasaygan. Shu bilan birga, standart og‘ishning 6.60 sm dan 20.28 sm gacha ortishi o‘simliklar o‘rtasidagi absolyut balandlik farqining kattalashganligini ko‘rsatadi. Biroq o‘rtacha balandlikning keskin ortishi natijasida ushbu farqning nisbiy ifodasi kamaygan.

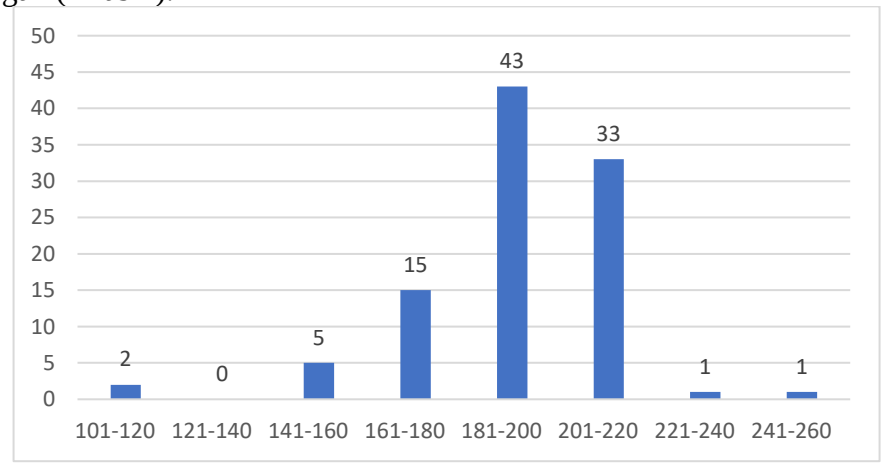
Boshqacha aytganda, vegetatsiya davomida o‘simliklar o‘rtasidagi absolyut farqlar oshgan bo‘lsa-da, ularning o‘rtacha balandligiga nisbatan o‘zgaruvchanlik darajasi pasaygan.

Mazkur holat Hanne navi o‘simliklarining vegetatsiyaning keyingi bosqichlarida bosh poya balandligi bo‘yicha nisbatan bir xillashganini ko‘rsatishi mumkin. Biroq bu natijani bevosita genetik bir xillikning isboti sifatida talqin qilish to‘g‘ri emas. Chunki variatsiya koeffitsiyenti fenotipik o‘zgaruvchanlikni ifodalaydi va uning tarkibida genotipik hamda muhit ta’sirlari birgalikda namoyon bo‘ladi.

Shuning uchun genotipik variatsiyani fenotipik variatsiyadan ishonchli ajratish uchun genotiplar yoki oilalar bo‘yicha takroriy tajribalar, turli muhitlar va yillardagi kuzatuvlar hamda genetik parametrlarni hisoblash talab etiladi.

Hanne navining yuqori tola hosili olishga yo‘naltirilganligi nuqtai nazaridan bosh poya balandligining ortishi mustaqil ravishda ijobiy yoki salbiy seleksion belgi sifatida baholanmasligi lozim. Texnik kannabis seleksiyasida tola hosili va sifati, o‘simlik arxitekturasi hamda muayyan muhitga moslashuv muhim seleksion yo‘nalishlardan hisoblanadi [1, 6].

O‘rganilayotgan belgining ikkinchi fenologik kuzatuv davriga kelib paydo qilgan ko‘rsatkichlari bo‘yicha ma’lumotlar 20 sm.li sinflarga ajratilganida mazkur paytga kelib populyatsiya tarkibining fenotipda namoyon bo‘lishida asosan 4 sinfdagi o‘simliklar muhim rol o‘ynagan bo‘lsa, ushbu tarkibda 181-200 sm da o‘sgan o‘simliklar 43 % dagi ulush bilan mutlaq dominantlik qilgan (2-rasm).



2-rasm. Bosh poya balandligi (sm) bo‘yicha 20.07.2026. dagi populyatsiya tarkibi.

O‘simlik bo‘yining ortishi yuqori tola hosili, poya biomassasi va tola sifat ko‘rsatkichlarining maqbul shakllanishi bilan uyg‘unlashgan taqdirdagina seleksion jihatdan ahamiyatli bo‘lishi mumkin.

Shu nuqtai nazardan, 5 iyun holatidagi bosh poya balandligi bilan 20 iyul holatidagi balandlikni birgalikda baholash Hanne navining erta o‘sish xususiyatlari va keyingi vegetatsiya bosqichidagi o‘sish potensiali o‘rtasidagi munosabatni tavsiflash imkonini beradi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari Hanne navida 5 iyundan 20 iyulgacha bosh poyaning jadal o‘sishi bilan bir qatorda, ushbu belgi bo‘yicha nisbiy o‘zgaruvchanlikning 13.73 % dan 10.56 % gacha kamayganini ko‘rsatdi.

Biroq mazkur barqarorlikning genetik asosini aniq baholash uchun bosh poya balandligi bilan tola chiqimi, poya massasi, tola uzunligi, tolaning mustahkamligi va boshqa xo‘jalik-biologik belgilar o‘rtasidagi korrelyatsion munosabatlarni o‘rganish, shuningdek, genotip × muhit o‘zaro ta’sirini hisobga olish zarur.

Shu sababli, Hanne navida yuqori tola mahsuldorligiga yo‘naltirilgan seleksion tanlashda bosh poya balandligini alohida mezon sifatida emas, balki o‘simlik arxitekturasi va tola mahsuldorligining boshqa komponentlari bilan kompleks holda baholash maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Amaducci S., Scordia D., Liu F. H., Zhang Q., Guo H., Testa G., Cosentino S. L. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – Vol. 68. – P. 2–16. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.06.041.

2. Clarke R. C., Merlin M. D. *Cannabis: Evolution and Ethnobotany*. – Berkeley: University of California Press, 2013. – 452 p. – DOI: 10.1525/9780520954571.

3. Farag S., Kayser O. The Cannabis Plant: Botanical Aspects // *Handbook of Cannabis and Related Pathologies: Biology, Pharmacology, Diagnosis, and Treatment*. – Academic Press/Elsevier, 2017. – P. 3–12. – DOI: 10.1016/B978-0-12-800756-3.00001-6.

4. Lisson S. N., Mendham N. J., Carberry P. S. Development of a hemp (*Cannabis sativa* L.) simulation model. 1. General introduction and the effect of temperature on the pre-emergent development of hemp // *Australian Journal of Experimental Agriculture*. – 2000. – Vol. 40, No. 3. – P. 405–411. – DOI: 10.1071/EA99058.

5. Ranalli P. (ed.). *Advances in Hemp Research*. – New York: Food Products Press, 1999. – xiv, 272 p. – ISBN 1-56022-872-5.

6. Salentijn E. M. J., Zhang Q., Amaducci S., Yang M., Trindade L. M. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding // *Industrial Crops and Products*. – 2015. – Vol. 68. – P. 32–41. – DOI: 10.1016/j.indcrop.2014.08.011.

7. Small E., Cronquist A. A practical and natural taxonomy for Cannabis // *Taxon*. – 1976. – Vol. 25, No. 4. – P. 405–435. – DOI: 10.2307/1220524.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

9. Жученко А. А. *Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы)*. – М.: Агрорус, 2008. – Т. 1. – 816 с.

10. Ляховкин А. Г. *Растениеводство: теория и практика*. – М.: Колос, 2006. – 512 с.

UO'K 58

KACHIMSIMON ETMAK (ACANTHOPHYLLUM GYPSOPHILOIDES REGEL) ISTIQBOLLI O‘SIMLIK SIFATIDA

Sh.P. Eshmatova, o‘qituvchi, Surxondaryo tibbiyot texnikumi, Termiz

Annotatsiya. *Maqolada kachimsimon etmak (Acanthophyllum gypsophiloides Regel) o‘simligining biologik va ekologik xususiyatlari, kimyoviy tarkibi, tabiiy tarqalishi hamda xo‘jalik ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, undan istiqbolli foydalanish yo‘nalishlari va tabiiy zaxiralarini muhofaza qilish masalalari yoritiladi.*

Kalit so‘zlar: *kachimsimon etmak, biologik xususiyatlar, ekologik moslashuv, tabiiy tarqalish, saponinlar, istiqbolli o‘simlik.*

Аннотация. *В статье рассматриваются биологические и экологические особенности качимовидного этмака (Acanthophyllum gypsophiloides Regel), его химический состав, распространение и хозяйственное значение. Особое внимание уделяется перспективам использования растения и сохранению его природных ресурсов.*

Ключевые слова: *качимовидный этмак, биологические особенности, экологическая адаптация, природное распространение, сапонины, перспективное растение.*

Abstract. *This article examines the biological and ecological characteristics, chemical composition, distribution, and economic importance of Acanthophyllum gypsophiloides Regel. Particular attention is given to its potential applications and the conservation of natural plant resources.*

Keywords: *etmak, biological characteristics, ecological adaptation, natural distribution, saponins, promising plant.*

Kirish. Hozirgi vaqtda tabiiy o‘simliklar dunyosini o‘rganish, biologik xilma-xillikni saqlash hamda o‘simlik resurslaridan oqilona foydalanish masalalari botanika va ekologiya fanlarining dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, qurg‘oqchil hududlarda o‘sadigan, noqulay ekologik sharoitlarga moslashgan va xo‘jalik ahamiyatiga ega bo‘lgan o‘simlik turlarini aniqlash muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Markaziy Osiyo, jumladan, O‘zbekiston hududining tabiiy florasi o‘ziga xos o‘simlik turlariga boy bo‘lib, ularning biologik xususiyatlari, ekologik talablari va amaliy imkoniyatlarini o‘rganish tabiiy resurslardan samarali foydalanish uchun muhim asos yaratadi.

Adabiyotlar tahlili. Kachimsimon etmak (Acanthophyllum gypsophiloides Regel) bo‘yicha ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, mazkur o‘simlikning botanik xususiyatlari, geografik tarqalishi, kimyoviy tarkibi va an’anaviy qo‘llanilishi turli ilmiy manbalarda yoritilgan. Ayniqsa, O‘zbekiston florasiga oid fundamental asarlar, dorivor o‘simliklar bo‘yicha tadqiqotlar va zamonaviy fitokimyoviy sharhlar ushbu turning biologik resurs sifatidagi imkoniyatlarini baholashda muhim manba hisoblanadi. Korovin E.P. va Vvedenskiy A.I. tahriri ostida nashr etilgan Flora Uzbekistana asarining ikkinchi jildida Acanthophyllum turkumiga mansub o‘simliklar botanik jihatdan tavsiflangan. Mazkur asar O‘zbekiston florasining tur tarkibi va o‘simliklarni tizimli o‘rganish bo‘yicha muhim ilmiy manbalardan biridir.

O‘simlikning zamonaviy botanik tavsifi va ekologik xususiyatlarini o‘rganishda Khamraeva D.T., Khojimatov O.K. va Bussmann R.W. tomonidan tayyorlangan tadqiqot alohida ahamiyatga ega. Mualliflar 2023-yilda nashr etilgan Ethnobiology of Uzbekistan kitobining 53–57-betlarida Acanthophyllum gypsophiloides turini alohida bob sifatida yoritgan. Ushbu manbada o‘simlikning botanikasi, ekologiyasi, fitokimyoviy tarkibi va an’anaviy qo‘llanilishi ko‘rib chiqilgan [1].

2023-yilda Diversity jurnalida chop etilgan “The Genus Allochrusa: A Comprehensive Review of Botany, Traditional Uses, Phytochemistry, and Biological Activities” nomli ilmiy sharhda etmakning taksonomik o‘rni, tarqalish hududlari, biologik xususiyatlari va kimyoviy tarkibi umumlashtirilgan. Mualliflar Acanthophyllum gypsophiloides nomi bilan ham yuritiladigan ushbu turni Allochrusa gypsophiloides nomi ostida ham ko‘rib chiqadilar [2].

O‘simlikning geografik tarqalishini aniqlashga qaratilgan Jorayev Z.N., Akbarov F.I. va Razzaqova O.B. tomonidan tayyorlangan “Distribution of Acanthophyllum gypsophiloides Regel in Central Asia” nomli maqola 2025-yilda IMRAS jurnalining 8-jildi, 11-sonida 82–95-betlarda nashr etilgan [3]. Tadqiqotda adabiy manbalar, gerbariy materiallari va elektron ma’lumotlar bazalari asosida 130 ta gerbariy namunasi hamda fotosuratlar haqidagi ma’lumotlar jamlangan.

Natijalar va muhokama. Kachimsimon etmak (Acanthophyllum gypsophiloides Regel) Markaziy Osiyoning tabiiy florasiga mansub bo‘lib, uning biologik xususiyatlari, geografik tarqalishi va fitokimyoviy tarkibi istiqbolli o‘simlik resursi sifatidagi ahamiyatini belgilaydi. Jorayev Z.N., Akbarov F.I. va Razzaqova O.B. tomonidan 2025-yilda chop etilgan tadqiqotda ushbu turga tegishli 130 ta gerbariy namunasi va fotosuratlar haqidagi ma’lumotlar tahlil qilingan. Tadqiqot natijasida turning Markaziy Osiyodagi tarqalishini aks ettiruvchi xarita ishlab chiqilgan. Mualliflar turning asosiy tarqalish hududlari G‘arbiy Pomir-Oloy va G‘arbiy Tyanshan bilan bog‘liqligini, gerbariy namunalari esa, ayniqsa, O‘zbekiston va Qozog‘istonda ko‘proq qayd etilganini ko‘rsatganlar [3].

Mazkur 130 ta materialning hujjatlashtirilish holati ham muhim natijalarni ko‘rsatadi. Jumladan, 3 ta namunada yorliq ma’lumotlari, 3 tasida yig‘ilgan yil, 8 tasida yig‘ilgan oy, 12 tasida esa yig‘ilgan kun haqidagi ma’lumotlar mavjud bo‘lmagan. Bu ko‘rsatkichlar tegishlicha 2,31%, 2,31%, 6,15% va 9,23% ni tashkil etadi. Bundan tashqari, 4 ta namunada yig‘uvchi shaxsning ismi ko‘rsatilmagan bo‘lib, bu umumiy materiallarning 3,08% iga teng. Uchta namunani geografik koordinatalar bilan bog‘lash imkoni bo‘lmagan, bu esa 130 ta materialning 2,31% ini tashkil qiladi [3].

Ushbu natijalar o‘simlikning geografik tarqalishini o‘rganishda gerbariy materiallarini to‘liq hujjatlashtirish va elektron bazalarga kiritish muhimligini ko‘rsatadi. Biroq qayd etilgan 130 ta

material turning tabiiy populyatsiyalari sonini yoki umumiy biologik zaxirasini ifodalamaydi. Buning uchun maxsus dala tadqiqotlari va populyatsiyalar zichligini hisoblash talab etiladi. Kachimsimon etmakning muhim xususiyatlaridan biri uning ildizida triterpen saponinlarining to‘planishidir [4].

1-jadval.

Kachimsimon etmakning ayrim qismlaridagi ikkilamchi metabolitlar miqdori (manba: [4])

O‘simlik materiali	Saponinlar (%)	Fenol birikmalari (%)	Flavonoidlar (%)
Tabiiy sharoitdagi ildiz	13,55 ± 0,40	2,83 ± 0,08	0,46 ± 0,01
Tajriba maydonida yetishtirilgan ildiz	12,63 ± 0,48	1,32 ± 0,06	0,14 ± 0,01
Vegetativ davrdagi yer ustki qismi	16,50 ± 0,21	3,54 ± 0,16	2,85 ± 0,11
Gullash davridagi yer ustki qismi	14,21 ± 0,48	4,17 ± 0,11	8,45 ± 0,31
Vegetatsiya oxiridagi yer ustki qismi	12,01 ± 0,41	0,79 ± 0,04	0,53 ± 0,03

Jadval ma’lumotlariga ko‘ra, tabiiy sharoitdagi ildiz tarkibida saponinlar miqdori 13,55% ni, tajriba maydonida yetishtirilgan ildizda esa 12,63% ni tashkil etgan. Ushbu ko‘rsatkichlar o‘rtasidagi farq 0,92 foiz punktiga teng bo‘lib, tabiiy sharoitdagi namuna qiymati tajriba maydonidagi namunaga nisbatan taxminan 7,28% yuqori bo‘lgan. Fenol birikmalari miqdori tabiiy ildizda 2,83%, tajriba maydonida yetishtirilgan ildizda esa 1,32% ni tashkil etgan. Hisob-kitoblarga ko‘ra, tabiiy ildizdagi fenol birikmalari miqdori taxminan 2,14 baravar yoki 114,39% yuqori bo‘lgan. Flavonoidlar miqdori esa tegishlicha 0,46% va 0,14% ni tashkil etib, tabiiy ildiz namunasida taxminan 3,29 baravar yuqori qiymat qayd etilgan [4].

Tadqiqot natijalarida vegetativ davrdagi yer ustki qismida saponinlar miqdori 16,50% ga yetgani, tabiiy ildiz namunasida esa 13,55% ni tashkil etgani aniqlangan. Bu yer ustki qismdagi ko‘rsatkichning ildizdagidan taxminan 21,77% yuqori ekanini anglatadi. Gullash davrida yer ustki qismdagi saponinlar miqdori 14,21% ni, vegetatsiya oxirida esa 12,01% ni tashkil etgan. Flavonoidlar miqdori bo‘yicha ham rivojlanish bosqichlari orasida sezilarli farqlar kuzatilgan. Gullash davridagi yer ustki qismda flavonoidlar 8,45% ni tashkil etgan bo‘lsa, vegetatsiya oxirida bu ko‘rsatkich 0,53% ga teng bo‘lgan. Demak, gullash davridagi qiymat vegetatsiya oxiridagi qiymatdan taxminan 15,94 baravar yuqori. Bu natija o‘simlikning rivojlanish bosqichi kimyoviy tarkibni baholashda muhim omil ekanini ko‘rsatadi [4].

Etmakning tabiiy resurslarini muhofaza qilish va biologik faol moddalar olishning muqobil yo‘llarini izlashda in vitro texnologiyalari muhim yo‘nalish hisoblanadi. 2023-yilgi tadqiqotda o‘simlikning ajratilgan ildizlari turli oziqa muhitlari va o‘sish regulyatorlari sharoitida 25, 45 va 60 kun davomida o‘rganilgan [4].

Tajriba natijalariga ko‘ra, o‘sish regulyatorlari qo‘shilmagan nazorat muhitida 45-kuni ildiz kulturasining o‘sish indeksi 348,31 ni, indol-3-moy kislotasi (IBA) qo‘llanilgan variantda 457,59 ni tashkil etgan. Alfa-naftilsirka kislotasi (NAA) qo‘llanilgan variantda esa eng yuqori o‘sish indeksi 60-kuni 588,92 ga yetgan. Nazorat variantining 45-kundagi ko‘rsatkichiga nisbatan NAA qo‘llanilgan variantning 60-kundagi o‘sish indeksi taxminan 69,09% yuqori bo‘lgan. Biroq bu natija turli kultivatsiya muddatlari va oziqa muhiti variantlariga tegishli bo‘lib, uni to‘g‘ridan-to‘g‘ri sanoat sharoitidagi hosildorlik yoki iqtisodiy foyda ko‘rsatkichi sifatida talqin qilish mumkin emas. In vitro ildiz kulturasida 45-kuni nazorat variantidagi saponinlar miqdori 27,74% ni tashkil etgan. Xuddi shu muddatda IBA qo‘llanilgan variantda 12,03%, NAA qo‘llanilgan variantda esa 14,59% qayd etilgan [4].

Mursaliyeva va hammualliflarning tadqiqotida o‘simlik ekstraktlarining antioksidant faolligi DPPH usuli yordamida baholangan. Tabiiy ildiz ekstraktida antioksidant faollik 18,47%, tajriba maydonida yetishtirilgan ildiz ekstraktida esa 13,23% ni tashkil etgan. Vegetativ davrdagi yer ustki qismda 55,79%, gullash davrida 42,28% va vegetatsiya oxirida 11,66% ko‘rsatkichlari qayd etilgan [4]. Vegetativ davrdagi yer ustki qismning antioksidant faolligi tabiiy ildiz ko‘rsatkichidan taxminan 3,02 baravar yuqori bo‘lgan. Gullash davridagi qiymat esa tabiiy ildiz ko‘rsatkichidan taxminan 2,29 baravar yuqori ekanligi hisoblangan.

Xulosa. Kachimsimon etmak (Acanthophyllum gypsophiloides Regel) biologik, ekologik va fitokimyoviy xususiyatlari bilan istiqbolli o‘simliklardan biri hisoblanadi. Ilmiy tadqiqotlarda uning ildizida saponinlar miqdori 13,55%, madaniy sharoitda yetishtirilgan namunada esa 12,63% ni tashkil etgan. Yer ustki qismida saponinlar 16,50% gacha, gullash davrida flavonoidlar esa 8,45% gacha

qayd etilgan. Ushbu ko‘rsatkichlar o‘simlikning kimyoviy tarkibi uning qismi va rivojlanish bosqichiga bog‘liqligini ko‘rsatadi [4].

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Khamraeva D.T., Khojimatov O.K., Bussmann R.W. Acanthophyllum gypsophiloides Regel. – Caryophyllaceae // Ethnobiology of Uzbekistan. Springer, 2023. P. 53–57.

2. The Genus Allochrusa: A Comprehensive Review of Botany, Traditional Uses, Phytochemistry, and Biological Activities // Diversity. 2023. Vol. 15, No. 4. Article 574.

3. Jorayev Z.N., Akbarov F.I., Razzaqova O.B. Distribution of Acanthophyllum gypsophiloides Regel in Central Asia // IMRAS. 2025. Vol. 8, No. 11. P. 82–95.

4. Mursaliyeva V.K., Sarsenbek B.T., Dzhakibaeva G.T., Mukhanov T.M., Mammadov R. Total Content of Saponins, Phenols and Flavonoids and Antioxidant and Antimicrobial Activity of In Vitro Culture of Allochrusa gypsophiloides (Regel) Schischk Compared to Wild Plants. Plants. 2023;12(20):3521.

UO‘K: 1:632. 651(576.8)

DUKKAKLI EKINLAR (*Vigna radiata* L. VA *Phaseolus vulgaris* L.) NEMATODALARI FAUNASINING O‘RGANILISHIGA OID

Sh. Eshpo‘latov, magistr, Termiz davlat universiteti, Termiz
L. Bobokeldiyeva, katta o‘qituvchi, Termiz davlat universiteti, Termiz

Annotatsiya. *Mazkur maqolada Vigna radiata L. (mosh) va Phaseolus vulgaris L. (loviya) agrotsenozlarida uchraydigan nematodalar faunasining o‘rganilganlik darajasi tahlil qilinib, ularning taksonomik tarkibi, ekologik xususiyatlari hamda qishloq xo‘jaligi ekinlariga ko‘rsatadigan salbiy ta’siri yuzasidan jahon, Mustaqil Davlatlar Hamdo‘stligi (MDH) mamlakatlari va O‘rta Osiyo hududlarida olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari hamda mavjud ilmiy adabiyotlar tahliliy yondashuv asosida umumlashtirildi.*

Kalit so‘zlar: *fitonematodalar, fitopatogen, dukkakli ekinlar, individ, fauna, parazit, hosildorlik.*

Аннотация. *В статье проанализирована степень изученности фауны нематод, встречающихся в агроценозах Vigna radiata L. (маш) и Phaseolus vulgaris L. (фасоль). На основе аналитического обзора научной литературы обобщены результаты исследований, проведённых в различных странах мира, государствах Содружества Независимых Государств (СНГ) и Центральной Азии, посвящённые таксономическому составу, экологическим особенностям и отрицательному воздействию нематод на сельскохозяйственные культуры.*

Ключевые слова: *фитонематоды, фитопатогены, бобовые культуры, особь, фауна, паразит, урожайность.*

Abstract. *This article analyzes the current state of research on the nematode fauna associated with the agrocenoses of Vigna radiata L. (mung bean) and Phaseolus vulgaris L. (common bean). It summarizes, through a comprehensive analytical review of the available scientific literature, the taxonomic composition, ecological characteristics, and detrimental effects of these nematodes on agricultural crops, based on studies conducted in different regions of the world, the Commonwealth of Independent States (CIS), and Central Asia.*

Key words: *phytonematodes, phytopathogens, legume crops, individual, fauna, parasite, productivity.*

Dukkakli ekinlar ozuqabopligi yuqori bo‘lgan o‘simliklar qatoriga kiradi, chunki ular yuqori miqdorda oqsil, vitamin va mikroelementlarga boy hisoblanadi. O‘zbekistonning janubiy hududlari, xususan Surxondaryo viloyati iqlimi issiq va quruq bo‘lib, dukkakli ekinlarni yetishtirish uchun qulay agroiqlim sharoitiga ega.

Biroq, ushbu hududda qishloq xo‘jaligi ekinlari turli zararkunandalar, jumladan fitonematodalar ta’siriga uchraydi. Nematodalar tuproqda yashovchi mikroskopik yumaloq chuvalchanglar bo‘lib, ular o‘simlik ildiz tizimiga zarar yetkazadi, oziqlanish jarayonini buzadi va hosildorlikni 20 — 40% gacha kamaytirishi mumkin.

Hudud iqlimining o‘ziga xosligi — yuqori harorat, sug‘orma dehqonchilik, sho‘rlanish

jarayonlari nematodalar rivojlanishi va populyatsion dinamikasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli mintaqaviy faunistik va ekologik tadqiqotlar olib borish dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot doirasida tanlangan mavzuga oid jahon, Mustaqil Davlatlar Hamdo'stligi mamlakatlari hamda O'rta Osiyo mintaqasida amalga oshirilgan fitogelmintologik ilmiy izlanishlar bibliografik va tahliliy yondashuv asosida o'rganildi. Yetakchi fitogelmintolog olimlarning ilmiy ishlari umumlashtirilib, ularning natijadorligi, ilmiy yangiliklari, metodologik yondashuvlari hamda tadqiqotlarning zamonaviy fitogelmintologiya rivojidagi o'rni tahlil qilindi.

Hindistonlik tadqiqotchi-olimlar M.Devindrappa, B.Singh, R.Jagadeeswaran, T.Basavarajalar tomonidan dukkakli ekinlardan mosh (*Vigna radiata L.*) genotiplari orasida ildiz bo'rtma nematodasi *Meloidogyne javanica* ga chidamli genotiplarni aniqlash va ularning chidamlilik mexanizmini tushuntirish yuzasidan ilmiy izlanishlar olib borilgan. Tadqiqotchilar izlanishlari davomida 100 ta mosh genotipini tekshirib, ulardan faqat UPM 02-17, IPM 1620-6 va IPM 1718-1 genotiplari *M. javanica* ga chidamli ekanligini aniqlaganlar. Tadqiqot davomida mualliflar nematodaning o'simlik ildizga kirishidan 3 kun o'tgach sezgir navlarda J_2 lichinkalari ildiz sistemasida mavjudligini, chidamli navlarda esa deyarli mazkur lichinkalar aniqlanmaganligini qayd etganlar. O'simlik zararlanishining 30 kuniga kelib sezgir navlar ildiz sistemasida bo'rtmalar soni ortganligi, chidamli navlarda esa gigant hujayralar kichik va juda kam sonda bo'lib nematoda oziqa bazasini to'liq hosil qila olmaganligini aniqlangan. Olimlarning tadqiqot natijasida olgan ilmiy xulosalarini quyidagicha izohlaganlar: moshning UPM 02-17, IPM 1620-6 va IPM 1718-1 genotiplari *M. javanica* J_2 lichinkalarining ildizga kirishini cheklaydi, gigant hujayralar hosil bo'lishini susaytiradi, nematoda rivojlanishini sekinlashtiradi, urg'ochilar sonini kamaytiradi, tuxum qo'yishni keskin pasaytiradi, populyatsiyaning ko'payishini to'xtatadi [4; B. 514-521].

Gelmintolog tadqiqotchi olimlar Hindistonning dukkakli o'simliklar (*Vigna radiata* L.) yetishtiriladigan ekin maydonlarida dala sharoitida yangi nematisid – fluensulfone 2% GR preparatining turli me'yorlardagi samaradorligini baholash maqsadida ilmiy izlanishlar olib borganlar. Tajribada maydonlari 8 ta guruhga bo'linib, variantlarga mos ravishda nematisid qo'llanilgan, ya'ni T1 – fluensulfone 2% GR 10 kg/ga, T2 – 12 kg/ga, T3 – 14 kg/ga, T4 – 16 kg/ga, T5 – 18 kg/ga, T6 – 20 kg/ga, T7 – karbofuran 3G 50 kg/ga va T8 – ishlov berilmagan nazorat varianti (kontrol) taqqoslash uchun saqlangan. Tadqiqot davomida o'simlikning o'sish ko'rsatkichlari, jumladan, poya uzunligi (sm), poya vazni (g), ildiz uzunligi (sm) va ildiz vazni (g), shuningdek, nematodalarning ko'payish ko'rsatkichlari, ya'ni har bir o'simlikdagi bo'rtmalar soni, tuxum massalari soni, har bir tuxum massasidagi tuxumlar soni, 200 sm^3 tuproqdagi ikkinchi bosqich lichinkalar (J_2) soni hamda yakuniy nematoda populyatsiyasi aniqlanib baholangan.

Mualliflarning ilmiy izlanishlari natijasida, fluensulfone 2% GR preparati 20 kg/ga me'yorda qo'llanilganda eng yuqori samaradorlik ko'rsatkichiga erishilgan. Ushbu variantda o'simliklarning o'sish ko'rsatkichlari eng yuqori darajada bo'lgan hamda nematodalarning ko'payishi va populyatsiyasi boshqa variantlarga nisbatan sezilarli darajada kamayganligi qayd etilgan [7; P. 578-584].

Hindistonlik tadqiqotchi-olimlar tomonidan Uttar-Pradesh shtatining Aligarh va Bulandshahr tumanlarida mosh bilan bog'liq o'simlik parazit nematodalarini o'rganish bo'yicha olib borilgan tahlillar natijasida mosh o'simliklari ildiz bo'rtma nematodalaridan *Meloidogyne arenaria, M. incognita* hamda *M. javanica* turlari bilan zararlanganligi aniqlangan. Shuningdek zararlanish darajasi quyidagicha baholangan: *M. In1cognita* – 1000 ta ikkinchi bosqich lichinkasi (J_2)/kg tuproq; *M. javanica* – 2000 J_2/kg tuproq; *M. arenaria* – 4000 J_2/kg tuproq.

Tadqiqotchi olimlar ushbu invaziya darajalarida mosh o'simliklari sust rivojlangan, bo'yi past bo'lgan va umumiy o'sishi keskin sekinlashganligini, zararlangan o'simliklarda barglarning sarg'ayishi, muddatidan oldin qurishi va to'kilishini kuzatganlar. Shuningdek, boshlang'ich invaziya miqdori ortishi bilan o'simlikning zararlanish darajasi ham bosqichma-bosqich ortib borganligini, bu holat ildizlarda hosil bo'lgan bo'rtmalar soni hamda nematodalarning ko'payish darajasining oshishi bilan bog'liqligini isbotlaganlar va quyidagi xulosaga kelganlar: nematodalarning ko'payish koeffitsiyenti boshlang'ich invaziya miqdori ortishi bilan teskari korrelyatsiya ko'rsatadi, ya'ni invaziya miqdori oshgan sari har bir nematodaning ko'payish samaradorligi kamayadi. Demak, ushbu

uch tur orasida *M. javanica* mosh uchun eng zararli tur hisoblanadi, undan keyin *M. incognita,* eng kam patogen ta'sir esa *M. arenaria* tomonidan kuzatilgan [5; 7134-7138].

Braziliyalik tadqiqotchi — olimlar tomonidan Oddiy loviya (*Phaseolus vulgaris* L.) ildizlarida *Meloidogyne ethiopica* parazit nematodasi ilk bor aniqlangan. Tadqiqotchilar 2014-yil mart oyida Braziliyaning Rio-Grande-du-Sul shtati shimoli-g'arbiy qismidagi Kaisara tumanida oddiy loviyaning IPR Gralha navida o'sishning susayishi, barglarning sarg'ayishi va ildizlarda ko'plab bo'rtmalar hosil bo'lganligini kuzatgan va zararlagan o'simlik ildizi va ildiz oldi tuproqlaridan namunalar olingan. Olingan ildiz va tuproq namunalari qayta ishlanib, nematoda tuxumlari hamda lichinkalarining populyatsiya zichligi aniqlangan. Natijalarga ko'ra, yangi ildizlarning har bir grammida 425 ta tuxum va J_2 lichinkalari, 100 sm^3 tuproqda esa 234 ta J_2 lichinkasi qayd etilgan. *M. ethiopica* ning oddiy loviyada parazitlik qilishini tasdiqlash uchun issiqxona sharoitida tajriba o'tkazilgan. IPR Gralha navining ko'chatlari steril tuproq solingan sakkizta tuvakka ekilib, har bir tuvakka 5 000 ta tuxum/J_2 bilan inokulyatsiya qilingan va nazorat sifatida inokulyatsiya qilinmagan o'simliklar ham saqlangan. 60 kundan so'ng barcha inokulyatsiya qilingan o'simliklarda xloroz, o'sishning sustlashuvi va nazorat variantiga nisbatan taxminan 36 % o'sish kamayishi kuzatilgan. Ildizlarda hosil bo'lgan galllar dala sharoitida kuzatilgan belgilar bilan bir xil bo'lgan. Nazorat o'simliklarida esa ildizlarda bo'rtmalar kuzatilmagan va ularning rivojlanishiga salbiy ta'sir aniqlanmagan [1; P.510].

Gelmintolog mutaxassis olimlar tomonidan Belgiyada oddiy loviya (*Phaseolus vulgaris* L.) yetishtiriladigan ekin maydonlarining Antverpen va Limburg provinsiyalari qumli tuproqlaridan olingan ildiz va ildiz oldi tuproq namunalari tahlil qilinganda *Meloidogyne chitwoodi*, *M. fallax* va *M. hapla* bo'rtma hosil qiluvchi iqtisodiy muhim fitoparazit nematodalar mavjud ekanligi aniqlangan. Loviya o'simligining o'nta navi ildiz bo'rtma nematodalarining ikkinchi bosqich (J_2) lichinkalari bilan zararlantirilib, fitoparazitning rivojlanish jarayoni va tuxum massasining shakllanishi baholangan. Sinovdan o'tkazilgan loviya navlari *M. chitwoodi* uchun yomon xo'jayindan yaxshi xo'jayingacha bo'lgan darajada, *M. fallax* uchun xo'jayin bo'lmagan yoki yomon xo'jayin, *M. hapla* uchun esa juda yaxshi xo'jayin ekanligi aniqlangan. Polder navida aniqlangan *M. chitwoodi* urg'ochilarining soni boshqa navlardagidan farq qilmagan, skrining sinovida ushbu navda tuxum massalari soni kamroq qayd etilgan. Shuningdek, *M. chitwoodi* ning zararlashi Polder navining vegetativ o'sishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmagan [6; P. 702-708].

Gelmintolog tadqiqotchi olimlar tomonidan Turkiya tuproq-iqlim sharoitida o'sish kamerasida dukkakli o'simliklardan Oddiy loviya *(Phaseolus vulgaris* L.*)* ning 87 ta genotipi *Meloidogyne incognita* ga nisbatan chidamliligini aniqlash maqsadida tadqiqot ishlarini olib borganlar. Loviya genotiplari chidamlilik indeksi (Resistance Index, RI) ildizda bo'rtmalarning hosil bo'lish darajasi hamda nematodaning tuxum massalari soniga asoslanib 1-9 ballik shkala bo'yicha baholangan. Tadqiqot natijasida, parazit fitogelment loviya genotiplarining o'sishi va rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatishi, ularning biomassasini kamayishiga olib kelishi aniqlangan hamda tajriba uchun olingan 13 ta loviya genotipi *M. incognita* ga nisbatan quyidagi darajada chidamli ekanligi qayd etilgan:

- Mutlaq chidamli: Sehirali;
- Yuqori darajada chidamli: TR42164, Seleksiyon 5, Seker Fasulye, Fas-Agadir-Suk-1;
- O'rtacha darajada chidamli: Acik Badem, TR68587, TR43477, TR53827, TR28018, Gülnar-3, Siyah Fasulye, Kibris Amerikan.

Tadqiqotchilar olingan natijalar asosida ushbu genotiplardan ildiz bo'rtma nematodalariga chidamli yangi loviya navlarini yaratish bo'yicha seleksiya dasturlarida ota-ona materiali sifatida foydalanish mumkinligini e'tirof etganlar [2; P.: 669 – 674.].

Malavida olib borilgan tadqiqotlar natijasida oddiy loviya *(Phaseolus vulgaris* L.*)*, yer yong'oq (*Arachis hypogaea* L.) va daraxtsimon no'xat (*Cajanus cajan* L.) ildiz bo'rtma nematodalari (Meloidogyne spp.) ning tur va navlarga nisbatan turlicha zararlash darajasiga ega ekanligi aniqlangan. Ildizlarda hosil bo'lgan bo'rtmalar soni va nematodalarning ko'payish koeffitsiyenti asosida olib borilgan baholash natijalariga ko'ra, oddiy loviyaning aksariyat seleksiya namunalari *Meloidogyne hapla, M. javanica* hamda *M. incognita* ning 1 va 3-davr lichinkalari uchun qulay xo'jayin hisoblanishi aniqlangan. Aksincha, Chalimbana navli yeryong'oq *M. hapla* ga nisbatan

rezistent bo‘lib, *M. arenaria* ning 1-davr lichinkalari bilan zararlanish darajasi yuqori ekanligini qayd etganlar. Shuningdek, daraxtsimon no‘xatining barcha mahalliy navlari *M. arenaria* ning 2-davr lichinkalari hamda *M. incognita* va *M. javanica* ning barcha lichinkalik davrlari uchun noqulay xo‘jayin sifatida baholangan, biroq *M. arenaria* ning 1-lichinkalik davriga sezgir ekanligi qayd etilgan [3; P. 39-44].

Yuqorida keltirilgan xorijiy tadqiqotlar tahlili natijasi shuni ko‘rsatadiki *Vigna radiata* va *Phaseolus vulgaris* ekinlarida fitoparazit nematodalarning biologiyasi, tarqalishi, zarar yetkazish darajasi keng o‘rganilgan. Ayniqsa, Meloidogyne avlodiga mansub fitoparazit nematodalar ushbu ekinlarning eng xavfli zararkunandalaridan biri sifatida qayd etilgan. Biroq, tahlillarga asoslangan holda shuni aytish mumkin-ki, O‘zbekiston sharoitida mosh va loviya nematodalari faunasini kompleks o‘rganishga oid ilmiy ma’lumotlar yetarli emas. Mazkur holat ushbu ekinlar nematodalarining tur tarkibini aniqlash, ularning ekologik xususiyatlarini baholash va samarali himoya choralarini ishlab chiqishga qaratilgan tadqiqotlarni kengaytirish zarurligini ko‘rsatadi. Surxondaryo viloyati sharoitida olib borilayotgan izlanishlarimiz natijalarini keyingi ishlarimizda yoritib boramiz. Tadqiqotlar davom etmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Bellé C., Kuhn P.R., Kaspary T.E., Groth M.Z., Schmitt J., and Kulczynski S.M. Parasitization of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) by *Meloidogyne ethiopica* in Southern Brazil // Plant Disease // — Brazil. – 2017. Volume 101, №3, — Page: 510 https://doi.org/10.1094/PDIS-06-16-0841-PDN.

2. Bozbuga R., Dasgan H.Y., Akhoundnejad Y., Imren M., Toktay H., Kasapoglu E.B. Identification of common bean (*Phaseolus vulgaris)* genotypes having resistance against root knot nematode *Meloidogyne incognita //* Legume Research — An International Journal // — India. – 2015. Volume: 38, Issue: 5, — P.: 669 – 674. DOI: 10.18805/lr.v38i5.5948.

3. Saka V.W. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris*), groundnut (*Arachis hypogea*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*) for resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) // Field Crops Research // -Malavi. –1990. Volume 23, Issue 1, P. 39-44. https://doi.org/10.1016/0378-4290(90)90095-S.

4. Devindrappa M., Singh Bansa, Jagadeeswaran R., Basavaraja T. Effect of Root-knot Nematode (Meloidogyne javanica) Infection on Mungbean Genotypes: Identification and Characterization of Host Plant Resistance // Legume Research // -India, — 2026, № 49(3), P.: 514-521. DOI: 10.18805/LR-5350.

5. Khan T.A., Azmi I.T. and Sharma Sh. Comparative studies on the pathogenic potential of Meloidogyne spp. on mung bean (*Vigna radiata* L.) // African Journal of Microbiology Research // — India. -2012, Vol.6(44), pp. -P. 7134-7138 https://doi.org/10.5897/AJMR11.1053.

6. Wesemael W.M., Moens M. Screening of common bean (Phaseolus vulgaris) for resistance against temperate root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) // Pest management Science// -Belgium. -2011. №68(5). -P.702-708. https://doi.org/10.1002/ps.2316.

7. Yadav S, Bishnoi S.P., Baheti B.L., Gurjar H., Chandrawat B.S., Parwati, Kumhar R. Efficacy of Noval Nematicide on Root-knot Nematode, Meloidogyne javanica and Establishment of Recommended Dose in Mung Bean (*Vigna radiata L.*) // International Journal of Plant & Soil Science // -India, -2024, - Volume 36 [Issue 9], -P. 578-584. DOI: 10.9734/ijpss/2024/v36i95007.

UO‘T: 595.715(575.1)

O‘ZBEKISTONDA ZYGENTOMA (INSECTA) TURKUMINING O‘RGANILISH TARIXI HAMDA ZAMONAVIY HOLATI

Z.R. Fayzullayeva, o‘qituvchi, Urganch tuman 50-son maktabi, Urganch
M.Sh. Axmedova, PhD, kat.i.x., Xorazm Ma’mun akademiyasi, Xiva

Annotatsiya. *Ushbu maqolada qanotsiz hasharotlar tarkibiga kiruvchi Zygentoma turkumining zamonaviy sistematik holati, morfologik xususiyatlari va ekologik xususiyatlari yoritiladi. Zygentoma vakillarining yashash muhiti, namlik va haroratga munosabati, oziqlanishi, sutkalik faolligi hamda tabiiy va sinantrop ekotizimlardagi ekologik ahamiyati ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, zamonaviy morfologik va molekulyar tadqiqotlarning turkum sistematikasi va turlarni aniqlashdagi ahamiyati qayd etiladi. Maqolada Lepisma saccharina kabi keng tarqalgan vakillarning ekologik xususiyatlariga alohida e’tibor qaratilgan.*

Kalit so‘zlar: *Zygentoma, Thysanura, Archaeognatha, Lepismatidae, Lepisma saccharina, sistematika, morfologiya, ekologiya, qanotsiz hasharotlar, sinantropiya.*

Аннотация. *В статье рассматриваются современное систематическое положение, морфологические особенности и экологические характеристики отряда Zygentoma, относящегося к группе бескрылых насекомых. Анализируется современная классификация групп, ранее рассматривавшихся в широком объёме отряда Thysanura, в соответствии с которой Zygentoma и Archaeognatha выделяются в самостоятельные отряды. Рассматриваются особенности местообитаний представителей Zygentoma, их отношение к влажности и температуре, характер питания, суточная активность, а также экологическое значение в природных и синантропных экосистемах. Особое внимание уделяется значению современных морфологических и молекулярных методов в идентификации видов и таксономических исследованиях. Также рассматриваются экологические особенности широко распространённых представителей, в частности Lepisma saccharina.*

Ключевые слова: *Zygentoma, Thysanura, Archaeognatha, Lepismatidae, Lepisma saccharina, систематика, морфология, экология, бескрылые насекомые, синантропия.*

Abstract*. This paper reviews the modern taxonomy, morphological characteristics, and ecological features of the order Zygentoma, a group of wingless insects. Groups traditionally treated within the broad concept of Thysanura are considered in the context of modern classification, in which Zygentoma and Archaeognatha are recognized as separate orders. The study summarizes the habitats, moisture and temperature requirements, feeding ecology, daily activity, and ecological significance of Zygentoma in natural and synanthropic environments. Particular attention is given to the importance of modern morphological and molecular approaches for species identification and taxonomic revision. The ecological characteristics of widespread species such as Lepisma saccharina are also discussed.*

Keywords*: Zygentoma, Thysanura, Archaeognatha, Lepismatidae, Lepisma saccharina, taxonomy, morphology, ecology, wingless insects, synanthropy.*

Kirish. Zygentoma turkumi- ochiq jag‘lilar, ya’ni haqiqiy hasharotlar (Ectognatha) kenja sinfiga mansub hisoblanadi. Bu turkumga mansub bo‘lgan hasharotlarning og‘iz organlari boshi oldingi yuzasida, ya’ni og‘iz teshigining atrofida joylashgan; ko‘zlari fasetkali, traxeya sistemasi yaxshi rivojlangan. Ochiq jag‘lilar orasida faqat qildumlilar turkumining vakillari birlamchi qanotsiz hasharotlar hisoblanadi. Ochiq jag‘lilar birlamchi qanotsiz hasharotlar (Apterygota) va qanotli hasharotlar (Pterygota) bo‘limlariga ajratiladi [2,3]. Birlamchi qanotsizlar bo‘limi faqat qildumlilar turkumidan iborat. Qanotli hasharotlar bo‘limi ham o‘z navbatida qanotining tuzilishiga binoan qadimgi qanotlilar va yangi qanotlilarga; rivojlanishiga binoan esa chala metamorfoz bilan rivojlanadigan va to‘liq metamorfoz bilan rivojlanadigan hasharotlarga ajratiladi [5]

Qildumlilar cho‘ziq tanasining uzunligi 8–20 mm bo‘lib, tangachalar bilan qoplangan. Qorin bo‘limi o‘nta bo‘g‘imdan iborat. Qorin oyoqlari rudimenti saqlanib qolgan. Qorin bo‘limining keyingi tomonida uchta ko‘p bo‘g‘imli dum o‘simtasi bor. Og‘iz organlari kemiruvchi tipda tuzilgan; oddiy va fasetkali ko‘zlari bor. Chala o‘zgarish orqali rivojlanadi [1]. Qildumlilar — juda harakatchan hasharotlar. Ular toshlar va barglar ostida, o‘simlik qoldiqlari orasida hamda tuproqdagi yoriqlarda va xonadonlarda uchraydi. O‘simlik qoldiqlari bilan oziqlanadi; 400 ga yaqin turi ma’lum. Qand tangachalisi (*Lepisma saccharina*) va Maxilis (*Machilis*) urug‘i turlari keng tarqalgan (1-jadval).

Tarixiy adabiyotlarda Qildumlilar ya’ni Zygentoma vakillari ko‘pincha Thysanura nomi ostida o‘rganilgan.. Biroq zamonaviy sistematikada Thysanura keng ma’noda ishlatiladigan eski guruh bo‘lib, uning tarkibida ilgari Zygentoma bilan birga Archaeognatha ham birlashtirilgan. Keyinchalik ushbu ikki guruh mustaqil evolyutsion birliklar sifatida ajratilgan. Shu sababli O‘zbekistonning eski entomologik adabiyotlarini tahlil qilishda “Zygentoma” bilan bir qatorda “Thysanura”, “Lepismatidae” va ayrim hollarda “Silverfish” atamalaridan foydalanish zarur. O‘zbekiston hududidagi Zygentoma tadqiqotlari tarixida rus entomologi V.G. Kaplin (1992) yangi avlodini tavsiflab, uning dunyo faunasidagi vakillarini Thysanura: Lepismatidae doirasida ko‘rib chiqqan. Turkum vakillari morfologik jihatdan cho‘zinchoq va yassi tana, uzun mo‘ylovlar hamda qorin uchidagi uchta dumga o‘xshash o‘simtalar bilan xarakterlanadi [8]. *Lepisma saccharina, Thermobia*

domestica kabi turlar sinantrop hayot tarziga moslashganligi bilan yaxshi ma'lum. Keyinchalik mazkur avlod bo‘yicha taksonomik ma'lumotlar Zygentoma kataloglariga ham kiritilgan. *L. saccharina* ning biologiyasi turli mamlakatlarda turlicha yo‘nalishlarda o‘rganilgan. Germaniya tadqiqotchilari asosan sensor organlarning morfologiyasi va funksiyalariga, Ispaniya olimlari zamonaviy taksonomik va molekulyar diagnostikaga, Avstriya tadqiqotchilari muzeylardagi monitoringga, Rossiya olimlari sensor organlarning ontogenetik o‘zgarishlariga, O‘zbekiston tadqiqotchilari esa asosan amaliy-entomologik va xo‘jalik ahamiyatiga e'tibor qaratganlar. Shu jihatdan, *L. saccharina* bo‘yicha turli geografik hududlarda to‘plangan bilimlarni yagona qiyosiy tizimda ko‘rib chiqish, ayniqsa O‘zbekiston va Markaziy Osiyodagi tadqiqotlarning holatini baholash muhimdir [6].

1-jadval

Taksonomik darajalari va nomlanishi	
Sinf	**Insecta**
Kenja sinf	Dicondylia
Turkum	Zygentoma Börner, 1904
Eski nomi	Thysanura
Asosiy oilalari	Lepismatidae, Nicoletiidae, Lepidotrichidae
Keng tarqalgan turlar:	*Lepisma saccharina, Ctenolepisma longicaudatum*
Asosiy ekologik muhit	Barg to‘shamasi, po‘stloq osti, tosh osti, g‘orlar, uy-joylar

D.A. Azimovning 1993-yilda nashr etilgan "Насекомые Узбекистана" asari ham O‘zbekiston entomofaunasini o‘rganishda muhim mintaqaviy manba hisoblanadi [1]. Keyingi amaliy maqolalarda *L. saccharina* haqidagi ayrim ma'lumotlar aynan ushbu manbaga tayangan. Kaplinning 1999-yilda chop etilgan ishida O‘zbekiston hududidan bir nechta yangi turlar tasvirlangan. Maqolada *Desertinoma lyakhovi* O‘zbekiston materiali asosida yangi tur sifatida Shu bilan birga, maqolada *Allopsontus lyakhovi* va *Silvestrichiloides asiaticus* ham O‘zbekistondan yangi turlar sifatida berilgan, biroq ular Machilidae (Archaeognatha: Microcoryphia) tarkibiga mansub bo‘lib, zamonaviy Zygentoma tarkibiga kirmaydi. Shuning uchun O‘zbekiston Zygentoma faunasiga oid ushbu maqoladagi eng muhim takson — *Desertinoma lyakhovi* hisoblanadi [4, 5, 24].



1-rasm. Voyaga yetgan Lepisma saccharina turi ko‘rinishi. Manba: Joshi et al.(2020)

O‘zbekistonda *Lepisma* saccharinaning qayd qilinishi. O‘zbekiston Zygentoma faunasiga oid keyingi ma'lumotlar orasida Turaev va Safarovning *Lepisma* saccharinaga bag‘ishlangan tadqiqoti alohida ahamiyatga ega. Mualliflarning "Qand tangachalisi - *Lepisma saccharina* - O‘zbekistonda asalarilar zararkunandasi" maqolasida ushbu tur O‘zbekiston sharoitida asalari oilalarining uyalarida uchrashi va asalari lichinkalari hamda uya materiallariga zarar yetkazishi bilan bog‘liq holda o‘rganilgan. Maqolada turning O‘zbekiston sharoitidagi zararli xususiyatlari va unga qarshi kurash choralari muhokama qilingan. Mazkur ish Zygentoma tadqiqotlarining yana bir yo‘nalishini -amaliy entomologiyani namoyon etadi. Ya'ni, O‘zbekistonda Zygentoma vakillari faqat sistematik obyekt sifatida emas, balki qishloq xo‘jaligi va asalarichilik bilan bog‘liq organizm sifatida ham qayd etilgan. Biroq bu tadqiqotning asosiy maqsadi O‘zbekiston Zygentoma faunasini aniqlash emas, balki *L.*

*saccharina*ning asalari xo‘jaligidagi zarari va unga qarshi kurash masalalarini yoritish bo‘lgan. Shuning uchun undan mamlakatdagi turning keng tarqalishi yoki populyatsion holati haqida to‘liq xulosa chiqarish mumkin emas [21].

Xorazm va Qoraqalpog‘iston hududlaridagi ma’lumotlar. O‘zbekistonning shimoli-g‘arbiy hududlari, xususan Xorazm vohasi va Qoraqalpog‘iston agroekotizimlari, Zygentoma uchun yana bir muhim tadqiqot hududi sifatida ko‘rinadi. Xorazm bo‘yicha olib borilgan agroekologik tadqiqotlarda eski klassifikatsiyaga muvofiq Thysanura tarkibida *Ctenolepisma transcapica, Lepisma saccharina* va *Thermobia domestica* kabi vakillar qayd etilgan. Bu ma’lumotlar alohida e’tiborga loyiq, chunki ular Zygentoma vakillarining O‘zbekistonning quruq kontinental sharoitidagi agroekotizimlar bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, eski adabiyotlarda Thysanura atamasi ishlatilgani sababli ushbu ma’lumotlarni zamonaviy Zygentoma sistematikasi bilan qayta muvofiqlashtirish zarur [21].

Bioekologik xususiyatlari. Zygentoma vakillarining katta qismi - Lepismatidae Latreille, 1802 oilasiga mansub bo‘lib, ular tabiiy muhitlarda organik qoldiqlar bilan oziqlanishi, ayrim turlari esa inson yashash joylari bilan bog‘liq holda hayot kechirishi bilan ajralib turadi. Zygentoma vakillari, odatda, qorong‘i, pana va nam mikrohabitatlarni egallaydi. Tabiiy sharoitda ular: toshlar ostida, daraxt po‘stlog‘i ostida, chirigan yog‘ochlarda, barg to‘shamasida, o‘simlik qoldiqlari orasida, g‘orlar va boshqa yoriqlarda, ba’zi hollarda chumoli va termit uyalarida uchrashi mumkin [5]. Tanasining yassi va cho‘ziq shakli ularga tor yoriqlar va boshqa kichik pana joylarga kirib yashash imkonini beradi (1-rasm). Shu sababli Zygentoma vakillarini ko‘pincha tuproq yuzasi, barg to‘shamasi, po‘stloq va toshlar bilan bog‘liq mikroekotizimlarda uchratish mumkin. Namlik Zygentoma ekologiyasidagi eng muhim omillardan biridir. Ayniqsa Lepisma saccharina uchun yuqori nisbiy namlik qulay hisoblanadi. Ayrim tadqiqotlarda bu tur 70–95 % atrofidagi nisbiy namlikka ega mikrohabitatlarda ko‘proq uchrashi qayd etilgan [7,10]. Binolarda *L. saccharina* ayniqsa nam yerto‘lalar, hammomlar, pol va devor yoriqlari, mebel osti hamda boshqa nam mikrojoylarda uchraydi. 75 % dan yuqori namlik sharoitida ularning soni sezilarli oshishi mumkin [18]. Zygentoma vakillarining faolligi harorat va namlik bilan chambarchas bog‘liq. Masalan, *Lepisma saccharina* odatda 22–27 °C atrofidagi iliq va nam sharoitlarda faol bo‘ladi, biroq tur kengroq harorat diapazonlariga ham moslasha oladi. Zamonaviy Zygentoma tadqiqotlari bilan taqqoslash. So‘nggi yillarda Zygentoma sistematikasi morfologik belgilar bilan bir qatorda molekulyar markerlardan foydalanish hisobiga sezilarli darajada rivojlandi. Masalan, zamonaviy tadqiqotlarda COI va 28S markerlari morfologik belgilar bilan birgalikda qo‘llanib, yangi avlod va turlarni ajratishda foydalanilmoqda. 2024-yilda chop etilgan yirik tadqiqotda sinantrop Zygentoma vakillarining global reviziyasi morfologik va molekulyar ma’lumotlarni birlashtirgan [19,23].. Bu zamonaviy yondashuv turning tashqi morfologiyasi o‘xshash bo‘lgan guruhlarda yashirin xilma-xillikni aniqlash va taksonomik chegaralarni aniqlashtirish imkonini berishini ko‘rsatadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Azimov D.A. Насекомые Узбекистана. Ташкент, 1993.

2. Brimblecombe P., Pachler M.-C., Querner P. Effect of Indoor Climate and Habitat Change on Museum Insects during COVID-19 Closures // Heritage. 2021. Vol. 4. P. 3497–3506.

3. Claus R., Vantieghem P., Molero-Baltanás R., Parmentier T. Established populations of indoor silverfish Lepisma saccharina in red wood ant nests // Belgian Journal of Zoology. 2022. Vol. 152. P. 45–53. DOI: 10.26496/bjz.2022.98.

4. Hädicke C.W., Ernst A., Sombke A. Sensing more than the bathroom: sensilla on antennae, cerci and styli of Lepisma saccharina // Entomologia Generalis. 2016. Vol. 36(1). P. 71–89. DOI: 10.1127/entomologia/2016/0291.

5. Hansen-Delkeskamp E. Responsiveness of antennal taste hairs of Thermobia domestica // Journal of Insect Physiology. 2001. Vol. 47(7). P. 689–697.

6. Joshi M.J., Prithiv Raj V., Solanki C.B., Birari Vaishalikumari V. Silverfish (Lepisma saccharina): An Overview and their Management // Agriculture & Food: e-Newsletter. 2020. Vol. 2(3). P. 490–493.

7. Lock K. Distribution of the Belgian Zygentoma // Notes fauniques de Gembloux. 2007. Vol. 60. P. 25–27.

8. Matushkina N.A. Integumentary “rosette-like structures” in Microcoryphia and Zygentoma // Entomological Science. 2010. Vol. 13(4). P. 392–407.

9. Mendes L.F. Revisão do género Lepisma Lin., 1758 s.lat. (Zygentoma, Lepismatidae) // Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia. 1988. Suppl. 2. P. 1–236.

10. Mendes L.F. On the phylogeny of the genera of Lepismatidae // Advances in Management and Conservation of Soil Fauna. New Delhi, 1991. P. 3–13.

11. Molero-Baltanás R., Gaju-Ricart M., Bach de Roca C. Lepismas y libros: actualización del conocimiento sobre Lepisma saccharina en España // Boletín S.E.A. 2014. Vol. 54. P. 351–357.

12. Molero-Baltanás R., Mitchell A., Gaju-Ricart M., Robla J. Worldwide revision of synanthropic silverfish combining morphological and molecular data // Journal of Insect Science. 2024. Vol. 24(3). ieae045. DOI: 10.1093/jisesa/ieae045.

13. Öztürk G., Arıkan H., Öztürk G. Investigation of Hemocyte Types in Lepisma saccharina // MAS Journal of Applied Sciences. 2024. Vol. 9(4). P. 1040–1047. DOI: 10.5281/zenodo.14325733.

14. Panzani R.C., Ariano R. Arthropods and invertebrates allergy (with exclusion of mites): panallergens // Allergy. 2001. Vol. 56. Suppl. 67. P. 1–22.

15. Pohl L. Vergleichende anatomisch-histologische Untersuchungen an Lepisma saccharina L. und Atelura formicaria // Insectes Sociaux. 1957.

16. Querner P., Szucsich N., Landsberger B., Erlacher S., Trebicki L., Grabowski M., Brimblecombe P. Identification and Spread of the Ghost Silverfish (Ctenolepisma calvum) among Museums and Homes in Europe // Insects. 2022. Vol. 13(9). 855. DOI: 10.3390/insects13090855.

17. Robla J., Gaju-Ricart M., Molero-Baltanás R. Assessing the Diversity of Ant-Associated Silverfish in Mediterranean Countries // Diversity. 2023. Vol. 15. 635.

18. Sahrhage D. Beitrag zur Biologie und Ökologie von Thermobia domestica Packard und Lepisma saccharina L. // Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. 1954.

19. Шаров А.Г. Развитие щетинохвосток (Thysanura, Apterygota) в связи с проблемой филогенеза насекомых // Труды Института морфологии животных. 1953. Т. VIII. С. 63–127.

20. Широков В.Н. Сенсорные органы на антеннах, церках и парацерке личинок и имаго сахарной чешуйницы Lepisma saccharina L., 1758 // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2017. Т. 122(5). С. 11–19.

21. Тураев О.С., Сафаров М.М. Чешуйница сахарная — вредитель пчел в Узбекистане // Пчеловодство. 2019. №2. С. 64.

22. Boquete M., Iraola V., Morales M. et al. Sensitization to Blattella germanica and other arthropods in respiratory allergic children // Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology. 2008.

23. Barletta B., Butteroni C., Puggioni E.M.R. et al. Molecular cloning, expression and immunological characterization of Per a 3 allergen // Clinical and Experimental Allergy. 2007.

24. https://itis.gov/itisdownload/itisdownload4.do

UDC: 611.085.1: 612.332.72: 616.89

EACTIVE CHANGES OBSERVED IN THE KIDNEYS OF RATS UNDER AUDIOGENIC STRESS

A.S. Ilyasov, doctor of biological sciences, prof., Navoi Innovation University, Navoi
B.A. Mamarajabova, Independent Researcher, Karakalpak State University named after Berdakh, Nukus

Аннотация. *Назорат гуруҳида «СтР»да (стандарт рацион) каламушлар кунига 20 г аралаш ем истеъмол қилди: оқсиллар — 24%, ёғлар — 6%, углеводлар — 44% ҳамда тоза сув қабул қилди. Бир каламуш учун суткасига 66,0 ккал берилди.Тажриба гурухида «СтР» ўсаётган беш ойлик каламушларни 30 кун давомида аудиоген стресс чакирилди. Акустик таъсир махсус камерада 30 кун давомида ҳар куни 90 дақиқадан қўлланилди. Тадқикот натижаларидан олинган морфометрик кўрсаткичлар аудиоген стресс таъсирида каламушлар буйрагида кузатиладиган микроморфологик узгаришлар: коптокчанинг кичрайиши ва каналчаларнинг компенсатор гипертрофиясига олиб келади. Аудиоген стресснинг коптокчаларга бўлган ингибитор таъсири унинг буйрак фильтрациясини асосий патогенетик механизми бўлиши мумкин ва стрессга чалинган буйрак касалликларини ташхислашда муҳим мезон булиб хизмат килади.*

Калит сўзлар: *Каламуш, стандарт рацион, буйрак, нефрон, аудиоген стресс.*

Аннотация. *В контрольной группе крысы получали стандартный рацион (СР), включавший 20 г комбикорма в сутки: белки — 24%, жиры — 6%, углеводы — 44%, а также чистую воду. Каждая крыса получала 66,0 ккал в сутки. В экспериментальной группе пятимесячные растущие крысы, содержавшиеся на стандартном рационе, подвергались аудиогенному стрессу в течение 30 дней. Акустическое воздействие осуществлялось в специальной камере по 90 минут ежедневно на протяжении 30 дней. Полученные в ходе исследования морфометрические показатели свидетельствуют о том, что*

микроморфологические изменения, выявленные в почках крыс при аудиогенном стрессе, а именно уменьшение размеров клубочков и компенсаторная гипертрофия канальцев, обусловлены воздействием данного стрессора. Тормозящее влияние аудиогенного стресса на клубочковый аппарат может являться одним из основных патогенетических механизмов нарушения фильтрационной функции почек и, следовательно, может служить важным критерием при диагностике стресс-ассоциированной патологии почек.

Ключевые слова: *крыса, стандартный рацион, почка, нефрон, аудиогенный стресс.*

Abstract. *In the control group, under the "SR" (standard ration), rats consumed 20 g of mixed feed per day: proteins — 24%, fats — 6%, carbohydrates — 44%, and received clean water. Each rat was provided with 66.0 kcal per day. In the experimental group, five-month-old growing rats maintained on the "SR" were subjected to audiogenic stress for 30 days. Acoustic exposure was applied in a special chamber for 90 minutes daily over a 30-day period. The morphometric parameters obtained from the study results indicate that the micromorphological changes observed in the kidneys of rats under audiogenic stress — namely, shrinkage of the glomeruli and compensatory hypertrophy of the tubules — are induced by this stressor. The inhibitory effect of audiogenic stress on the glomeruli may serve as a principal pathogenetic mechanism of renal filtration impairment, and may thus constitute an important criterion in the diagnosis of stress-associated renal pathology.*

Keywords: *Rat, standard ration, kidney, nephron, audiogenic stress.*

Nowdays, the protection of public health is aimed at reducing harmful and hazardous factors affecting the human body under working conditions. Physical factors in the labour process — noise, illumination, microclimate — as well as the widespread prevalence of metabolic risk factors such as physical inactivity, poor nutrition, excess body weight and obesity, require an integrated approach in preventive medicine and occupational hygiene.

In assessments by the WHO and the ILO, workplace noise is also included as one of the occupational factors. In recent years, the global scale of work-related health problems has become increasingly evident. In modern occupational hygiene, noise is regarded as one of the physical factors of particular importance. Exposure to noise exceeding permissible levels and over prolonged periods may affect not only hearing ability but also the functional systems of the body. The regulation and measurement of workplace noise are considered important tasks of preventive occupational hygiene. In the Republic of Uzbekistan, this issue is being progressively strengthened. In particular, the Law of the Republic of Uzbekistan No. ORQ–1171 "On the Protection of the Population from the Harmful Effects of Noise", adopted on 9 September 2026, defines the permissible noise level as a level that does not cause serious changes in the functional systems of the human body. The Law provides for the separate establishment of permissible noise levels in workplaces, the assessment of the harmful effects of noise, and measures for protection against it [1]

Kidney-related effects arising from simultaneous and isolated exposure to noise have been studied. Noise exposure decreased the levels of albumin, uric acid, cholesterol and urea, while it increased the levels of creatinine, glucose and triglycerides. In renal tissue, noise induced pronounced glomerular disorganization, shrinkage of glomerular cells, and an indistinct brush border [2].

In a study, noise exposure was found to significantly aggravate systemic inflammation and renal dysfunction in Wistar rats, leading to structural damage of the kidney. Renal function biomarkers (urea and creatinine), together with the results of histopathological analysis, collectively demonstrated the most severe lesions in the combined exposure group, such as glomerular collapse, tubular necrosis, vascular congestion and interstitial inflammation. These findings underscore the necessity of taking into account the combined action of physical and chemical environmental stressors, and call for stricter regulatory policy and targeted preventive strategies to reduce renal risks [3.4].

The comprehensive assessment of the relationship between the hygienic state of noise in modern working conditions, its effects on workers' organisms, and the prevalence of metabolic risk factors emerges as an issue that requires sufficient scientific substantiation. Therefore, in this study,

it is expedient to adopt an approach based on the logical chain of: the working environment—noise and lighting—the functional state of the organism—anthropometric and metabolic indicators—metabolic risk—prevention. This approach unites the objectives of occupational hygiene and preventive medicine, thereby enabling the development of a comprehensive preventive model aimed at reducing harmful factors in the workplace while simultaneously ensuring the early detection and prevention of metabolic risks.

The study involved 25 six-month-old Wistar rats, including: animals of the control group, in which the morpho-functional parameters observed in the kidney (under the "StD" — standard diet) were assessed while maintained on a standard ration, and the experimental group, in which an audiogenic stress model was induced in order to evaluate the morphological and morphometric changes in renal structure.

During the study, five-month-old rats were kept under quarantine conditions for a period of one week. Following the absence of any somatic or infectious disease, they were transferred to standard vivarium conditions.

Control group: Under the "StD" (standard diet), a total of (n = 13) rats consumed 20 g of mixed feed per day: proteins — 24%, fats — 6%, carbohydrates — 44%, and received purified water. Each rat was provided with 66.0 kcal per day [5]. Experimental group: five-month-old growing rats (n = 15) maintained under the "StD" were subjected to the sensory disintegration method (audiogenic stress exposure) over a period of 30 days. Acoustic exposure was applied in a specially designed chamber for 30 days, for 90 minutes daily. For morphological analysis, the collected tissue samples were fixed in 10% formalin for 24 hours. Sections of 3–5 μm in thickness were obtained using a microtome. To stain the sections with hematoxylin-eosin, serial sections were subjected to deparaffinization and dehydration. Subsequently, they were stained using the hematoxylin-eosin method, and a histological examination was performed under a microscope.

The quantitative parameters obtained were systematized and expressed in the M ± m format, where M denotes the arithmetic mean of the sample and m represents the standard error of the arithmetic mean. The number of animals in each experimental and control group was strictly determined. To assess the statistical significance of intergroup differences, the parametric Student's t-test for independent samples was applied. Differences were considered statistically significant at $P < 0.05$.

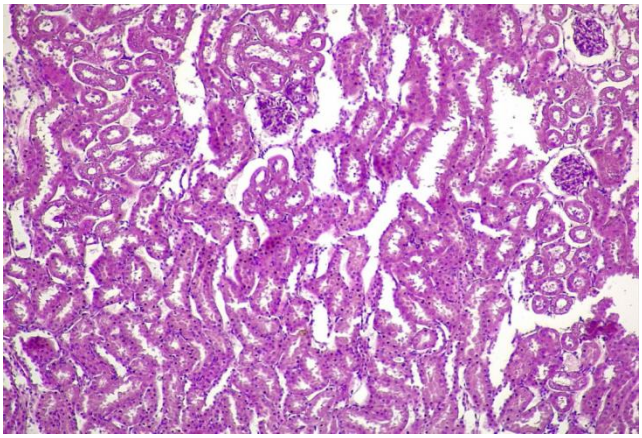


Figure 1. Microscopic structure of the distal and proximal convoluted tubules in the rat kidney under audiogenic stress exposure; 1. renal glomerulus. 2. proximal tubule. 3. collecting duct. 4. glomerular capsule. Stained with hematoxylin-eosin. Magnification: ocular ×10, objective ×20.

In the rats of the experimental group exposed to audiogenic stress, the width of the renal glomeruli ranged from 45.0 to 65.0 μm, while their height ranged from 40.0 to 55.0 μm. The width of the lumen of the Shumlyansky–Bowman capsule ranged from 6.0 to 11.0 μm. The microscopic structure of the proximal and distal convoluted tubules of the kidneys in the rats of the experimental group subjected to audiogenic stress is presented in Figure 1. The convoluted tubules appeared as tubular channels in cross-section, the wall of which consisted of a single layer of round, large-nucleated cells. The microscopic structure of the collecting tubules of the rats' kidneys under noise exposure is presented in Figure 2.

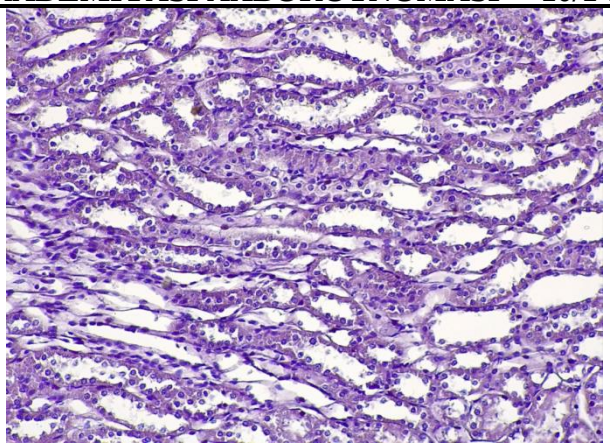


Figure 2. Microscopic structure of the collecting ducts in the rat kidney under audiogenic stress exposure; 1. renal glomerulus. 2. proximal tubule. 3. collecting duct. 4. glomerular capsule. Stained with hematoxylin-eosin. Magnification: ocular ×10, objective ×20.

The lumen diameter of the proximal convoluted tubules of the nephron ranged from 18.0 to 25.0 μm, while the wall thickness ranged from 7.0 to 10.0 μm. The lumen diameter of the distal convoluted tubules ranged from 20.0 to 25.0 μm, while the wall thickness ranged from 6.0 to 9.0 μm.

In the medulla of the kidney, there are pyramids consisting of collecting ducts devoid of renal glomeruli. Under the microscope, the collecting ducts appear as longitudinally sectioned tubules arranged in a uniform direction. Between the tubules, in the layers of connective tissue, blood vessels containing erythrocytes are located. The microscopic structure of the collecting ducts in the medulla of the rats' kidneys under noise exposure is presented in Figure 3. In the examination of the renal cortex, it was determined that the lumen diameter of the collecting ducts ranged from 15.0 to 25.0 μm, while the wall thickness ranged from 8.0 to 12.0 μm.

The morphometric parameters of the renal nephrons in rats under audiogenic stress exposure are presented in the table.

The renal glomerulus filters a large volume of blood, while the tubular system converts this filtrate into urine through reabsorption and the secretion of water and dissolved substances.

A comparative analysis of the morphofunctional changes in the renal nephrons of rats under audiogenic stress exposure was carried out. The parameters in the experimental groups were statistically evaluated relative to the control group, and the differences between the stress exposures were identified.

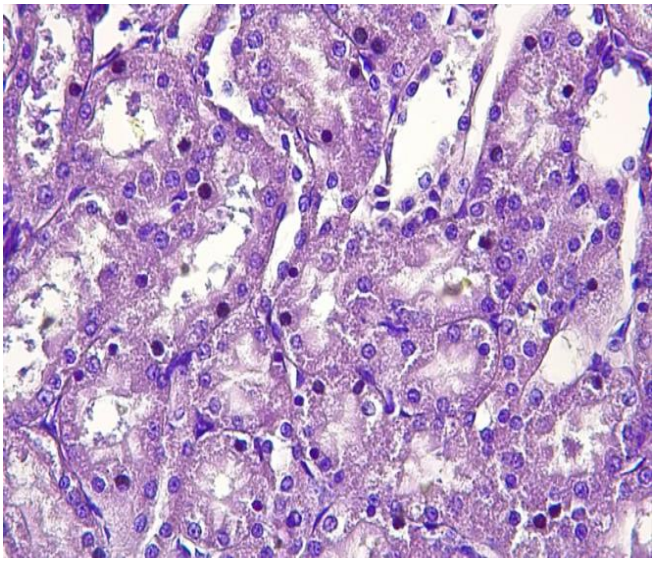


Figure 3. Microscopic structure of the collecting ducts in the rat kidney under audiogenic stress exposure; 1. collecting duct. 4. cell nucleus. Stained with hematoxylin-eosin. Magnification: ocular ×10, objective ×20.

In the control group rats of the experiment, the width of the renal glomerulus constituted 67.2 ± 1.9 μm. In the experimental rats exposed to audiogenic stress, the glomerular width decreased to 56.1 ± 1.64 μm (by 16.5%). Relative to the control, this indicated an increase of 18.8%. The highest

value of renal glomerular width was observed under audiogenic stress (56.1 ± 1.64 μm). The statistical significance of the differences between the experimental groups can be observed.

Morphometric Parameters of Renal Nephrons in Rats under Audiogenic Stress Exposure

Groups / Indicators (μm)	Audiogenic stress	Control
width of the renal glomerulus	56,1±1,64	67,2±1,9
height of the renal glomerulus	48,8±1,23	63,5±1,8
width of the lumen of the glomerular capsule	9,1±0,41	10,1±0,5
lumen diameter of the proximal tubule	21,1±0,57	18,3±0,6
proximal tubular lumen diameter	8,5±0,25	6,4±0,2
lumen diameter of the distal tubule	22,1±0,41	20,5±0,5
wall thickness of the distal tubule	7,6±0,25	5,9±0,2
collecting duct lumen diameter	19,9±0,82	16,4±0,7
collecting duct wall thickness	9,9±0,33	7,9±0,3

In the control group rats, the height of the renal glomerulus constituted 63.5 ± 1.8 μm; in the group of animals subjected to audiogenic stress, this parameter decreased to 48.8 ± 1.23 μm (by 23.1%), while a value close to that of the control was retained. With respect to glomerular height, audiogenic stress was shown to sharply reduce both the width and the height of the glomerulus.

Among the renal structures, the width of the lumen of the glomerular capsule in the control constituted 10.1 ± 0.5 μm, whereas under audiogenic stress it increased to 9.1 ± 0.41 μm (by 9.9%). The thickening of the glomerular capsule to 13.9 ± 0.57 μm indicated active hypertrophy of the glomerular basement membrane. Among the renal structures of the experimental rats, the lumen diameter of the proximal tubule in the control constituted 18.3 ± 0.6 μm, whereas under audiogenic stress it changed to 21.1 ± 0.57 μm (by 15.3%).

Prolonged exposure to occupational noise affects the level of indicators associated with renal function, thereby leading to an increase in renal dysfunction. In particular, individuals chronically exposed to noise should undergo regular medical examinations and should focus on the early detection and treatment of noise-related diseases. Occupational health surveillance and management should be strengthened, and noise in the workplace should be reduced. Workers should raise their awareness of self-protection and adopt personal protective measures. Furthermore, the appropriate promotion of the use of personal protective equipment may be recommended in order to enhance intervention and protection for workers exposed to occupational noise [5].

In the control rats, the proximal tubular wall thickness of the kidney constituted 6.4 ± 0.2 μm, whereas in the experimental group of animals under audiogenic stress it changed to 8.5 ± 0.25 μm (by 32.8%). On analysis, the difference between the audiogenic stress groups was not statistically significant. The lumen diameter of the distal tubule of the kidney in the control constituted 20.5 ± 0.5 μm, and under audiogenic stress it constituted 22.1 ± 0.41 μm (by 7.8%). The wall thickness of the distal tubule of the kidney constituted 5.9 ± 0.2 μm, and under audiogenic stress it changed to 7.6 ± 0.25 μm (by 28.8%). Statistical analysis between the audiogenic stress groups revealed a reliable thickening of the distal tubular wall.

In the control animals, the lumen diameter of the collecting duct of the kidney constituted 16.4 ± 0.7 μm, and under audiogenic stress we observed that it changed to 19.9 ± 0.82 μm (by 21.3%). In the control group, the wall thickness of the collecting duct of the rat kidney constituted 7.9 ± 0.3 μm, and under audiogenic stress it measured 9.9 ± 0.33 μm (by 25.3%). The differences between the experimental groups were statistically significant.

As a result of the experiment, the audiogenic stress factor exerted a significant effect on the morphometric parameters of the components of the renal nephron.

In the experiment, audiogenic stress, unlike other stressors, led to a sharp decrease in the dimensions of the renal glomerulus: the glomerular width was 56.1 ± 1.64 μm (a 16.5% decrease relative to the control), and its height was 48.8 ± 1.23 μm (a 23.1% decrease), exhibiting the lowest values. Audiogenic stress led to an increase in the lumen diameters and wall thicknesses of the tubules, which indicates compensatory hypertrophy of the tubules under conditions of glomerular atrophy.

The effects of short-term and long-term sound stress on a daily basis may influence avian physiology, since birds are more sensitive to sound stress in an open environment [6].

Thus, in the experiment, under the influence of audiogenic stress, the structural parameters of the renal nephrons of rats were as follows: while a decrease of up to 8.0% was observed in the width and height of the renal glomeruli, an increase relative to the control group was observed in the width of the lumen of the Shumlyansky–Bowman capsule and the lumen diameter of the proximal tubules by up to 9.8%; in the wall thickness of the proximal tubules by 15.8%; and in the lumen diameter and wall thickness of the distal tubules by up to 19.2%.

Under audiogenic stress, this leads to shrinkage of the glomerulus and compensatory hypertrophy of the tubules. The inhibitory effect of audiogenic stress on the glomeruli may serve as the principal pathogenetic mechanism of its effect on renal filtration. The morphometric parameters obtained from the study results serve as important criteria for understanding the mechanisms of the effect of audiogenic stress on renal structures and for the diagnosis of stress-related renal diseases.

REFERENCES:

1. Law of the Republic of Uzbekistan No. LRU–1171 "On the Protection of the Population from the Harmful Effects of Noise," adopted on 9 September 2026.

2. Amirreza Abouee-Mehrizi, Yahya Rasoulzadeh, Mehran Mesgari-Abbasi, Ahmad Mehdipour, Abbas Ebrahimi-Kalan, /Nephrotoxic effects caused by co-exposure to noise and toluene in New Zealand white rabbits: A biochemical and histopathological study//, Life Sciences, Volume 259,2020,118254, ISSN 0024-3205, https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118254.

3. Ben Attia, T., Horchani, M., Salhi, M., Dhifallah, Z., Ksentini, M., Ben Jannet, H., & Mhamdi, A. (2026). Nephroprotective Potential of Olea europaea Leaf Extract Against Combined Noise and Toluene-Induced Oxidative and Histopathological Renal Injuries in Wistar Rats.*Chemistry & biodiversity*,*23*(1), e02857. https://doi.org/10.1002/cbdv.202502857

4. Ben Attia, T., López-Maldonado, E. A., Galai, S., Bel Haj Kacem, L., & Mhamdi, A. (2025). Nephrotoxic effects of combined exposure to 85 dB(a) noise and 300 ppm toluene in Wistar rats: biochemical and histopathological analysis. Toxicology research, 14(4), tfaf116. https://doi.org/10.1093/toxres/tfaf116

5. Бирулина и бошқ., 2020..... Бирулина Ю.Г., Воронкова О.В., Иванов В.В., Буйко Е.Е., Щербакова М.М., Чернышов Н.А. и Мотлохова Е.А. Маркеры системного воспаления у крыс в модели диет-индуцированного метаболического синдрома. Вестник Российского государственного медицинского университета, (4), 43-49. doi: 10.24075/vrgmu.2022.043

6. Корнеева Е. В., Сергазы Ш. Д, Шульгау З. Т., Белова Е. А., Кривых Е. А. Разработка модели метаболического синдрома у крыс // Фундаментальные и прикладные проблемы здоровьесбережения человека на Севере : сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Сургут, 27 октября 2020 года. – Сургут, 2020. – С. 27–38.

7. Zhang, J., Qiu, L., Liu, Z., Liu, J., Yu, B., Liu, C., Ren, B., Zhang, J., Li, S., Guan, Y., Zheng, F., Yang, G., & Chen, L. (2024). Circadian light/dark cycle reversal exacerbates the progression of chronic kidney disease in mice. *Journal of pineal research*, *76*(4), e12964. https://doi.org/10.1111/jpi.12964

8. Amjad R, Ruby T, Ali K, Asad M, Imtiaz A, et al. (2024) Exploring the effects of noise pollution on physiology and ptilochronology of birds. PLOS ONE 19(6): e0305091. https://doi.org/10.1371/journal.pone.030509

UDC 616-056.5 /612.359+ 615.89

METABOLIC SYNDROME AND MORPHO-PHYSIOLOGICAL CHANGES IN THE LIVER OF RATS UNDER VARIOUS STRESS CONDITIONS, AND THE ROLE OF PHYTOCORRECTION AND PHYSICAL EXERCISE IN THEIR PREVENTION

A.S. Ilyasov, d.b.s., prof., Navoi Innovation University, Navoi
N.E. Djumanova, Senior Lecturer, Independent Researcher, Karakalpak State University, Nukus
B.N. Toshmamatov, PhD, Associate Professor, Institute of Medicine and Bioengineering, Zarmed University, Samarkand

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqot stress ta'siriga uchragan metabolik sindromli kalamushlar jigaridagi morfofiziologik o'zgarishlarni hamda qora sedana (Nigella sativa) moyi va jismoniy mashqlar yordamida fitokorreksiyaning profilaktik ta'sirini o'rgandi. Yetuk Wistar zotli kalamushlar standart ratsiondagi nazorat guruhi ("StR") hamda 60 kunlik yuqori yog'li-uglevodli parhez (HFHCD), gipodinamiya va shovqin-yorug'lik stressiga duchor qilingan tajriba guruhiga bo'lindi. Keyingi 30 kunlik tiklanish davrida standart ratsioonga qaytish, mo'tadil yugurish mashqlari va qora*

sedana moyini qo'llash jigar to'qimasining o'zgarishlarini oldini oldi va normal gistotuzilmani tikladi. Morfologik jihatdan bu tiklanish jarayoni to'qimaning faol regeneratsiyasidan dalolat beruvchi ikki yadroli gepatotsitlar sonining ortishi bilan namoyon bo'ldi.

Kalit so'zlar: *metabolik sindrom, semizlik, standart parhez, jismoniy mashqlar, yog' miqdori yuqori bo'lgan parhez, uglevod miqdori yuqori bo'lgan parhez, sirkadli dezinxroniya.*

Аннотация. *В данном исследовании изучались морфофизиологические изменения печени у крыс с метаболическим синдромом, подвергшихся воздействию стресса, а также оценивался профилактический эффект фитокоррекции маслом чёрного тмина (Nigella sativa) в сочетании с физическими упражнениями. Взрослые крысы линии Wistar были разделены на контрольную группу на стандартном рационе («StR») и экспериментальную группу, подвергнутую 60-дневной высокожировой и высокоуглеводной диете (HFHCD), гиподинамии, а также шумовым и световым стрессорам. В течение последующего 30-дневного восстановительного периода возврат к стандартному рациону наряду с умеренным бегом и применением масла чёрного тмина предотвратил структурные изменения в печени и восстановил её нормальную архитектуру. Морфологически это восстановление характеризовалось увеличением числа двуядерных гепатоцитов, что свидетельствует об активной регенерации ткани.*

Ключевые слова: *метаболический синдром, ожирение, стандартный рацион, физические упражнения, высокожировая диета, высокоуглеводная диета, световой десинхроноз.*

Abstract. *This study investigated the morpho-physiological changes in the liver of metabolic syndrome rats exposed to stress, and evaluated the preventive effects of phytocorrection (Nigella sativa oil) combined with physical exercise. Male Wistar rats were divided into a control group on a standard ration ("StR") and an experimental group subjected to a 60-day high-fat high-carbohydrate diet (HFHCD), hypodynamia, and light-noise stressors. During a subsequent 30-day recovery period, returning to a standard diet alongside moderate treadmill running and black cumin seed oil administration successfully prevented hepatic structural changes and restored normal liver architecture. Morphologically, this recovery was characterized by an increased number of binucleated hepatocytes, indicating active tissue regeneration.*

Key words: *metabolic syndrome, obesity, standard ration, physical exercise, high-fat diet, high-carbohydrate diet, light desynchronosis*

Introduction. Per results published by the World Health Organization in 2022, obesity is a risk factor for metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, arterial hypertension (Djumanova N.E. and Toshmamatov B.N., 2025), atherosclerosis, non-alcoholic fatty liver disease and multiple other pathological conditions.

The main reason of excess body weight and obesity is an unbalanced diet nevertheless, comprised primarily of saturated fatty acids and large amounts of refined easily digestible carbohydrates. This type of diet induces metabolic changes in the liver, which may eventually lead to liver dysfunction [1].

Among the most common and typical for obesity pathological conditions are excessive accumulation of neutral lipids in hepatocytes (lipid droplets)[2]. Currently, the global prevalence of non-alcoholic fatty liver disease has reached 25%, and the number of patients in receiving this diagnosis could increase by as much as 33.5% by year 2030[3]. While uncomplicated hepatic steatosis often has a benign clinical course, non-alcoholic steatohepatitis may advance to significantly more serious stages - fibrosis and ultimately cirrhosis. Such advancement might then lead to ascitic liver failure, and require radical surgical therapy such as liver transplantation [3].

In light of the fact that many diet-induced changes occurring at early stages of the disease can be revertible, it is necessary to find ways to oppose high-caloric nutrition action with respect to morphological and functional state of the liver [Ilyasov A.S., Djumanova N.E., 2025]. There is no question that the normalization of hepatic metabolism can be achieved only by stopping excess caloric

intake and left to a balanced dietary regimen, with normalized caloric content. Moreover, it is widely recognized that moderate exercise promotes health and helps reduce body weight.

Currently, researchers are focusing not only on the normalization of body weight but also on the establishment of proper dietary and physical exercise patterns that will restore compromised hepatic metabolism and other important physiological functions caused by obesity [4]. In this context, it is considered appropriate to explore the normalization of liver function through assessment of the relative contribution of experimental treatment methods such as switching from a high-caloric diet to an adequate balanced dietary scheme and the development of moderate physical exercise in conditions of different dietary caloric values.

Materials and methods. The study was conducted between 2023 and 2026 at the research laboratory of Navoi Innovation University.

- Group I (Control, n=14): Three-month-old rats were housed individually under standard conditions ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, 60–65% humidity, 10:14 light/dark cycle). They received 20 g of mixed feed daily (24% protein, 6% fat, 44% carbohydrate) and water *ad libitum* (66.0 kcal/rat/day).
- Group II (Experimental, n=16): Three-month-old rats were subjected to a high-fat/high-carbohydrate diet (HFHCD), continuous nighttime light (LAN), and daily audiogenic-vibroacoustic stress (110–115 dB) for 60 days. Afterwards, *Nigella sativa* seed oil was administered intragastrically for 30 days alongside a moderate treadmill training plan (15 m/min for 20 min, 5 days/week).

For morphological assessment, right liver lobe samples were cryo-sectioned at 4–6 μm using an HM 525 microtome-cryostat, fixed in 96% ethyl alcohol, and stained with hematoxylin and eosin. Statistical analysis was executed using Statistica 10.0, evaluating parameters via the Shapiro–Wilk test, Student's t-test, and Mann–Whitney U test, with significance set at $p \le 0.05$.

Results and discussion. The morphofunctional results of phytocorrection using a combination of black cumin oil and physical activity were evaluated in rats with liver injury induced by metabolic syndrome, chronic stress, and hypodynamia.

In the group receiving triple correction factors (standard diet, running, and black cumin seed oil) for 6 weeks, macroscopic examination of the liver revealed no pathological changes: the surface was smooth, uniformly dark red, and covered with a thin translucent capsule. Histological analysis showed that the hepatic tissue was relatively well-vascularized with a medium cell density. The general liver architecture remained unaffected, with radial distribution and enlarged sinusoids observed in several areas. Hepatocytes were polygonal with varying nuclear sizes and pale-staining karyoplasm. Hematoxylin-eosin staining revealed a granular cytoplasm pattern, with vacuolated cytoplasm in some regions, and binucleated hepatocytes were frequently encountered.

Following 3 weeks of phytocorrection with black cumin oil and physical exercise against the background of simulated metabolic syndrome, the following morphometric parameters were established: interlobular artery (internal diameter: 13.0–19.0 μm; wall thickness: 6.0–8.0 μm), hepatic sinusoidal capillary (internal diameter: 9.0–13.0 μm; wall thickness: 2.0–4 μm), and bile duct (interlobular bile duct internal diameter: 4.0–7 μm; wall thickness: 2–3 μm). An unmodified configuration of central veins and portal tracts was preserved. A reduced accumulation of formed elements in the blood was observed in certain regions of the central veins, with slight dilation occurring only in rare cases. Mild diffuse cellular infiltration was noted in the parenchyma near sinusoids and portal tracts.

As demonstrated by Basalay A.A. [5], moderate physical activity alone cannot resolve all biochemical and morphofunctional disturbances in the liver caused by a high-calorie diet. In contrast, other studies indicate that moderate training augments neuronal excitability, enhances central and autonomic nervous system functionality through synaptic plasticity, and stimulates angiogenesis in nervous tissue. Additionally, physical exercise triggers skeletal muscle contractions, which stimulate the release of humoral factors (myokines) that regulate whole-body metabolism across non-muscular organs.

Combined phytocorrection with black cumin oil and physical activity successfully prevented hepatic steatosis and liver injury associated with metabolic syndrome by normalizing body weight and attenuating visceral fat accumulation. These beneficial effects were achieved after 30 days of high-intensity physical activity and black cumin oil administration.

While moderate-intensity exercise alone may not rapidly reduce metabolic and functional hepatic parameters evoked by a hypercaloric diet, increased physical activity overall elevates the sensitivity of nerve fibers, enhances the functional capacity of the nervous system, and induces widespread systemic processes—such as synaptic plasticity, neurogenesis, and angiogenesis—that are essential for whole-body metabolic regulation.

Morphometric parameters (mm/1000 mm2) of the liver in rats after phytocorrection with black cumin oil and physical exercise, used under conditions of combined stress and hypokinetic metabolycygelsyndrome table 1[6].

Upon background of metabolic syndrome, induced in conditions of diverse stress and hypodynamia, the preservation from development of non-alcoholic fatty liver disease due to phytocorrection with black cumin oil and physical exercise by way of high-intensity physical activity over a period extending up to 30 days in the "HFHCD/StD + running + black cumin oil" group was accomplished owing to normalization of body mass and adypose tissue[7,10,11]. These represent the structural changes in the liver of rats with stress-dependent metabolic syndrome model and hypodynamia independently induced, followed by phytocorrection with black cumin oil and physical exercise visualization in Fig. 2

Table 1.

Morphometric parameters of liver structures in rats after phytocorrective action with black cumin oil and physical exercise against the background of metabolic syndrome.

№	Structure	Parameter	Control "StR"	Experimental group
1	Central vein	Internal diameter (μm)	61.1±0.87	62.3±1.01
		Wall thickness (μm)	7.56±0.26	7.22±0.28
2	Interlobular vein	Internal diameter (μm)	31.5±0.78	33.7±0.55
		Wall thickness (μm)	4.00±0.17	3.89±0.18
3	Interlobular artery	Internal diameter (μm)	14.6±0.52	15.4±0.55
		Wall thickness (μm)	7.06±0.17	7.50±0.18
4	Sinusoidal capillary	Internal diameter (μm)	11.3±0.35	11.4±0.37
		Wall thickness (μm)	3.19±0.17	3.00±0.18
5	Bile duct	Internal diameter (μm)	4.94±0.17	5.33±0.28
		Wall thickness (μm)	2.63±0.09	2.72±0.09

Note: "StR" — standard ration; * $p < 0.05$ — statistically significant (reliable) differences relative to the control group

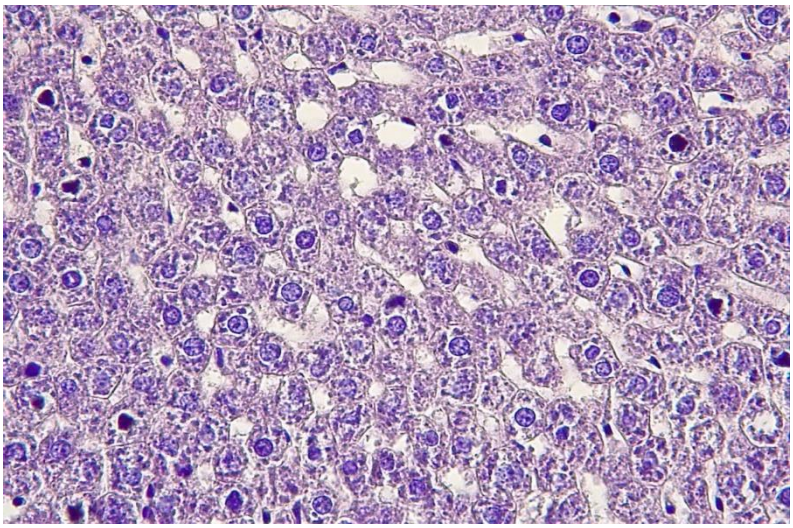


Figure 2. Morphofunctional changes detects in the liver of rats with metabotropic syndrome, induced in conditions of multi-factorial stress and hypodynamia at correction by phito-correction using black cumin oil and physical exercise: 1. Sinusoidal capillaries. 3. Space of Disse. 4. Hepatocytes. 5. Central vein. Hematoxylin and eosin stain. Ocular ×10, objective ×20.

Exercise induced positive changes in the morphological and oxidational parameters of hepatic lesions in rats with metabolic syndrome, stimulated by various stress factors and hypodynamia, and facilitated body mass normalization. This suggests that prolonged high-intensity physical exercise lasting 30 days which is capable of preventing the occurrence of obesity, might be effective in normalizing morphofunctional parameters of the liver when using a combination regimen with HFHCD/StD + running+black cumin oil[12].

One might view this effect as similar to that of a shift to a balanced diet, so long as the balance at the level of energy utilization in the organism is maintained. During studies that assessed recovery from the HFHCD to a chow diet, blood biochemistry nearly normalized and hepatic architecture largely restored; however, evidence of inflammatory infiltration remained in the liver[13].

A notable finding observed during the conducted experiments was an abundant number of binucleated hepatocytes, which illustrates that a regenerative process is actually taking place in hepatic parenchyma following the transitional change to a standard diet and treadmill running.

Conclusions.

1. Here, we demonstrate that (i) long-term (90-day) feeding of rats with a high-fat, high-carbohydrate diet triggered the development of fatty hepatosis in animals without exercise and dietary modification, with partial restoration of morphofunctional hepatic parameters attainable by exercise or dietary modifications only;
2. The total liver architecture of the rat in "HFHCD/StR + running + black cumin oil" experiment was restored to a relatively intact level. A combination of excess nutrition with exercise was able to successfully restore much liver morphophysiology in the rat. This process of regeneration was morphologically characterized by the increase in the number of binucleated hepatocytes that served as a structural marker of hepatocellular recovery.
3. Considering the objectives of this study we are justified to explore several experimentations with potential preventive methods; cessation of a high-fat high-carbohydrate diet, returning on a standard balanced dietary regimen and exercise, moderate physical exercise and black cumin oil supplementation under an average weight dietary regiment optained to restore hepatic histoarchitecture.

REFERENCES:

1. N. E. Djumanova and B. N. Toshmamatov, "Structure of the aortic wall in rats in a diet-induced model of metabolic syndrome," *European Journal of Modern Medicine and Practice*, vol. 5, no. 2, pp. 234–237, Feb. 2025. [Online]. Available: https://inovatus.es/index.php/ejmmp/article/view/5210

2. R. Sarwar, N. Pierce, and S. Koppe, "Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: Current perspectives," *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, vol. 11, pp. 533–542, 2018, doi: 10.2147/DMSO.S146339.

3. A. S. Ilyasov and N. E. Djumanova, "Model of fatty hepatosis in rats under a high-fat and high-carbohydrate diet," *Ekonomika i Sotsium*, no. 12(139), pp. 121–131, 2025.

4. R. Parker, "The role of adipose tissue in fatty liver diseases," *Liver Research*, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2018, doi: 10.1016/j.livres.2018.02.002.

5. A. S. Ilyasov and N. E. Djumanova, "Model of fatty hepatosis in rats under a high-fat and high-carbohydrate diet," *Ekonomika i Sotsium*, no. 12(139), pp. 121–131, 2025.

6. Y. Liu, G.-C. Zhong, H.-Y. Tan, F.-B. Hao, and J.-J. Hu, "Nonalcoholic fatty liver disease and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: A meta-analysis," *Scientific Reports*, vol. 9, no. 1, art. 11124, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-47687-3.

7. M. F. Abdelmalek, "Nonalcoholic fatty liver disease: Another leap forward," *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, vol. 18, no. 2, pp. 85–86, 2021, doi: 10.1038/s41575-020-00406-0.

8. A. S. Ilyasov and N. E. Djumanova, "Morphology of the liver of rats under high-fat and high-carbohydrate nutrition," in *Proc. Republican Scientific-Practical Conf. "The Contribution of Fundamental Sciences to the Development of Modern Medicine,"* Mar. 25–26, 2025, p. 137. [Online]. Available: https://uzresearch1.uz/index.php/UC/issue/view/18

9. M. Açıkel Elmas, N. Atay, Ö. Bingöl Özakpınar, S. Arbak, M. Kolgazi, G. Şener, and F. Ercan, "Exercise high-fat-diet induced liver damage in rats: Morphological evaluation of effects of exercise on high-fat-diet-induced liver damage in rats," *Turkish Journal of Gastroenterology*, vol. 31, no. 9, pp. 626–632, 2020, doi: 10.5152/tjg.2020.19638.

10. A. A. Basalay, "Morphofunctional state of the liver of male Wistar rats under diet-induced obesity and its correction," *Vestsi Natsyyanal'nai Akademii Navuk Belarusi. Seryya Medytsynskikh Navuk*, vol. 19, no. 3, pp. 308–320, 2022, doi: 10.29235/1814-6023-2022-19-3-308-320.

11. B. Mahalakshmi, N. Maurya, S.-D. Lee, and V. Bharath Kumar, "Possible neuroprotective mechanisms of physical exercise in neurodegeneration," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 21, no. 16, art. 5895, 2020, doi: 10.3390/ijms21165895.

12. S. Kim, J. Y. Choi, S. Moon, D. H. Park, H. B. Kwak, and J. H. Kang, "Roles of myokines in exercise-induced improvement of neuropsychiatric function," *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*, vol. 471, no. 3, pp. 491–505, 2019, doi: 10.1007/s00424-019-02253-8.

UO'K: 579.64

KALIDIUM CASPICUM BILAN ASSOTSIATSIYALANGAN GALOTOLERANT BAKTERIYALARNI AJRATISH VA ULARNING ERIMAYDIGAN KALIY BIRIKMALARINI ERITISH XUSUSIYATINI BAHOLASH

M.Z. Isoqulov, tayanch doktorant, O'zRFA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
N.Sh. Azimova, PhD, kat.i.x., O'zRFA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
S.I. Zakiryayeva, PhD, kat.i.x., O'zRFA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
A.X. Xayrullaev, kich.i.x., O'zR FA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
X.M. Hamidova, b.f.n., kat.i.x., O'zRFA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
H.X. Karimov, PhD, kat.i.x., O'zRFA Mikrobiologiya instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Tuproq sho'rlanishi qishloq xo'jaligi ekinlarining o'sishi va mahsuldorligini cheklovchi muhim abiotik omillardan biridir. Ushbu tadqiqotda sho'rlangan hududlarda o'suvchi Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb. bilan assotsiatsiyalangan bakteriyalar ajratib olinib, ularning tuzga chidamliligi va erimaydigan kaliy birikmalarini eritish xususiyati baholandi. O'simlikning ichki to'qimalari va ildiz rizosferasidan jami 120 ta bakterial izolyat ajratildi. NaCl va Na_2SO_4 ning yuqori konsentratsiyalarida o'sish qobiliyatini saqlagan 72 ta galotolerant izolyat orasidan 13 tasi Aleksandrov agar muhitida turli darajada kaliy eritish faolligini namoyon qildi. MALDI-TOF tahliliga ko'ra, Bacillus rugosus 52, B. rugosus 59, B. atrophaeus 62, B. cabrialesii 66, B. halotolerans 159, B. halotolerans 375 va B. rugosus379 izolyatlari yuqori faollik ko'rsatdi. Olingan natijalar ushbu galotolerant bakteriyalarning sho'rlangan tuproqlarda kaliyning biologik mavjudligini oshirishga qaratilgan keyingi tadqiqotlar uchun istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *Kalidium caspicum, tuproq sho'rlanishi, tuz stresi, galotolerant bakteriyalar, izolyat, kaliy.*

Аннотация. *Засоление почвы является одним из основных абиотических стрессовых факторов, ограничивающих рост и продуктивность сельскохозяйственных культур. В данном исследовании были выделены бактерии, ассоциированные с галофитом Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb., произрастающим в засоленных условиях, и изучены их солеустойчивость и способность солюбилизировать нерастворимые соединения калия. Из внутренних тканей растения и его корневой ризосферы было выделено 120 бактериальных изолятов. Из 72 галотолерантных изолятов, способных расти при высоких концентрациях NaCl и Na_2SO_4, 13 проявили калий-солюбилизирующую активность на агаризованной среде Александрова. По результатам MALDI-TOF анализа, Bacillus rugosus 52, B. rugosus 59, B. atrophaeus 62, B. cabrialesii 66, B. halotolerans 159, B. halotolerans 375 и B. rugosus 379 характеризовались высокой активностью. Полученные данные указывают на перспективность этих галотолерантных бактерий для дальнейшего изучения их роли в повышении биодоступности калия в засоленных почвах и разработки микробиологических подходов к улучшению питания растений в условиях солевого стресса.*

Ключевые слова: *Kalidium caspicum, засоление почвы, солевой стресс, галотолерантные бактерии, бактериальные изоляты, калий.*

Abstract. *Soil salinization represents one of the major abiotic constraints limiting the growth and productivity of agricultural crops. In the present study, bacteria associated with the halophytic plant Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb., naturally occurring in saline environments, were isolated and subsequently evaluated for their salt tolerance and ability to solubilize otherwise insoluble potassium-bearing compounds. A total of 120 bacterial isolates were recovered from the internal tissues and root rhizosphere of the plant. Among the 72 halotolerant isolates that retained their ability*

to grow under elevated concentrations of NaCl and Na_2SO_4, 13 isolates exhibited varying levels of potassium-solubilizing activity when screened on Aleksandrow agar medium. According to MALDI-TOF analysis, isolates Bacillus rugosus 52, B. rugosus 59, B. atrophaeus 62, B. cabrialesii 66, B. halotolerans 159, B. halotolerans 375, and B. rugosus 379 demonstrated comparatively high potassium-solubilizing activity. The findings indicate that these halotolerant bacterial isolates represent promising candidates for further investigation aimed at enhancing the bioavailability of potassium in saline soils and may have potential for the development of microbial-based approaches to improving nutrient availability under salt-stress conditions.

Key words: *Kalidium caspicum, soil salinization, salt stress, halotolerant bacteria, bacterial isolates, potassium.*

Kirish. Tuproq shoʻrlanishi yogʻingarchilikning kamligi va yuqori harorat sharoitida Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} va K^+ kabi eruvchan ionlarning tuproq eritmasidagi konsentratsiyasi ortishi bilan tavsiflanadi. Qishloq xoʻjaligi faoliyati, xususan, sifatsiz sugʻorish suvidan foydalanish, nomuvofiq agrotexnik tizimlarni qoʻllash hamda mineral oʻgʻitlar va pestitsidlarni ortiqcha miqdorda ishlatish tuproqlarning shoʻrlanish jarayonini jadallashtiradi. Natijada tuproqning unumdorligi, sifat koʻrsatkichlari va oʻsimliklar uchun qulay agroekologik xususiyatlari pasayadi [1,2,3]

Tuproq shoʻrlanishi Respublikamizning hududlaridagi jiddiy ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Sirdaryo viloyati Oʻzbekiston iqtisodiyotining qishloq xoʻjaligi sektorida muhim va strategik ustuvor oʻrin tutadi [4].

Galofitlar tuzga juda chidamli oʻsimliklarboʻlib, shoʻr-ishqoriy muhitda oʻsadi. Tanlangan oʻ*simlik-Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb.* — Kaspiy shoxilagi, kaspiy potashnik. Yarim buta. Shoʻrxok tuproqlarda va suv havzalari qirgʻoqlarida oʻsadi. Tekislik hududlarida tarqalgan [5]. Oʻsimliklar rizosferasida oʻsimliklar va tuproq oʻrtasidagi turli xil oʻzaro ta'sirlarni vositachilik qiladigan murakkab bakterial jamoalar mavjud.

Oʻsimliklarning ildizlari bilan birgalikda rivojlanadigan oʻsimliklarning oʻsishini ragʻbatlantiruvchi bakteriyalar oʻsimliklarning oʻsishi va hosildorligini yaxshilash uchun tuz stressini yumshatadi, bu esa oʻzlarining osmotolerans, osmolit toʻplanishi, simbiotik boʻlmagan azot fiksatsiyasi, muhim oʻsimlik ozuqa moddalarining erishi va minerallashishi hamda foydali oʻsimlik gormonlarini ishlab chiqarish mexanizmlari orqali amalga oshiriladi. Oʻsimliklarning oʻsishini ragʻbatlantiruvchi bakteriyalar oʻsimliklarda tuz stressiga chidamlilikni keltirib chiqarishi shoʻr tuproqlar uchun tejamkor yechim topish va qishloq xoʻjaligi ekinlari hosildorligini oshirish uchun oʻrganilgan [6].

Kaliy (K) azot (N) va fosfordan (P) keyin oʻsimliklarning normal oʻsishi va rivojlanishi uchun zarur boʻlgan muhim makroelementlardan biri hisoblanadi. U fotosintez, oqsil va kraxmal biosintezi, fermentlar faollashuvi kabi muhim metabolik jarayonlarni boshqarishda hamda oʻsimliklarning patogen mikroorganizmlarga nisbatan chidamliligini oshirishda muhim fiziologik rol oʻynaydi [7].

Kaliy tanqisligi koʻpincha kislotali, shoʻrlangan, qumli hamda ortiqcha namlangan (suv bilan toʻyingan) tuproqlarda uchraydi va oʻsimliklarning oʻsishi hamda rivojlanishini sezilarli darajada cheklaydi [8,9]. Tuproqda koʻplab kaliy birikmalarini parchalovchi bakteriyalar aniqlangan boʻlib ularga Pseudomonas spp., Bacillus mucilaginosus, B. circulans, B. edaphicus, Acidithiobacillus ferrooxidans, Burkholderia spp. va Paenibacillus spp. kabi bakteriyalar koʻplab tadqiqotlarda oʻrganilgan [10,11,12].

Kaliy mobilizatsiyalovchi bakteriyalar shoʻrlangan sharoitlarda oʻsimliklarning oʻsishi va mahsuldorligini yaxshilashga xizmat qiluvchi mikroorganizmlar boʻlib, ular murakkab kaliy birikmalarini oʻsimliklar tomonidan oʻzlashtirilishi mumkin boʻlgan sodda shakllarga parchalash orqali tuproqdagi kaliyning biologik mavjudligini oshiradi [13].

Kaliy mobilizatsiyalovchi bakteriyalar (KSB) K^+ saqlovchi minerallardan kaliyni asosan uchta mexanizm orqali ajratib chiqaradi: 1) muhitni kislotalashtirish, 2) sideroforlar va organik kislotalar hosil qilish, hamda 3) hujayradan tashqari polimerlar, xususan, EPS ishlab chiqarish. Ushbu jarayonlar natijasida mineral tuzilmalari yemirilib, bogʻlangan K^+ ionlari oʻsimliklar uchun oʻzlashtiriladigan shaklga oʻtadi [14].

Tadqiqotning maqsadi Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb. bilan assotsiatsiyalangan bakteriyalarni ajratib olish, ularning tuzga chidamliligini baholash hamda galotolerant izolyatlar orasidan erimaydigan kaliy birikmalarini eritish xususiyatiga ega istiqbolli bakteriyalarni tanlab olish va identifikatsiya qilishdan iborat.

Materiallar va usullar.

Tadqiqotda Sirdaryo viloyati Xovos tumani sho'rlangan tuproqli hududlarida dominantlik qiluvchi galofit *Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb.*-(40.254740/68.5039360) o'simligi ilmiy manbalar va xalqaro galofit o'simliklarbazasi(*https://ehaloph.uc.pt/*) ma'lumotlariga asoslangan holda tanlab olindi (1-rasm).

O'simlik namunalari va o'simlik ildizi tuprog'i bilan 2025-yilning may oyida maxsus steril paketlarda laboratoriyaga olib kelindi va 4 °C da tajribalarni bajarish uchun saqlandi. Namuna olingan tuproqning pH qiymati 8,47 va elektr o'tkazuvchanlik qiymati esa 3,64 mS/smni tashkil etdi. O'simlik ildizi, poya to'qimalaridan endofit bakteriya izolyatlari, shuningdek rizosfera qismlaridan 120 ta morfokultural xususiyatlariga ko'ra bir-biriga o'xshamagan bakteriya izolyatlari ozuqa agarga (pepton-0.5%, beef extract-0.3%, agar-agar-1.5%, pH 6.8) ketma-ket 10^9 darajagacha suyultirilib 10^{5-7} darajalar ekildi va toza koloniyalar ajratib olindi [15].

Olingan bakteriya izolyatlarining galotolerantlik xususiyatini sifat jihatdan farqlash uchun NaCl (5; 10; 15% w/v) va Na_2SO_4 (5; 7,5% w/v) ning turli tuz konsentratsiyalaridan iborat ozuqa muhitida 7 kun mobaynida o'stirildi [16]. Bakteriya izolyatlari NaCl ning 10 %li va Na_2SO_4 ning 7,5 %li (ozuqa muhit hajmiga nisbatan) ozuqa muhitida o'sishni namoyon qilgan 72 ta faol galotolerant bakteriya izolyatlari ajratib olindi [17,18].



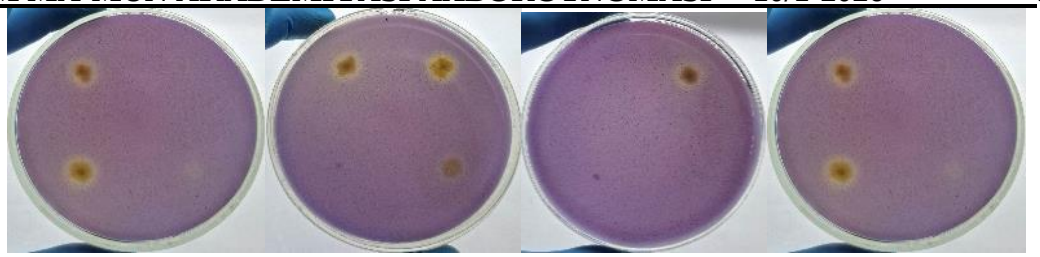
1-rasm ***Kalidium caspicum (L.) Ung.-Sternb***

Ushbu izolyatlarning tuproq tarkibida erimaydigan kaliy birikmalarni parchalash xususiyatlari sifat reaksiyalari orqali amalga oshirildi. Kaliy birikmalarini parchalash xususiyatini namoyon qilgan galotolerant bakteriya izolyatlari MALDI-TOF usuli bilan identifikatsiya qilindi.

Izolyatlarning erimaydigan kaliy birikmalarini parchalash qobiliyati Aleksandrov agar muhitida sifat jihatdan baholandi. Ozuqa muhiti tarkibi quyidagicha tayyorlandi (g/L): glyukoza — 5,0; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,005; $FeCl_3$ — 0,1; $CaCO_3$ — 2,0; $Ca_3(PO_4)_2$ — 2,0; slyuda — 3,0 va agar — 20,0. Muhitga pH o'zgarishini vizual baholash uchun kislota-asos indikatori sifatida 0,5% li bromkrezol yashili eritmasidan 500 µL qo'shildi. Ozuqa muhiti quyilgan Petri chashkalariga izolyatlar bir-biridan 4 sm uzoqlikda 4 tadan qilib nuqta qilib ekib chiqildi. 28 °C da 120 soat davomida inkubatsiya qilindi. Koloniya atrofida hosil bo'lgan shaffof zona izolyatning kaliy birikmalarini parchalash qobiliyatiga ega ekanligini ko'rsatuvchi ijobiy belgi sifatida baholandi [18,19].

Olingan natijalar. Kalidium caspicum o'simligining ichki to'qimalari va ildiz rizosferasidan morfokultural xususiyatlari bilan farqlanuvchi jami 120 ta bakterial izolyat ajratib olindi. Shundan 77 ta izolyat o'simlikning ildiz va poya to'qimalaridan endofit bakteriyalar**,** 43 ta izolyat esa ildiz rizosferasidan ajratildi. Ajratilgan bakteriyalarning sho'rlanish sharoitiga moslashuvchanligini baholash maqsadida ular turli konsentratsiyalarda NaCl va Na_2SO_4 saqlagan oziqaviy agar muhitlarida o'stirildi. Yuqori tuz konsentratsiyalarida o'sish qobiliyatini saqlab qolgan 72 ta izolyat galotolerant bakteriyalar sifatida tanlab olindi va keyingi tadqiqotlarga jalb qilindi. Bu ko'rsatkich dastlab ajratilgan izolyatlarning 60,0% ini tashkil etdi.

Tanlab olingan 72 ta galotolerant izolyatning erimaydigan kaliy birikmalarini eritish xususiyati Aleksandrov agar muhitida baholandi. Inkubatsiya davomida bakterial koloniyalar atrofida shaffof zonaning hosil bo'lishi erimaydigan kaliy birikmalarining eruvchan shaklga o'tishining sifat ko'rsatkichi sifatida qabul qilindi (2-rasm).



2-rasm. Galotolerant bakteriya izolyatlarining erimaydigan kaliy birikmalarini eritish xususiyati

Tadqiqot natijasida tekshirilgan 72 ta galotolerant izolyatdan 13 tasi (18,1%) turli darajada kaliy eritish faolligini namoyon qildi. Qolgan izolyatlarda qo'llanilgan tajriba sharoitida aniq shaffof zona hosil bo'lishi kuzatilmadi.

Kaliy eritish faolligini namoyon qilgan 13 ta izolyat MALDI-TOF usulida identifikatsiya qilindi. Identifikatsiya natijalariga ko'ra, faol izolyatlar asosan Bacillus avlodiga mansub bo'lib, ular bilan bir qatorda Glutamicibacter va Brevibacterium vakillari ham aniqlandi (1-jadval).

Olingan natijalar faol izolyatlar orasida 7 ta izolyat kuchli**,** 4 ta izolyat o'rtacha va 2 ta izolyat kuchsiz faollik namoyon qilganini ko'rsatdi. Kuchli faollik Bacillus rugosus *52***,** B. rugosus *59***,** B. atrophaeus *62***,** B. cabrialesii *66***,** B. halotolerans *159***,** B. halotolerans *375* va B. rugosus *379* izolyatlarida qayd etildi. Shunday qilib, faol izolyatlarning 53,8% ida kuchli, 30,8% ida o'rtacha va 15,4% ida kuchsiz faollik kuzatildi. Natijalardan Bacillus avlodiga mansub bakteriyalar o'rganilgan faol izolyatlar orasida ustunlik qilganligi ko'rinadi.

Aleksandrov agar muhitida koloniya atrofida shaffof zonaning paydo bo'lishi bakteriyaning muhitdagi erimaydigan kaliy saqlovchi mineral birikmalarga ta'sir ko'rsatganini bildiradi. Bunda shaffof zonaning nisbatan katta bo'lishi izolyatning kaliy eritish faolligi yuqoriroq ekanligining sifat ko'rsatkichi sifatida baholanishi mumkin. Bakteriyalar tomonidan organik kislotalar va boshqa metabolitlarning hosil qilinishi muhit pHining pasayishi, mineral tarkibidagi kationlarning xelatlanishi hamda mineral strukturaning o'zgarishi orqali kaliyning eruvchan shaklga o'tishiga yordam berishi mumkin.

1-jadval.

Kaliy birikmalarini parchalovchi faol galotolerant izolyatlar

№:	Izolyat raqami	Aniqlangan izolyat	Kaliyli birikmalarni parchalash xususiyati	№:	Izolyat raqami	Aniqlangan izolyat	Kaliyli birikmalarni parchalash xususiyati
1.	52	*Bacillus rugosus*	+++	8.	159	*Bacillus halotolerans*	+++
2.	53	*Glutamicibacter endophyticus*	+	9.	365	*Bacillus firmicutes*	++
3.	56	*Glutamicibacter endophyticus*	+	10.	366	*Bacillus firmicutes*	++
4.	59	*Bacillus rugosus*	+++	11.	375	*Bacillus halotolerans*	+++
5.	62	*Bacillus atrophaeus*	+++	12.	378	*Brevibacterium sp*	++
6.	66	*Bacillus cabrialesii*	+++	13.	379	*Bacillus rugosus*	+++
7.	118	*Bacillus pumilus*	++				

Izoh: Kaliyli birikmalarni parchalash xususiyati Kuchli +++, o'rtacha ++, kuchsiz +

Shu jihatdan, kuchli faollik ko'rsatgan B. rugosus, B. atrophaeus, B. cabrialesii va B. halotolerans izolyatlari bir vaqtning o'zida yuqori tuz konsentratsiyasiga chidamlilik va erimaydigan kaliy birikmalarini eritish xususiyatlarini namoyon qilgani bilan alohida qiziqish uyg'otadi. Bunday xususiyatlarning bir izolyatda birgalikda uchrashi ularni sho'rlangan tuproqlar uchun istiqbolli mikroorganizmlar sifatida keyingi bosqichlarda batafsil o'rganishga asos bo'ladi.

Xulosa. Kalidium caspicum bilan assotsiatsiyalangan bakteriyalar orasida yuqori tuz konsentratsiyalariga chidamli va erimaydigan kaliy birikmalarini eritish xususiyatiga ega izolyatlar mavjudligi aniqlandi. Ajratib olingan 120 ta bakterial izolyatdan 72 tasi galotolerantlik xususiyatini namoyon qildi, ulardan 13 tasida esa turli darajada kaliy eritish faolligi qayd etildi. MALDI-TOF tahlili natijasida faol izolyatlar asosan Bacillus, shuningdek, Glutamicibacter va Brevibacterium avlodlariga mansubligi aniqlandi. Ayniqsa, Bacillus rugosus *52*, B. rugosus *59*, B. atrophaeus *62*, B. cabrialesii *66*, B. halotolerans 159, B. halotolerans *375* va B. rugosus *379* izolyatlari yuqori kaliy

eritish faolligi bilan ajralib turdi. Ushbu izolyatlarning galotolerantlik va kaliy eritish xususiyatlarini birgalikda namoyon qilishi ularni sho‘rlangan tuproq sharoitida qo‘llash imkoniyatlarini keyingi vegetatsion va dala tajribalarida o‘rganish uchun istiqbolli mikroorganizmlar sifatida tavsiya etishga asos bo‘ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Abbas, R.; Rasul, S.; Aslam, K.; Baber, M.; Shahid, M.; Mubeen, F.; Naqqash, T. Haloterant PGPR: Sho‘r tuproqlarni yetishtirish uchun umid. J. Qirol Saudiya Universiteti Fanlar. 2019 , 31 , 1195–1201. doi:10.1016/j.jksus.2019.02.019
2. Etesami, H.; Glick, BR Halotolerant o‘simliklarning o‘sishi — bakteriyalarni rag‘batlantirish: o‘simliklarda sho‘rlanish stressini yumshatish istiqbollari. Environment. Exp. Bot. 2020 , 178 , 104124. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104124.
3. Hernández-Canseco, J.; Bautista-Cruz, A.; Sánchez-Mendoza, S.; Aquino-Bolaños, T.; Sánchez-Medina, P.S. Sho‘rlangan tuproqlar uchun ekologik toza muqobil sifatida o‘simliklarning o‘sishini rag‘batlantiruvchi galobakteriyalar va ularning ekinlarni abiotik stresslardan himoya qilish qobiliyati. Agronomy, 2022, 12, 804. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy12040804
4. Aziz Omonov, Tasuku Kato, Sayidjakhon Khasanov, Atiqotun Fitriyah, Fadong Li, Sardorbek Musayev, Bakhtiyor Pulatov, Zukhriddin Ismoilov. O‘zbekistonda Sirdaryo viloyati tuproqlarining sho‘rlanish holatini SEM yordamida kompleks yondashuv asosida baholash. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 35-jild, 2024, 101214, ISSN 2352-9385. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101214
5. O‘zbekiston florasi kadastri: Samarqand viloyati. Tojiboyev K.Sh., Beshko N.Yu., Qodirov UX, Batoshov AR, Mirzaliyeva DU — Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi nashriyoti «Fan» , 2018. — 220 bet + 64 bet ilova .
6. Arora, S., Sahni, D. (2019). Tuz stressini yumshatish uchun halofil mikroblarning o‘simliklar bilan o‘zaro ta’siri. In: Akhtar, M. (tahr.) Tuz stressi, mikroblar va o‘simliklarning o‘zaro ta’siri: sabablari va yechimi. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8801-9_12
7. Šustr M., Konrádová H., Martinčová M., Soukup A., Tylová E. Kaliy tashuvchisi KUP9 o‘simlikning K^+ tanqisligiga javob reaksiyasini boshqaradi va *Arabidopsis thalianada* uglevodlarning taqsimlanishiga ta’sir qiladi. Journal of Plant Physiology. 2024-yil yanvar; 292-jild: 154147. Elektron nashr: 2023-yil 2-dekabr. PMID: 38096629. DOI: 10.1016/j.jplph.2023.154147
8. A. Golestanifard, J. Santner, A. Aryan, H.P. Kaul, W.W. Wenzel. Shimoliy Eron sholi yetishtiriladigan tuproqlarida kaliyning fiksatsiyasi (birikib qolishi). Geoderma, 375-jild, 2020-yil, 114475-maqola. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114475
9. SM Yahaya , A.A.Mahmud , M.Abdullahi , A.Haruna Tuproqdagi o‘g‘it sifatida azot, fosfor va kaliy kimyosidagi so‘nggi yutuqlar: sharh Pedosfera , 33 (2023) , 385-406 — betlar , 10.1016 /j.pedsph.2022.07.012
10. M. Saha , BR Maurya , VS Meena , I. Bahadur , A. Kumar Hindistonning Hind-Gangetik tekisliklaridan kaliyni eruvchan bakteriyalarni (KSB) aniqlash va tavsiflash Biocatal. Qishloq xo‘jaligi. Biotexnologiya. , 7 (2016) , 202-209 — betlar , 10.1016 /j.bcab.2016.06.007
11. SD Mali , YC Attar. Kaliyni erituvchi bakterial bioinokulyantlarni o‘z ichiga olgan tejamkor agro qoldiqlarini reaksiya yuzasi metodologiyasidan foydalangan holda shakllantirish. Biocatal. Agric. Biotechnol. , 35 (2021) , 102113-modda , 10.1016/j.bcab.2021.102113.
12. Saba Babar, Amanullah Baloch, Muhammad Qasim, Jiyuan Wang, Xiangling Wang, Yuxuan Li, Sarmand Khalid, Cuncang Jiang, Unearthing the soil-bacteria nexus to enhance potassium bioavailability for global sustainable agriculture: A mechanistic preview, Microbiological Research, Volume 288, 2024, 127885, ISSN 0944-5013, https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127885.
13. Bahadur, I., Maurya, R., Roy, P., Kumar, A. (2019). Kaliyni eruvchan bakteriyalar (KSB): K-eruvchanligi, aylanishi va o‘simliklar uchun mavjudligi uchun mikrobial vosita. In: Kumar, A., Meena, V. (tahr.) Qishloq xo‘jaligi barqarorligi uchun rizobakteriyalarni rag‘batlantirish bo‘yicha o‘simliklarning o‘sishi. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7553-8_13
14. Aniqa Nawaz, Zia Ul Qamar, Muhammad Usama Marghoob, Muhammad Imtiaz, Asma Imran, Fathia Mubeen. Sho‘r-sodali sharoitlarda guruch *(Oryza sativa L.)* tomonidan kaliyning o‘zlashtirilishi va sitozoldagi K^+/Na^+ nisbatining yaxshilanishida kaliy solyubilizatsiyalovchi bakteriyalarning hissasi. Jurnal: Frontiers in Microbiology Jild: 14, Yil: 2023, DOI: 10.3389/fmicb.2023.1196024
15. Kumar Shreshtha, Satyam Raj, Arun Kumar Pal, Pooja Tripathi, Krishna Kumar Choudhary, Debasis Mitra, Anju Rani, Sergio de los Santos-Villalobos, Vijay Tripathi. Oqova suv bilan sug‘orilgan bodring o‘simliklaridan rizosfera va endofit bakteriyalarni ajratib olish va identifikatsiya qilish: ularning o‘simliklar o‘sishini rag‘batlantirish va kasalliklarni bostirishdagi rolini o‘rganish. Current Research in Microbial Sciences, 7-jild, 2024, 100256, ISSN 2666-5174. DOI: 10.1016/j.crmicr.2024.100256
16. Pérez-Inocencio, J.; Iturriaga, G.; Aguirre-Mancilla, C.L.; Ramírez-Pimentel, J.G.; Vásquez-Murrieta, M.S.; Álvarez-Bernal, D. Galofit *Sesuvium verrucosum Raf.* ildiz atrofidagi tuproqdan galofil va galotolerant bakteriyalarni aniqlash. Plants, 2022, 11-jild, 3355. DOI: 10.3390/plants11233355
17. Arti Sharma, Kamal Dev, Anuradha Sourirajan, Madhu Choudhary. Hindistonning Haryana shtatidagi sho‘rlangan qishloq xo‘jaligi maydonlaridan o‘simliklarning o‘sishini rag‘batlantiruvchi xususiyatlarga ega tuzga

chidamli bakteriyalarni ajratib olish va tavsiflash. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 19-jild, 1-son, 2021, 99, ISSN 1687-157X. DOI: 10.1186/s43141-021-00186-3

18. Soma Biswas, Indhu Philip, Saranya Jayaram, Suma Sarojini. Madiwala ko'lidagi *Alternanthera philoxeroides* o'simligidan ajratib olingan endofit *Klebsiella spp. va Bacillus spp.* bakteriyalarining o'simliklar o'sishini rag'batlantiruvchi hamda biologik nazoratdagi qo'shma faoliyati. Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 21-jild, 1-son, 2023, 153, ISSN 1687-157X.DOI: 10.1186/s43141-023-00620-8

19. Mahendra Vikram Singh Rajawat, Surender Singh, Satya Prakash Tyagi, Anil Kumar Saxena. Kaliy solyubilizatsiyalovchi bakteriyalarni tezkor skrining qilish uchun modifikatsiyalangan plastinka usuli. Pedosphere, 26-jild, 5-son, 2016, 768–773-betlar. ISSN: 1002-0160. DOI: 10.1016/S1002-0160(15)60080-7

UO'K 631.46

NAVOIY VILOYATI HUDUDIDA *FERULA FOETIDA* TARQALGAN TUPROQLARNING MIKROBIOMINI O'RGANISH

H.F. Kamolova, k.i.x., O'zR FA Botanika instituti, Toshkent
G.J. Qutliyeva, kat.i.x., O'zR FA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
N.N. Xaydarova, k.i.x., O'zR FA Botanika instituti, Toshkent
B.J. Mavlanov, k.i.x., O'zR FA Botanika instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Tuproq mikrobiotasi tuproq unumdorligi va o'simliklarning oziqlanish jarayonlarida muhim ekologik omil hisoblanadi. Mazkur tadqiqotda Navoiy viloyati Qizilqum cho'l hududida o'suvchi Ferula foetida (sassiq kovrak) o'simligining rizosfera tuproqlarini mikrobiologik holati o'rganildi. Tadqiqot natijalari rizosfera mikroorganizmlarining funksional guruhlari o'ziga xos shakllanganligini hamda ular tuproqdagi organik moddalar transformatsiyasi va o'simliklarning mineral oziqlanish jarayonlarida muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi.*

Kalit so'zlar: *Ferula foetida, Qizilqum, rizosfera tuprog'i, ammonifikatsiyalovchi bakteriyalar, oligonitrofillar, aktinomitsetlar, mikromitsetlar.*

Аннотация. *Почвенная микробиота является важным экологическим фактором, обеспечивающим плодородие почвы и процессы минерального питания растений. В данном исследовании изучено микробиологическое состояние ризосферных почв Ferula foetida (ферулы вонючей), произрастающей в пустынной зоне Кызылкум Навоийской области. Результаты исследования показали, что функциональные группы микроорганизмов ризосферы характеризуются специфической структурой и играют важную роль в процессах трансформации органических веществ в почве, а также в обеспечении минерального питания растений.*

Ключевые слова: *Ferula foetida, Кызылкум, ризосферная почва, аммонифицирующие бактерии, олигонитрофилы, актиномицеты, микромицеты.*

Abstract. *Soil microbiota is an important ecological factor in soil fertility and plant nutrition processes. In the present study, the microbiological status of the rhizosphere soils of Ferula foetida (stinking asafoetida) growing in the Kyzylkum Desert area of the Navoi region was investigated. The results of the study showed that the functional groups of rhizosphere microorganisms are characteristically formed and play an important role in the transformation of organic matter in the soil and in the mineral nutrition processes of plants.*

Keywords: *Ferula foetida, Kyzylkum Desert, rhizosphere soil, ammonifying bacteria, oligonitrophiles, actinomycetes, micromycetes.*

Tuproq murakkab biologik tizim bo'lib, undagi mikroorganizmlar uning funksional faoliyatini belgilovchi asosiy komponentlardan hisoblanadi. Bakteriyalar, aktinomitsetlar va mikroskopik zamburug'lar organik moddalarning parchalanishi, mineral elementlarning aylanishi hamda o'simliklar uchun zarur bo'lgan oziqa shakllarining hosil bo'lish jarayonlarida faol ishtirok etadi[1].

Mikroorganizmlar tuproq ekologik holatining muhim indikatorlari bo'lib, ularning miqdoriy va sifat tarkibidagi o'zgarishlar tuproqdagi biologik jarayonlarning intensivligini aks ettiradi. Ayniqsa, qurg'oqchil va cho'l hududlarida tuproq mikrobiotasining shakllanishi tabiiy iqlim sharoiti, o'simlik qoplami va tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari bilan chambarchas bog'liq[2]. O'simlik rizosferasi mikroorganizmlar uchun maxsus ekologik zona bo'lib, bu hududda ildiz ajratmalari

hisobiga mikroorganizmlarning faoliyati kuchayadi. Rizosfera mikroorganizmlari o‘simliklarning mineral oziqlanishi, stress omillariga chidamliligi va tuproq biologik unumdorligini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega.

Ferula foetida (sassiq kovrak) Qizilqum cho‘l hududlarida keng tarqalgan, dorivor xususiyatlarga ega va cho‘l ekotizimlarining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Ushbu o‘simlik rizosferasida shakllanadigan mikrobiota o‘simliklarning oziqlanishi, stress omillariga moslashuvi hamda tuproqdagi biogeokimyoviy jarayonlarda muhim rol o‘ynaydi[3].

Cho‘l hududlari ekstremal ekologik sharoitlari bilan ajralib turadi. Yuqori harorat, nam tanqisligi, tuproqdagi organik moddalar miqdorining kamligi va sho‘rlanish jarayonlari bunday hududlarda yashovchi mikroorganizmlarning o‘ziga xos ekologik moslanishlarini shakllantiradi[4]. Qurg‘oqchil ekotizimlarda mikroorganizmlar tuproqdagi modda almashinuvi jarayonlarini boshqarib, o‘simliklarning noqulay sharoitlarda yashab qolishida muhim funksional ahamiyat kasb etadi [5]. Bunday hududlarda o‘suvchi o‘simliklarning rizosfera mikrobiotasi o‘simliklarning ekologik moslashuvi va tuproq biologik barqarorligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi[6]. Markaziy Osiyo, xususan, O‘zbekiston hududining katta qismini egallagan Qizilqum cho‘li o‘ziga xos tabiiy ekotizimlardan biri hisoblanadi[7]. Ushbu hududda tarqalgan dorivor va xo‘jalik ahamiyatiga ega o‘simliklar ekstremal ekologik omillarga moslashgan bo‘lib, ularning rizosferasida shakllangan mikrobiologik komplekslar alohida ilmiy qiziqish uyg‘otadi.

Ferula foetida (sassiq kovrak) Apiaceae oilasiga mansub ko‘p yillik dorivor o‘simlik bo‘lib, Qizilqum cho‘l hududlarida tabiiy holda keng tarqalgan. Ushbu o‘simlikdan olinadigan smola (asafoetida) farmatsevtika va xalq tabobatida keng qo‘llaniladi. Ferula turlarining tabiiy populyatsiyalarini saqlash, ularning ekologik xususiyatlarini o‘rganish hamda madaniylashtirish masalalari hozirgi davrda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. O‘simlikning ildiz tizimi atrofida shakllangan rizosfera mikrobiotasi uning oziqlanishi, rivojlanishi va cho‘l sharoitlariga moslashuv jarayonlarida muhim omil bo‘lishi mumkin.

Shu nuqtai nazardan, *Ferula foetida* rizosfera tuproqlarining mikrobiologik xususiyatlarini o‘rganish, asosiy funksional guruh mikroorganizmlarining miqdoriy tarkibini aniqlash hamda ularning cho‘l ekotizimidagi ekologik rolini baholash dolzarb ilmiy vazifalardan biridir.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — Navoiy viloyati Qizilqum cho‘l hududida tabiiy sharoitda o‘suvchi *Ferula foetida* o‘simligi rizosfera tuproqlarining mikrobiologik holatini baholash va asosiy fiziologik guruh mikroorganizmlarining miqdoriy ko‘rsatkichlarini aniqlashdan iborat.

Mazkur tadqiqotning maqsadi Navoiy viloyati Qizilqum hududida o‘suvchi *Ferula foetida* o‘simligi rizosfera tuproqlarining mikrobiologik tarkibini o‘rganish va asosiy fiziologik guruh mikroorganizmlarining miqdoriy ko‘rsatkichlarini aniqlashdan iborat.

Material va metodlar: Tadqiqot obyekti sifatida Navoiy viloyatining Qizilqum cho‘l hududida tabiiy sharoitda o‘suvchi *Ferula foetida* (sassiq kovrak) o‘simligi tanlandi. Tadqiqotlar davomida ushbu o‘simliklarning ildiz atrofi hududi — rizosfera qatlamidan jami 11 ta tuproq namunasi olindi. Namuna olish jarayonida o‘simliklarning tabiiy o‘sish muhiti, tuproq qoplami va ekologik sharoitlari hisobga olindi.

Tuproq namunalari o‘simlik ildiz atrofi zonasidan (0–20 sm chuqurlikdan) steril sharoitlarga rioya qilgan holda olindi. Namunalar laboratoriyaga yetkazilib, mikrobiologik tahlillar uchun tayyorlandi. Mikroorganizmlar sonini aniqlash uchun ketma-ket suyultirish usuli qo‘llanildi. Buning uchun 10 g tuproq namunasi 90 ml steril distillangan suvga solinib, 5 daqiqa davomida aralashtirildi. Tayyor suspenziyadan ketma-ket suyultirishlar tayyorlandi.

Mikroorganizmlarning turli fiziologik guruhlarini aniqlash va ajratib olish uchun selektiv hamda differensial oziqa muhitlaridan foydalanildi. Tadqiqot davomida quyidagi oziqa muhitlari qo‘llanildi:

Go‘sht-peptonli agar (GPA) — ammonifikatsiyalovchi bakteriyalarni aniqlash va miqdoriy hisoblash uchun;

Eshbi muhiti — oligonitrofil mikroorganizmlar hamda erkin yashovchi azot fiksatsiyalovchi bakteriyalarni aniqlash uchun;

Chapek muhiti — aktinomitsetlar va mikromitsetlarni ajratib olish hamda ularning miqdorini aniqlash uchun;

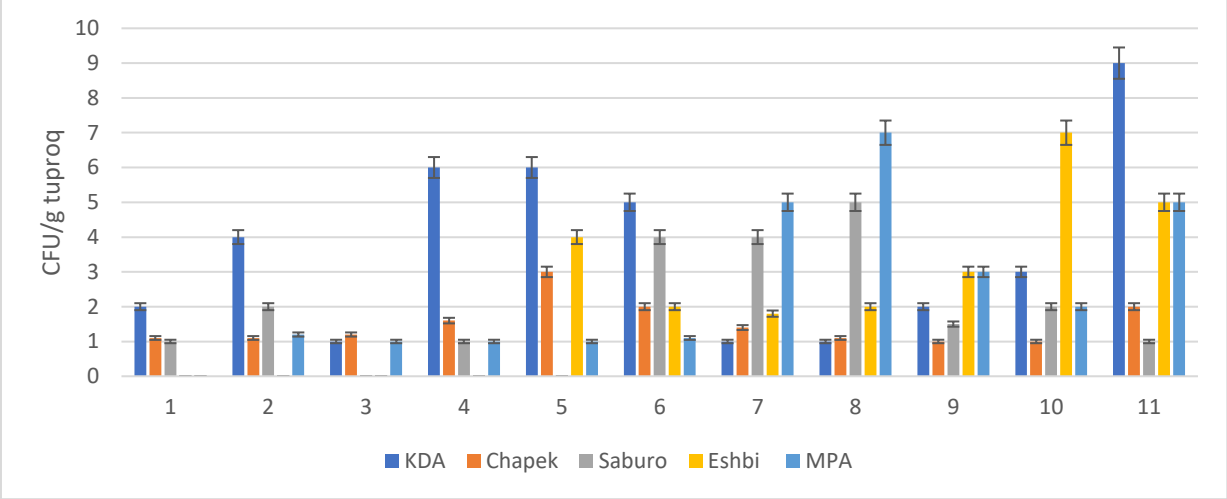
Saburo muhiti (Sabouraud agar) — asosan mikroskopik zamburug‘lar va xamirturushsimon zamburug‘larni o‘stirish, ajratish va morfologik xususiyatlarini o‘rganish uchun;

Kartoshka-dekstroza agari (Potato Dextrose Agar, PDA) — fitopatogen va saprofit zamburug‘lar, jumladan *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* kabi mikromitsetlarni aniqlash va ularning kolonial-morfologik belgilarini baholash uchun.

Qo‘llanilgan oziqa muhitlari tuproq mikrobiotasining bakterial va zamburug‘ komponentlarini kompleks baholash, mikroorganizmlarning ekologik guruhlarini aniqlash hamda ularning tuproqdagi biologik jarayonlardagi rolini o‘rganish imkonini berdi.

Ekilgan Petri kosachalari mikroorganizmlarning fiziologik xususiyatlariga mos harorat va vaqt davomida inkubatsiya qilindi. Hosil bo‘lgan koloniyalar soni hisoblanib, natijalar 1 g tuproqdagi koloniya hosil qiluvchi birliklar (CFU/g) ko‘rinishida ifodalandi.

Olingan natijalar: Tadqiqot davomida *Ferula foetida* o‘sadigan tabiiy hududlardan, xususan, Navoiy viloyatining Keriz, Uchquduq, Karakalpak, Simtas, 4P180, Markaziy quduq, Jongeldi, Ozero Smol, Pravoslovnaya Serkov, Mullaquduq va Ustemurat hududlaridan olingan jami 11 ta tuproq namunasi mikrobiologik jihatdan o‘rganilib, ushbu o‘simlik rizosfera tuproqlarida turli fiziologik guruhlarga mansub mikroorganizmlarning mavjudligi va tarkibi aniqlandi.



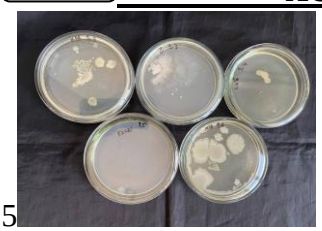
Rasm 1. Turli oziqa muhitlarida mikroorganizmlar sonining (CFU/g) taqqoslanishi

Ferula foetida rizosfera tuproqlarining mikrobiologik tahlili natijalari shuni ko‘rsatdiki, o‘rganilgan barcha tuproq namunalarida mikroorganizmlarning miqdori turli darajada namoyon bo‘ldi. KDA oziqa muhitida (asosan bakteriyalar umumiy sonini baholash uchun) mikroorganizmlar soni barcha namunalarda yuqori bo‘lib, ayniqsa 11-namunada eng yuqori ko‘rsatkich (9×10^6 CFU/g) qayd etildi. Shuningdek, 4 va 5-namunalarda 6×10^6 CFU/g, 6-namunada 5×10^6 CFU/g miqdorda mikroorganizmlar aniqlandi. Eng past ko‘rsatkich esa 1-namunada (2×10^6 CFU/g) kuzatildi.

GPA muhitida o‘stirilgan mikroorganizmlar miqdori ham sezilarli farq qildi. Eng yuqori qiymat 8-namunada (7×10^6 CFU/g) qayd etilgan bo‘lsa, 7 va 11-namunalarda 5×10^6 CFU/g ni tashkil etdi. Ayrim namunalarda esa (3, 4, 5 va 6) mikroorganizmlar soni nisbatan past bo‘lib, 1×10^6 CFU/g atrofida bo‘ldi.

Eshbi oziqa muhitida (azot fiksatsiyalovchi va oligonitrofil mikroorganizmlarni aniqlash uchun) mikroorganizmlar miqdori namunalar bo‘yicha sezilarli farqlandi. Eng yuqori ko‘rsatkich 10-namunada (7×10^6 CFU/g) aniqlangan bo‘lsa, 5-namunada 4×10^6 CFU/g qayd etildi. 1–3 va 7–9-namunalarda esa ushbu guruh mikroorganizmlarining miqdori past yoki umuman aniqlanmagan.

1. 
2. 
3 
4. 

5  6.  7  8 

9.  10  11. 

Rasm 2. **Turli selektiv oziqa muhitlarida tuproq mikroorganizmlarining koloniyalar hosil qilishi**

Saburo oziqa muhitida (zamburug'lar, xususan mikromitsetlarni aniqlash uchun) mikroorganizmlar miqdori nisbatan kamroq bo'ldi. Eng yuqori ko'rsatkichlar 8-namunada (5×10^6 CFU/g) va 6–7-namunalarda (4×10^6 CFU/g) qayd etildi. Bu ayrim hududlar tuproqlarida mikroskopik zamburug'larning rivojlanishi uchun qulay sharoit mavjudligini ko'rsatadi.

Chapek muhitida aktinomitset va zamburug' guruhlariga mansub mikroorganizmlar miqdori boshqa muhitlarga nisbatan past bo'ldi. Maksimal ko'rsatkich 5-namunada (3×10^6 CFU/g) kuzatilgan bo'lsa, qolgan namunalarda asosan $1–2\times10^6$ CFU/g oralig'ida bo'ldi.

Umumiy tahlil natijasida *Ferula foetida* rizosfera tuproqlarida bakteriyalar guruhi (KDA va GPA muhitlari) ustunlik qilishi, zamburug' va aktinomitsetlar miqdori esa nisbatan pastroq ekanligi aniqlandi. Namunalar orasida 11-namuna eng yuqori mikrobiologik faollikka ega bo'lib, unda bakteriyalar va boshqa fiziologik guruh mikroorganizmlarining umumiy miqdori yuqori bo'ldi**.** 8 va 10-namunalar ham mikroorganizmlar xilma-xilligi va miqdori bo'yicha yuqori ko'rsatkichlarni namoyon etdi. Bu holat mazkur hududlardagi tuproq sharoiti, o'simlik rizosferasi faoliyati va organik moddalarning to'planishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Xulosa qilib, Ferula foetida rizosfera tuproqlari mikrobiologik jihatdan faol bo'lib, unda organik moddalarning parchalanishi, azot aylanishi va biologik azot fiksatsiyasi jarayonlarida ishtirok etuvchi mikroorganizmlar keng tarqalgan. Bu holat Ferula foetida rizosferasida shakllangan mikrobiota o'simlikning oziqlanishi va cho'l ekotizimida tuproq unumdorligini saqlashda muhim ekologik o'ringa ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Paul E. A. Soil microbiology, ecology, and biochemistry: An exciting present and great future built on basic knowledge and unifying concepts // Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry / Ed. E. A. Paul. – 4th ed. – San Diego: Academic Press, 2015. – P. 1–14. – DOI: 10.1016/B978-0-12-415955-6.00001-3.

2.Lauber C. L., Hamady M., Knight R., Fierer N. Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of soil bacterial community structure at the continental scale // Applied and Environmental Microbiology. – 2009. – Vol. 75, No. 15. – P. 5111–5120. – DOI: 10.1128/AEM.00335-09.

3. Philippot L., Raaijmakers J. M., Lemanceau P., van der Putten W. H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere // Nature Reviews Microbiology. – 2013. – Vol. 11, No. 11. – P. 789–799. – DOI: 10.1038/nrmicro3109.

4. Alsharif W., Saad M. M., Hirt H. Desert Microbes for Boosting Sustainable Agriculture in Extreme Environments // Frontiers *in* Microbiology. – 2020. – Vol. 11. – Article 1666. – DOI: 10.3389/fmicb.2020.01666.

5. Naylor D., Coleman-Derr D. Drought Stress and Root-Associated Bacterial Communities // Frontiers *in* Plant Science. – 2017. – Vol. 8. – Article 2223. – DOI: 10.3389/fpls.2017.02223.

6. Berendsen R. L., Pieterse C. M. J., Bakker P. A. H. M. The rhizosphere microbiome and plant health // Trends *in* Plant Science. – 2012. – Vol. 17, No. 8. – P. 478–486. – DOI: 10.1016/j.tplants.2012.04.001.

7. Maestre F. T., Delgado-Baquerizo M., Jeffries T. C.Increasing aridity reduces soil microbial diversity and abundance in global drylands // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2015. – Vol. 112, No. 51. – P. 15684–15689. – DOI: 10.1073/pnas.1516684112.

UO'K 574.24:546.3-31:633

SA'NOAT HUDUDLARIDA YETISHTIRILAYOTGAN AYRIM QISHLOQ XO'JALIGI EKINLARIDA OG'IR METALLAR VA METALLOIDLARNING TO'PLANISHI

I.I. Karimova, dots., O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent
K.S. Safarov, prof., O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent
Sh.A. Toxirova, tayanch doktorant, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent

Annotatsiya. *Tadqiqotda ekologik toza va ifloslangan hududlarda etishtirilayotgan ozuqaviy o'simliklar tarkibida og'ir metallar va metalloidlar miqdorining to'planish xususiyatlari o'rganilgan. Unga ko'ra bug'doy boshog'iga nisbatan poyasida Pb va Cd moddalari, beda o'simligida Pb, Cd, Zn va Cu moddalari, makkajo'xorida Cd va Cu miqdorini yuqori darajada to'planishi aniqlandi.*

Kalit so'zlar: *qo'rg'oshin, og'ir metallar, akkumulyatsiya, ozuqaviy o'simliklar, ekologik toza.*

Аннотация. *В исследовании изучены особенности накопления некоторых тяжёлых металлов и металлоидов в составе пищевых растений, выращиваемых на экологически чистых и загрязнённых территориях. Установлено, что по сравнению с колосом пшеницы в её стеблях наблюдалось повышенное накопление Pb и Cd; в растениях люцерны — Pb, Cd, Zn и Cu; в кукурузе — Cd и Cu.*

Ключевые слова: *свинец, тяжёлые металлы, аккумуляция, пищевые растения, экологически чистые территории.*

Abstract. *The study investigated the accumulation patterns of certain heavy metals and metalloids in food and fodder plants grown in environmentally clean and contaminated areas. It was found that, compared with wheat ears, higher levels of Pb and Cd accumulated in wheat stems; in alfalfa plants, Pb, Cd, Zn, and Cu showed increased accumulation; while in maize, higher levels of Cd and Cu were detected.*

Key words: *lead, heavy metals, accumulation, food plants, environmentally clean areas.*

Kirish. Hozirgi kunga kelib sanoat korxonalarini jadal rivojlanib borishi, mineral xomashyolarni qayta ishlash, yoqilg'i-energetika majmualarining faoliyati va atrof muhitga turli xil texnogen chiqindi moddalarining ajralib chiqishi natijasida tabiatni og'ir metall tuzlari yordamida ifloslanishiga olib kelmoqda. Og'ir metall tuzlaridan qo'rg'oshin, kadmiy, rux, mis, xrom va mishyak kabi elementlarning tuproq-o'simliklarda to'planishi qishloq xo'jaligi ekotizimlari uchun muhim ekologik muammolardan biri hisoblanadi. Ushbu elementlar tuproqda uzoq vaqt mobaynida saqlanishi natijasida o'simliklar tomonidan o'zlashtirilishi, oziq ovqat zanjiriga bevosita o'tishi bilan xavf tug'dirishi mumkin. Oxirgi yillarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlarda og'ir metall tuzlarining tuproq-o'simlik tizimida migratsiyasi va ularni o'simliklar tomonidan o'zlashtirilib, ular orqali oziq-ovqat zanjiriga o'tish masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Unga ko'ra Pb, Cd, Cr, As va boshqa toksik moddalarning tuproq-o'simlik tizimida to'planib borishi nafaqat agroekotizimlar barqarorligiga, balki oziq-ovqat xavfsizligi va odamlar salomatligiga xavf tug'dirishi mumkin.

Tadqiqotning maqsadi. Biz olib borgan tadqiqotning asosiy maqsadi O'zbekistonda nisbatan toza hudud deb belgilangan Namangan viloyati Yangiqo'rg'on tumani tog' oldi hududlari nazorat sifatida, hamda Yangi Angren va Olmaliq tog' kon metallurgiya zavodlari atrofida texnogen hududlarida yetishtirilgan bug'doy, beda va makkajo'xori o'simliklari tarkibidagi Pb, Cd, Zn, Cu, Cr va As miqdorini aniqlash, ularning hududlar bo'yicha o'zgarish xususiyatlarini baholash hamda olingan natijalarni ozuqa tarkibidagi me'yorlarning yuqori chegaralari bilan taqqoslashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili. Tadqiqot natijalariga ko'ra mualliflar og'ir metall tuzlarining tuproqdan o'simlik ekinlariga o'tish mexanizmlari va o'simlik to'qimalarida translokatsiyalanishini tushunish ifloslangan tuproqlar xavfini kamaytirish hozirgi kunning muhim shartlaridan ekanligini qayd etganlar [2]. Olib borilgan boshqa tadqiqotlarda toksik metallar va metalloidlarning o'simliklar tomonidan o'zlashtirilishi natijasida uning hujayra va to'qimalari bo'ylab tashilishi hamda ularni zararsizlantirilishi mexanizmlari tahlil qilingan. Antropogen faoliyat natijasida tuproqlarda As, Cd, Pb va Hg elementlarni ortiqcha to'planishi ozuqa ekinlarida ularning konsentratsiyasi ortishiga olib

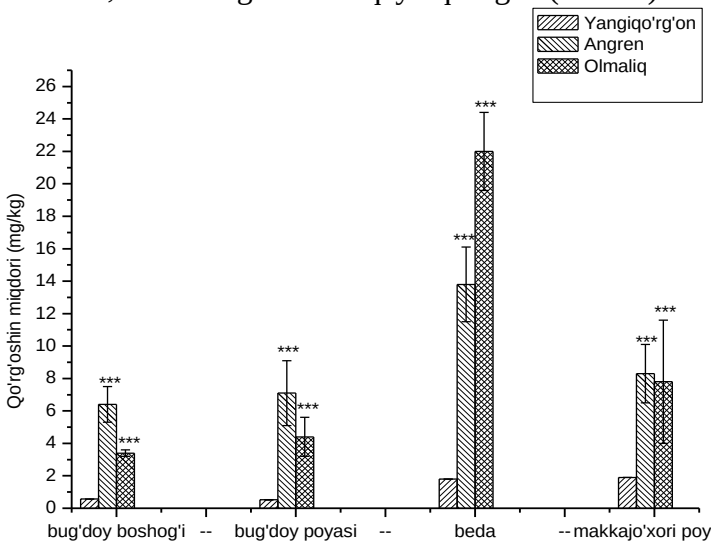
kelishini ko‘rsatib o‘tganlar, hamda As moddasi o‘simlikka asosan fosfat va kremniy tashuvchi tizimlar orqali, Cd esa Mn, Zn va Fe bilan bog‘liq transport tizimlari orqali kirishi mumkinligini ko‘rsatib o‘tganlar [4]. Bug‘doy o‘simligida Cd moddasini to‘planishi va uning oziq-ovqat zanjiriga o‘tishi alohida ekologik muammo sifatida qaralib, ushbu modda bug‘doyni o‘sishi, fotosintezi, mineral oziqlanishi va hosildorligi pasayishi mumkinligi qayd etilgan. Bundan tashqari kadmiyning bug‘doyda to‘planishi darajasi nav xususiyatlari, o‘simlikni yetishtirish sharoiti va stressni davomiyligiga bog‘liq ekanligi ko‘rsatilgan [3]. Boshqa tadqiqotlarda esa agroekotizimlarda mishyak moddasining manbalari, tuproqdagi biogeokimyoviy aylanishi, rizosferadagi jarayonlar va o‘simliklar tomonidan o‘zlashtirilishi tahlil qilinganda shu narsa ma'lum bo‘ldiki, uning tuproq va suv tarkibida ko‘p bo‘lishi qishloq xo‘jaligi ekinlariga o‘tishiga olib kelishi aniqlangan. Shuning uchun mishyakning tuproq va suv tarkibida doimiy monitoring qilish va uning ekinlar tomonidan o‘zlashtirilishini cheklashning eng asosiy omillaridan ekanligi ko‘rsatilgan [1]. Ma'lumotlarga ko‘ra, o‘simliklar tarkibidagi toksik moddalarning hujayra darajasida zararsizlantirish mumkin bo‘lib, ular fitoxelatinlar bilan kompleks hosil qilish va vakuolalarda sekvestratsiya qilish og‘ir metallarning hujayrada erkin harakatlanishini cheklovchi muhim mexanizmlardan biri hisoblanadi. Undan tashqari turli qishloq xo‘jalik ekin navlari o‘rtasida metallarni to‘plash qobiliyatida tabiiy farqlar mavjudligi qayd etilgan [4].

Metodologiya. Olib borilgan tadqiqotda obyekt sifatida sanoat ta'siriga uchragan va nisbatan toza hududlarda yetishtirilayotgan ayrim qishloq xo‘jaligi ekinlaridan: bug‘doy (Triticum aestivum L.), beda (Medicago sativa L.) va makkajo‘xori (Zea mays L.) o‘simliklari tanlangan. Tadqiqot davomida o‘simliklarning turli organlarida (bug‘doyda boshoq va poyasi, beda va makkajo‘xori poyasi) og‘ir metall va metalloidlarning to‘planish darajasi o‘rganilgan. Tadqiqot hududlari ekologik holati va sanoat ta'sirining darajasiga qo‘ra uchta guruhga ajratildi. N-Nazorat guruhida sanoat ta'siri nisbatan kam bo‘lgan hudud sifatida qabul qilingan, T1-Yangi Angren hududi; T2-Olmaliq tog‘ kon-metallurgiya zavodi atrofi bo‘lib, ular texnogen ta'sirga uchragan hududlar sifatida baholangan. Tadqiqot ishlarida o‘simliklarning turli organlarida og‘ir metallar va metalloidlar (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr va As) ning to‘planish darajasi o‘rganildi. Olingan natijalar har bir element bo‘yicha mg/kg hisobida ifodalangan. Tadqiqot natijalari ekologik va ozuqa nuqtayi nazaridan baholash uchun o‘simlik namunalarida tekshirilgan og‘ir metallar va metalloidlar miqdori ozuqa tarkibidagi o‘rtacha me'yoriy ko‘rsatgichlarning yuqori chegaralari (Pb uchun 0,30mg/kg, Cd uchun 1,0 mg/kg, Zn uchun 150 mg/kg, Cu uchun 35 mg/kg, Cr uchun 1,6 mg/kg va As uchun 4,0 mg/kg) bilan taqqoslangan. O‘simlik namunalari tarkibidagi og‘ir metall tuzlari miqdori atom-absorbsion spektrometriya usulida aniqlangan. Tahlil uchun yig‘ib olingan o‘simlik namunalari dastlab tashqi aralashmalaridan tozalanib, laboratoriya sharoitida quritilgan va bir xil massaga keltirilgandan keyin, maydalanib, gomogen holatga keltirilib, minerallashtirilib atom-absorbsion spektrometrda tekshirildi. Olingan natijalar statistik jihatidan qayta ishlanib, nazorat va texnogen hududlardan olingan namunalar o‘rtasidagi farqlar baholandi.

Natijalar va muhokama. Olingan natijalarga ko‘ra ekologik ifloslangan (Angren, Olmaliq) va nisbatan toza (Yangi qo‘rg‘on tumani) hududlardan olingan ayrim qishloq xo‘jaligi o‘simliklari (bug‘doy boshog‘i, bug‘doy poya, beda va makkajo‘xori) tarkibida uchragan og‘ir metallarning miqdori tekshirildi, ularni normada 1 kg oziqa tarkibidagi uchrash me'yoriga solishtirilganda sezilarli darajada ortishi qayd qilingan. Xususan, oziqa tarkibida qo‘rg‘oshin miqdori o‘rtacha me'yorda 0,10-0,30 mg/kg oralig‘ida bo‘ladi, ammo biz o‘rgangan hududlarda mazkur diapazondan yuqori bo‘lishi aniqlandi. Tajriba hududlarida qo‘rg‘oshinning miqdori nazoratga nisbatan ham yuqori darajada akkumulyatsiyalanishi yanada yaqqol namoyon bo‘ldi.

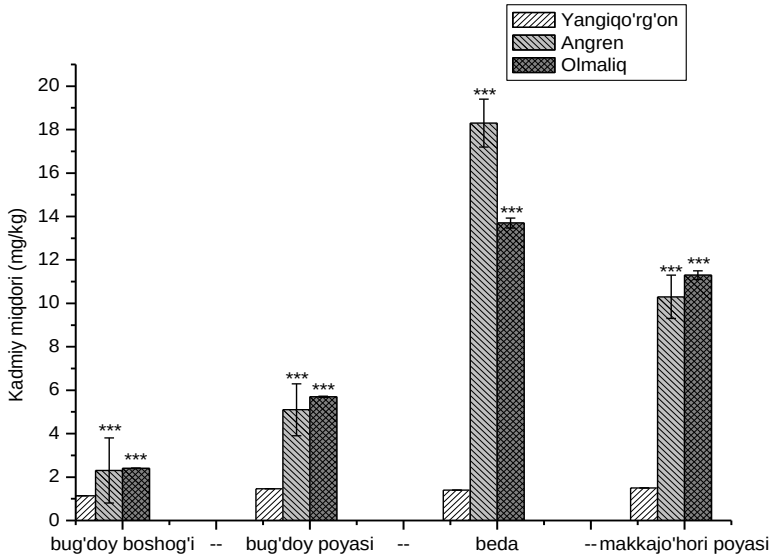
Bug‘doy boshog‘idan olingan natijalarga ko‘ra qo‘rg‘oshinning miqdori nazorat guruhida 0,57±0,01 mg/kg bo‘lib, oziqa uchun ko‘rsatilgan yuqori chegaradan taxminan 1,9 barobarga, T1 hududda esa 6,4±0,01 ni tashkil qilib 21,3 martaga, T2 guruhda esa 3,4 ±0,2 ni tashkil qilib 11,3 barobarga ortishi aniqlandi. Bunda yuqori ko‘rsatgich T1 hududga to‘g‘ri keldi. Bug‘doy poyada esa qo‘rg‘oshin miqdori nazorat guruhida 1,73 barobarga, T1 guruhda 23,67 barobarga va T2 guruhda 14,67 barobarga ortishi qayd qilingan. Beda o‘simligida esa qo‘rg‘oshin miqdori nazorat guruhida 6,0 barobarga, T1 guruhda 46,0 barobarga va T2 guruhda 73,3 barobarga ortishi qayd qilingan.

Makkajo‘xori o‘simligida qo‘rg‘oshin miqdori nazorat guruhida 6,33 barobarga, T1 guruhda 27,6 barobarga va T2 guruhda 26,0 barobarga ortishi qayd qilingan (1-rasm).



1-rasm. O‘simliklar tarkibidagi qo‘rg‘oshin (Pb). *-P<0,05; **-P<0,01; *-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi.**

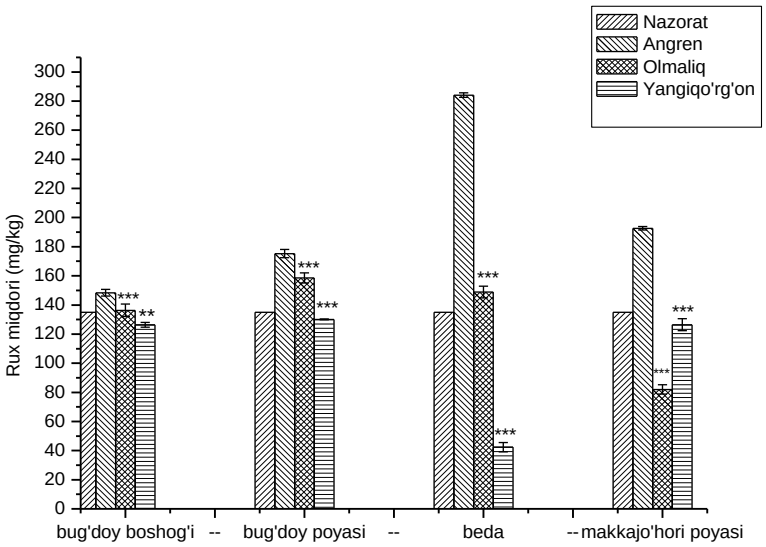
Kadmiy moddasi uchun oziqa tarkibidagi o‘rtacha miqdor 1,0 mg/kg ni tashkil qilib, bug‘doy boshog‘i tarkibida modda miqdori nazorat guruhida 1,14 barobarga, T1 guruhida 2,3 barobarga, T2 guruhida 2,4 barobarga ortishi aniqlandi. Bunda eng yuqori daraja T2 guruhida qayd etildi. Bug‘doy poyada esa kadmiy miqdori nazorat guruhida 1,46 barobarga, T1 guruhda 5,1 barobarga va T2 guruhda 5,7 barobarga ortishi qayd qilingan. Beda o‘simligida esa kadmiy miqdori nazorat guruhida 1,4 barobarga, T1 guruhda 18,3 barobarga va T2 guruhda 13,7 barobarga ortishi qayd qilingan. Makkajo‘xori o‘simligida kadmiy miqdori nazorat guruhida 1,5 barobarga, T1 guruhda 10,3 barobarga va T2 guruhda 11,3 barobarga ortishi aniqlandi (2-rasm).



2-rasm. O‘simliklar tarkibidagi kadmiy (Cd). *-P<0,05; **-P<0,01; *-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi.**

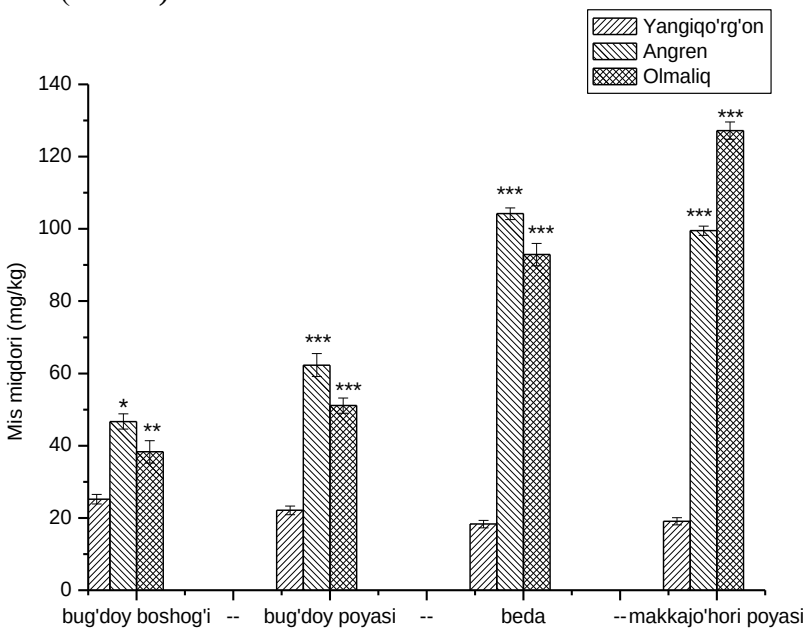
Rux elementining oziqa tarkibidagi me’yoriy chegarasi 120-150 mg/kg etib belgilangan bo‘lib, yuqori chegarasiga nisbatan bug‘doy boshog‘i nazorat guruhida 0,84 barobarga, T1 guruhda 0,99 barobarga, T2 guruhda 0,91 barobarga ortishi qayd qilingan. Bug‘doy boshog‘ida ruxning miqdori uchala hududda ham me’yor doirasida bo‘lib, T1 da yuqori chegaraga yaqinlashgan, bug‘doy poyada esa uning miqdori nazorat guruhida 0,87 barobarga, T1 guruhda 1,17 barobarga va T2 guruhda 1,06 barobarga ortishi qayd qilingan. Ammo o‘simlik turi va organiga qarab ruxning akkumulyatsiyalanishi keskin farq qildi. Uning yuqori chegarasiga nisbatan qolgan o‘simliklar solishtirilganda beda o‘simligida esa rux miqdori nazorat guruhida 0,28 barobarga, T1 guruhda 1,89 barobarga va T2 guruhda 0,99 barobarga ortishi qayd qilingan. Makkajo‘xori

o‘simligida kadmiy miqdori nazorat guruhida 0,84 barobarga, T1 guruhda 1,28 barobarga va T2 guruhda 0,55 barobarga ortishi qayd qilingan. Ushbu holat sanoat ta’sirida beda o‘simligini ruxning faol akkumulyatsiya qilish xususiyatga egaligini ko‘rsatadi (3-rasm).



3-rasm. O‘simliklar tarkibidagi rux (Zn). *-P<0,05; **-P<0,01; *-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi.**

Mis moddasi oziqa tarkibida o‘rtacha 15-35 mg/kg qilib belgilangan bo‘lib, bug‘doy boshog‘i tarkibida yuqori chegarasiga solishtirilganda nazorat guruhida 0,72 barobarga, T1 guruhida 1,33 barobarga va T2 guruhida 1,09 barobarga ortishi qayd qilindi. Olingan natijalarda mis moddasi tajriba guruhlarida aniq ko‘tarilishlari qayd qilinganligini ko‘rish mumkin. Bug‘doy poyada esa mis miqdori nazorat guruhida 0,63 barobarga, T1 guruhda 1,78 barobarga va T2 guruhda 1,46 barobarga ortishi qayd qilingan. Beda o‘simligida esa kadmiy miqdori nazorat guruhida 0,52 barobarga, T1 guruhda 2,98 barobarga va T2 guruhda 2,65 barobarga ortishi qayd qilingan. Makkajo‘xori o‘simligida mis miqdori nazorat guruhida 0,55 barobarga, T1 guruhda 2,84 barobarga va T2 guruhda 3,6 barobarga ortishi qayd qilingan. Olingan natijalarga ko‘ra barcha o‘simliklarga qaraganda moddani akkumulyatsiyalanishi beda va makkajo‘xori o‘simliklarida yuqoriligini ko‘rsatdi. (4-rasm).



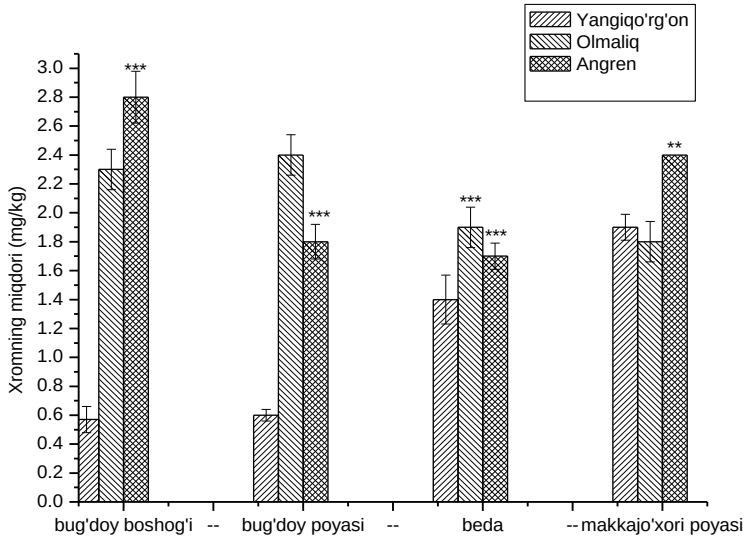
4-rasm. O‘simliklar tarkibidagi mis (Cu). *-P<0,05; **-P<0,01; *-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi.**

Xrom moddasining oziqa tarkibidagi me’yori 0,3-1,6 mg/kg ni tashkil qiladi. Bug‘doy boshog‘ida xrom moddasi nazorat guruhida me’yorda bo‘lib, uni yuqori chegarasiga solishtirilganda T1 guruhida 1,44 barobarga, T2 guruhida 1,75 barobarga ortishi qayd qilindi. Bug‘doy poyada esa

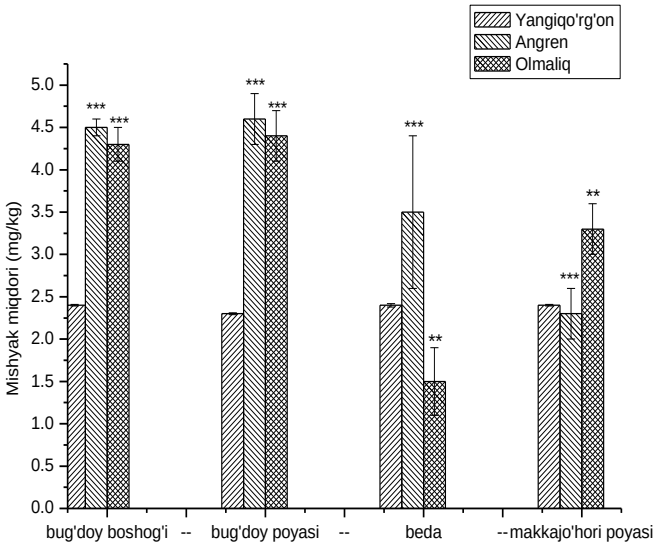
xrom miqdori nazorat guruhida 0,38 barobarga, T1 guruhda 1,50 barobarga va T2 guruhda 1,13 barobarga ortishi aniqlandi. Beda o'simligida esa kadmiy miqdori nazorat guruhida 0,88 barobarga, T1 guruhda 1,19 barobarga va T2 guruhda 1,06 barobarga ortishi qayd qilingan. Makkajo'xori o'simligida xrom miqdori nazorat guruhida 1,19 barobarga, T1 guruhda 1,13 barobarga va T2 guruhda 1,50 barobarga ortishi tekshirildi. Demak, olingan natijalarda nazorat guruhi me'yor darajasida bo'lib, Demak, nazoratdagi qiymat me'yor doirasida bo'lsa, har ikki tajriba guruhida ham me'yorning yuqori chegarasidan oshganligi qayd qilindi (5-rasm).

Mish'yak moddasining oziqa tarkibidagi me'yoriy ko'rsatgichi 2,0-4,0 mg/kg ni tashkil qilgan. Olingan natijalarda esa nazorat guruhida barobarga, T1 guruhida 2,5 barobarga va T2 guruhida 4,0 barobarga ortishi qayd qilindi.

Bug'doy poyada esa mishyak miqdori nazorat guruhida 0,58 barobarga, T1 guruhda 1,15 barobarga va T2 guruhda 1,10 barobarga ortishi qayd qilingan. Beda o'simligida esa kadmiy miqdori nazorat guruhida 0,60 barobarga, T1 guruhda 0,88 barobarga va T2 guruhda 0,38 barobarga ortishi qayd qilingan. Makkajo'xori o'simligida kadmiy miqdori nazorat guruhida 0,60 barobarga, T1 guruhda 0,58 barobarga va T2 guruhda 0,83 barobarga ortishi qayd qilingan (6-rasm).



4-rasm. O'simliklar tarkibidagi xrom (CR). *-P<0,05; **-P<0,01; *-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi.**



6-rasm. O'simliklar tarkibidagi mishyak (As). *-P<0,05; **-P<0,01; *-P<0,001 n- nazoratga nisbatan ishonchlilik darajasi.**

Xulosa. Og'ir metall tuzlarining o'simliklarda to'planishida ekin turi va o'simlik organiga bog'liqligi muhim ahamiyatga ega hisoblanadi. Olib borilgan tadqiqotlarda tuproq-ekin tizimida

metallarning o‘zlashtirilishi va translokatsiyasi o‘simlikning fiziologik xususiyatlari hamda elementlarning kimyoviy xususiyatlarga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Ushbu holat bir xil texnogen hududlarda yetishtirilayotgan turli ekinlarda og‘ir metallar miqdorining bir-biridan farq qilishi mumkinligi ko‘rsatilgan [2]. Yana boshqa olib borilgan tadqiqotlarda esa bug‘doy o‘simligida kadmiyni ildiz orqali o‘zlashtirib, uni o‘simlikning yer ustki organlariga va donga translokatsiya qilishi mumkin. Shuning uchun kadmiy bilan ifloslangan hududlar tuprog‘ida bug‘doy yetishtirish oziq-ovqat zanjiriga kadmiy kirib kelishini xavfini oshiradi. Kadmiyni o‘simlikka o‘tishini kamaytirishda mineral oziqlanishni to‘g‘ri tashkil etish, kremniy, organik va noorganik meliorantlar, bioko‘mir va kompostdan foydalanishda kam kadmiy to‘plovchi navlarni tanlash samarali bo‘lishini ko‘rsatganlar [3]. Olingan natijalardan shuni xulosa qilishimiz mumkinki, qishloq xo‘jaligi o‘simliklaridan: bug‘doy, beda va makkajo‘xori o‘simliklarining turli organlarida og‘ir metallarning miqdori nazorat va texnogen ta’sirga uchragan hududlarda sezilarli darajada farq qilishi aniqlangan. Jumladan, nazorat guruh sifatida tanlangan Yangiqo‘rg‘on tumanidan olingan namunalarga nisbatan Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi (T1) va Olmaliq tog‘ kon metallurgiya zavodi atroflari (T2) dan yig‘ilgan namunalarda toksik elementlarning o‘simlik to‘qimalarida to‘planishi yuqori bo‘lgan. Olingan natijalarda sanoat korxonalari ta’sirida bo‘lgan hududlarda tuproq-o‘simlik tizimida og‘ir metallar va metalloidlarning migratsiyasi va o‘simliklarning turli organlarida akkumulyatsiyalanishi kuchayishini ko‘rsatadi. Qishloq xo‘jaligi o‘simliklari orasida ayniqsa beda va makkajo‘xori kabi ozuqa sifatida keng qo‘llaniladigan o‘simliklarda qo‘rg‘oshin va kadmiyni miqdorini bunday ortishi ularning ekologik xavfsizligi va chorva hayvonlarining oziqlanishida qo‘llanishini yetarli darajada baholash zarurligini ko‘rsatadi. Shuning uchun texnogen ifloslangan hududlarda yetishtirilayotgan ozuqa ekinlarini tarkibida og‘ir metallar miqdorini muntazam ravishda monitoring qilish va ularning ozuqa xavfsizligini monitoring qilish va ularning ozuqa nuqtai nazaridan baholash hozirgi kunda dolzarb hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Punshon T., Jackson B.P., Meharg A.A., Warczack T., Scheckel K., Guerinot M.L]: Science of the *Total* Environment, Understanding arsenic dynamics in agronomic systems to predict and prevent uptake by crop plants. 2017. Vol. 581–582. P. 209–220. DOI:10.1016/j.scitotenv.2016.12.111

2. Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K.H]**:** Environment International. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. 2019. Vol. 125. P. 365–385. DOI: 10.1016/j.envint.2019.01.067.

3. Rizwan M., Ali S., Abbas T., Zia-Ur-Rehman M., Hannan F., Keller C., Al-Wabel M.I., Ok Y.S]: Ecotoxicology and Environmental Safety. Cadmium minimization in wheat: A critical review. 2016. Vol. 130. P. 43–53. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2016.04.001.

4. Zhao F.-J., Tang Z., Song J.-J., Huang X.-Y., Wang P]: Molecular Plant. Toxic metals and metalloids: Uptake, transport, detoxification, phytoremediation, and crop improvement for safer food. 2022. Vol. 15(1). P. 27–44. DOI: 10.1016/j.molp.2021.09.016.

UO’K 579

O‘ZBEKISTON CHO‘L HUDUDLARIDAGI SIANOBAKTERIYALARNING SISTEMATIK TAHLILI VA CHO‘LLANISHNI CHEKLASHDAGI POTENSIAL AHAMIYATI

K.S. Kaxorova, Namangan davlat universiteti, Namangan

Annotatsiya. *Maqolada O‘zbekistonning quruq va cho‘l hududlarida biologik tuproq po‘stlog‘i (BTP, biocrust) shakllanishida ishtirok etuvchi sianobakteriyalarning sistematik tarkibi, ekologik funksiyalari va cho‘llanishni cheklashdagi potensial ahamiyati tahlil qilindi. Sharh xalqaro taksonomik, molekulyar-ekologik va biotexnologik tadqiqotlar hamda Qizilqum va Orolbo‘yi ma’lumotlariga tayandi. Zamonaviy polifazali yondashuv morfologik belgilarni 16S rRNK kabi markerlar bilan birlashtirishni talab qiladi. Qizilqumda Microcoleus vaginatus ustunligi, shuningdek Mastigocladopsis, Chroococcidiopsis va Wilmottia guruhlari qayd etilgan. EPS tuproq agregatsiyasini kuchaytirishi, sianobakterizatsiya esa degradatsiyalangan qumli tuproqlarda BTP hosil bo‘lishini tezlashtirishi mumkin. Mahalliy sho‘rlanish, harorat, yog‘in, substrat va shtamm moslashuvi hisobga olinishi kerak.*

Kalit so'zlar: *sianobakteriyalar, BTP, cho'llanish, Qizilqum, Orolbo'yi, Microcoleus, sianobakterizatsiya.*

Аннотация. *В обзоре проанализированы состав и экологические функции цианобактерий, участвующих в формировании почвенной биокорки в засушливых регионах Узбекистана. Необходимы сочетание морфологической и молекулярной идентификации, изучение местных штаммов и проверка цианобактериальной инокуляции. Для Кызылкума отмечено доминирование Microcoleus vaginatus и присутствие Mastigocladopsis, Chroococcidiopsis и Wilmottia. Эффективность технологии зависит от засоления, температуры, осадков и свойств субстрата.*

Ключевые слова: *цианобактерии, биологическая почвенная корка, опустынивание, Кызылкум, Приаралье, Microcoleus, инокуляция.*

Abstract. *This review summarizes cyanobacterial taxonomy, ecological functions and their potential role in biocrust formation and desertification mitigation in Uzbekistan. Evidence from Kyzylkum and the Aral Sea region supports combining morphology with 16S rRNA markers. Microcoleus vaginatus, Mastigocladopsis, Chroococcidiopsis and Wilmottia are important reported groups. Extracellular polysaccharides may improve soil aggregation, while cyanobacterisation may accelerate biocrust development. Local salinity, temperature, precipitation, substrate properties and strain adaptation require experimental assessment.*

Keywords: *cyanobacteria, biological soil crust, desertification, Kyzylkum, Aral Sea region, Microcoleus, cyanobacterisation.*

1. Kirish. Cho'llanish — quruq va yarim quruq hududlarda iqlim o'zgarishi hamda inson faoliyati ta'sirida yer resurslarining biologik mahsuldorligi va ekologik funksiyalari pasayadigan degradatsiya jarayonidir. O'zbekistonda quruq ekotizimlar barqarorligi muhim; Orol dengizining qurigan tubidagi sho'rlangan sirtlar shamol bilan tuz va chang ko'chishi xavfini oshiradi [1,2].

Quruq tuproq yuzasida sianobakteriyalar, mikroskopik suv o'tlari, zamburug'lar, lishayniklar va yo'sinlardan BTP (biocrust) shakllanishi mumkin. BTP tuproqning fizik-kimyoviy xususiyatlari, oziqa moddalar aylanishi, suv harakati va eroziyaga ta'sir qiladi. Dastlabki bosqichlarda sianobakteriyalar muhim kolonizator bo'lib, keyinchalik lishaynik va yo'sinlar ulushi ortadi [3–5]. Ushbu maqolada biocrust "biologik tuproq po'stlog'i" deb yuritiladi; sianobakterial po'stloq va kriptogam qoplam unga teng emas.

Sianobakteriyalarning ahamiyati fotosintez, ayrim guruhlarda N_2 fiksatsiyasi, qurg'oqchilikka chidamlilik va EPS ishlab chiqarishi bilan bog'liq. EPS zarralarni bog'lab agregatsiyani kuchaytiradi [6,7]. Shu sababli ular "ekotizim muhandislari" sifatida qaraladi. Global uglerod va azot aylanishidagi rol katta bo'lsa-da, global baholarni O'zbekistonga bevosita ko'chirish mumkin emas [8].

Taksonomiya morfologik tizimdan molekulyar va polifazali yondashuvga o'tdi [9,18]. Eski Microcoleus, Phormidium yoki Schizothrix nomlarini zamonaviy birliklar bilan avtomatik tenglashtirish ehtiyotkorlikni talab qiladi. Qizilqum bo'yicha molekulyar dalillar mavjud, Ustyurt va Orolbo'yi bo'yicha esa ma'lumotlar cheklangan [10].

Maqsad — O'zbekiston cho'l hududlari bo'yicha ma'lumotlarni umumlashtirish, sianobakteriyalarning taksonomik va ekologik rolini baholash hamda sianobakterizatsiyaning istiqbolini tahlil qilish.

2. Materiallar va metodlar. Ish adabiyotlar sharhi sifatida bajarildi; tizimli sharh yoki meta-tahlil emas. Adabiyotlar Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink va PubMed da qidirildi. "cyanobacteria AND biological soil crust", "cyanobacteria AND desertification", "Microcoleus AND Kyzylkum", "cyanobacterial inoculation AND desert", "Aral Sea AND cyanobacteria" va "biological soil crust AND Uzbekistan" so'rovlari hamda rus va o'zbek muqobillari ishlatildi.

Ilmiy jurnal va monografiyalar, sianobakteriyalar/BTP/quruq tuproq/inokulyatsiya bilan bog'liq va taksonomik, ekologik yoki biotexnologik natija bergan manbalar kiritildi. Ma'lumotlar taksonomiya, ekologik vazifa va tiklash/inokulyatsiya samaradorligi bo'yicha sintez qilindi. O'zbekiston dalillari bevosita va bilvosita guruhlarga ajratildi. 1–2-rasm va 1–2-jadval adabiyotlar sinteziga asoslangan bo'lib, yangi eksperimental ma'lumot emas.

1-jadval.

Cho‘l BTP laridagi asosiy sianobakterial tartiblarning umumlashtirilgan funksional tavsifi

Tartib	Misol avlodlar	Asosiy biologik belgi	BTP dagi ehtimoliy vazifasi
Oscillatoriales	*Microcoleus, Wilmottia, Phormidium* (keng ma’noda)	Ipsimon (filamentli), geterosistasiz shakllar	EPS va filamentlar orqali sirt agregatsiyasi; dastlabki kolonizatsiya
Nostocales	*Nostoc, Scytonema, Calothrix, Mastigocladopsis*	Ko‘pchiligida geterosista; N_2 fiksatsiyasi imkoniyati	Azot aylanishi; pigment va g‘ilof orqali stressga chidamlilik
Chroococcidiopsidales va Chroococcales	Chroococcidiopsis, Gloeocapsa	Kokkoid (sharsimon hujayrali), geterosistasiz shakllar	Ekstremal quruqlik va sirt kolonizatsiyasiga moslashuv; mikrohabitat hosil bo‘lishiga hissa

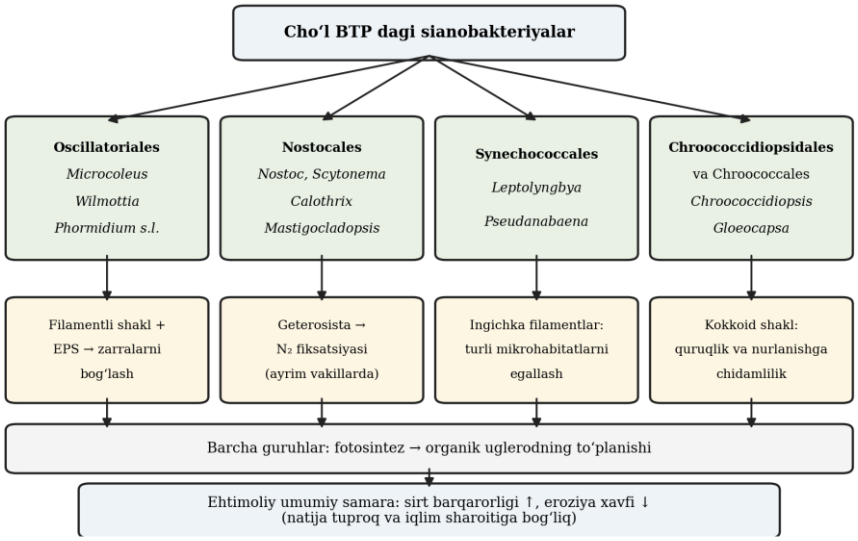
Izoh. Jadval [9–12,18] asosida tuzilgan. “Ehtimoliy vazifa” O‘zbekiston uchun tasdiqlangan natija emas, adabiyotdagi umumiy qarashdir. Chroococcidiopsis va Gloeocapsa alohida tartiblarga mansub; Microcoleus guruhida kriptik xilma-xillik mavjud [18].

3. Natijalar

3.1. Manbalar va taksonomik tarkib

Yakuniy sintezga 18 ta manba kiritildi. Qizilqum bo‘yicha molekulyar tadqiqot [10] O‘zbekiston uchun asosiy bevosita dalil, 2026-yilgi Microcoleus genomik tadqiqoti [18] esa zamonaviy taksonomik talqin uchun qo‘shimcha manbadir. Cho‘l BTP larida ipsimon sianobakteriyalar muhim bo‘lib, Microcoleus bilan bog‘liq guruhlar ekotizim muhandislari sifatida qaraladi [10,11]. Morfologik aniqlashni 16S rRNK ma’lumotlari bilan birlashtirish xilma-xillikni aniqroq baholaydi.

3.2. O‘zbekiston bo‘yicha dalillar



1-rasm. Cho‘l BTP laridagi sianobakteriyalarning funksional-taksonomik tuzilishi. Adabiyotlar sintezi asosidagi konseptual sxema.

Qizilqum. Wang va hammualliflar [10] Qizilqum va Tengger BTP sianobakterial jamoalarini solishtirib, O‘zbekistondan 11 ta, Xitoydan 18 ta namuna olgan. 16S rDNK sekvenslashda 29 namuna bo‘yicha 584 217 sifatli o‘qish va 97% o‘xshashlikda 76 ta sianobakterial OTU ajratilgan; bu sonlar ikki cho‘l uchun umumiy. Qizilqumda Oscillatoriales ustun, Microcoleus vaginatus esa ikkala cho‘lda ham yuqori ulushli bo‘lgan; Mastigocladopsis, Wilmottia va Chroococcidiopsis ham qayd etilgan. Jamoa farqlari yog‘in rejimi, C/N, pH, namlik, suv sig‘imi va kaliy bilan bog‘langan [10].

Biroq Qizilqum dalili 11 ta namunaga tayanadi va hudud ichidagi xilma-xillikni to‘liq qamramaydi. Orolbo‘yida takir, sho‘rtob va qurigan ko‘l tubi qobiqlari o‘rganilgan, ammo mineral-tuzli qobiqni sianobakterial BTP bilan tenglashtirib bo‘lmaydi [13]. Qurigan Orol tubi mikrobiomida Cyanobacteria ayrim namunalarda sezilarli ulushga ega bo‘lgan (A1a da 34%), lekin bu tabiiy BTP tuzilishi va funksiyasini ko‘rsatmaydi [14]. Ustyurt bo‘yicha tanlangan manbalarda yetarli ma’lumot topilmadi.

3.3. Cho‘llanishga qarshi ekologik mexanizmlar

Tuproq agregatsiyasi. Filamentli sianobakteriyalar EPS ajratib, mineral zarralarni bog‘laydi va mikroagregatlar hosil bo‘lishiga yordam beradi; bu sirt barqarorligini oshirib, shamol eroziyasini kamaytirishi mumkin [6,7].

Oziqa va suv jarayonlari. Fotosintez uglerodni organik biomassaga o‘tkazadi, ayrim geterosistali guruhlar esa N_2 fiksatsiyasida qatnashadi [8]. BTP infiltratsiya, oqim, bug‘lanish va suvni ushlab turishga ta’sir qilishi mumkin, ammo natija tuproq, po‘stloq bosqichi va namlanish sharoitiga bog‘liq [4,7]. BTP o‘simliklar uchun mikrohabitat yaratishi mumkin, lekin ayrim rivojlangan po‘stloqlar urug‘ unishini cheklashi ehtimoli bor [12,15].

3.4. Sun’iy inokulyatsiya (sianobakterizatsiya)

Sianobakterizatsiya degradatsiyalangan tuproqqa tanlangan sianobakteriya yoki konsorsiumlarni kiritib, BTP hosil bo‘lishini tezlashtirishga qaratilgan. Uning asosi tez kolonizatsiya, EPS ishlab chiqarish va fotosintezdir [15]. Wang va hammualliflarning 2009-yilgi tajribasida 3 yilda qoplama 48,5% gacha yetgan, 14 ta sianobakteriya va suv o‘ti turi aniqlangan; po‘stloq qalinligi, mustahkamligi, xlorofill a, organik C va umumiy N oshgan [16].

2017 va 2022-yilgi sharhlar inokulyatsiyani standartlashtirish va namlik, harorat, yorug‘lik, substrat hamda oziqa omillarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi [12,15]. Natija faqat yashil rang bilan emas, kolonizatsiya, po‘stloq qalinligi, sirt mustahkamligi, agregatlar, eroziyaga chidamlilik, C/N va o‘simlik tiklanishi bilan baholanishi kerak. Katta maydonda biomassa va yetkazib berish xarajati cheklov bo‘ladi.

4. Muhokama

4.1. Dalillar darajasi va bilimlardagi bo‘shliqlar

O‘zbekiston bo‘yicha dalillar notekis: Qizilqumda molekulyar ma’lumot mavjud, ammo bitta tadqiqot va 11 ta namuna bilan cheklangan; Orolbo‘yi dalillari bilvosita; Ustyurt bo‘yicha ma’lumot yetarli emas. Ekologik mexanizmlar va inokulyatsiya samaradorligi haqidagi ma’lumotlar asosan boshqa quruq hududlardan olingan [4,6–8,12,15,16]. Qizilqum va Tenggerdagi yog‘in rejimi farqi inokulyant tanlashda mahalliy namlanish rejimini hisobga olish kerakligini ko‘rsatadi [10,12]. Sho‘rlanish ham muhim, chunki turli hudud substratlari bir xil inokulyantga bir xil javob bermasligi mumkin.

2-jadval.

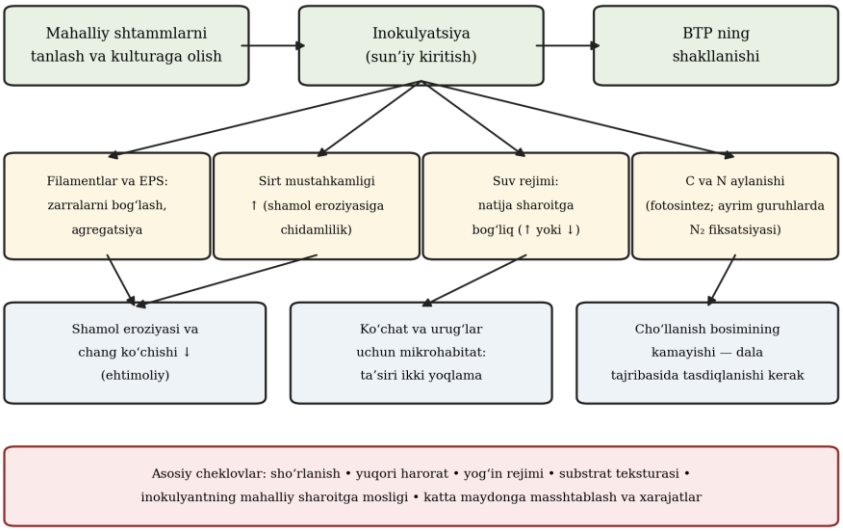
O‘zbekiston uchun mavjud dalillar xaritasi

Mavzu va hudud	Dalil turi	Asosiy manbalar	Asosiy cheklov
Sianobakterial jamoaning taksonomik tarkibi — Qizilqum	Bevosita	[10]	Bitta tadqiqot, 11 ta namuna; hududning ichki xilma-xilligi yoritilmagan
Sirt qobiqlari va tuproq mikrobiomi — Orolbo‘yi	Bilvosita	[1,2,13,14]	Mineral-tuzli qobiqlar va umumiy tuproq mikrobiomi o‘rganilgan; tabiiy BTP ning tuzilishi va vazifasi tavsiflanmagan
Sianobakterial BTP — Ustyurt	Topilmadi	—	Tanlangan manbalarda ma’lumot uchramadi
Ekologik mexanizmlar (agregatsiya, C va N aylanishi, suv rejimi)	Bilvosita (boshqa hududlar)	[4,6–8]	O‘zbekiston ma’lumotlari bilan tasdiqlanishi kerak
Sun’iy inokulyatsiya (sianobakterizatsiya)	Bilvosita (boshqa hududlar)	[12,15,16]	O‘zbekiston sharoitida o‘tkazilgan tajribalar haqida ma’lumot uchramadi

Izoh. Bevosita dalil — O‘zbekiston namunalarida sianobakterial jamoa o‘rganilgan ish; bilvosita dalil — boshqa hududlardagi yoki sianobakteriyaga maxsus qaratilmagan tadqiqotlar.

4.2. Terminologik va taksonomik jihatlar

Taksonomik nomlar yangilanadi [9,18]. 97% o‘xshashlikdagi OTU tur bilan teng emas, 16S rRNK esa har doim tur darajasini aniqlash uchun yetarli emas. Shuning uchun original nomenklatura va zamonaviy filogenetik talqin ajratilishi kerak. Chroococcidiopsis kokkoid, geterosistasiz guruh sifatida ko‘rsatiladi. Avlod va tur nomlari kursiv yoziladi.



2-rasm. Sianobakterial inokulyatsiyaning cho'llanishga qarshi ehtimoliy ta'sir mexanizmlari va asosiy cheklovlar.

4.3. O'zbekiston uchun tavsiya etiladigan tadqiqot modeli

Birinchi bosqichda Qizilqum, Ustyurt va Orolbo'yidan standartlashtirilgan namunalar olinib, GPS, tekstura, pH, elektr o'tkazuvchanlik, namlik, organik C, umumiy N va tuzlar qayd etiladi. Ikkinchi bosqichda mikroskopik aniqlash 16S rRNK asosidagi molekulyar identifikatsiya bilan birlashtiriladi; zarur hollarda shtammlar kulturaga olinadi. Uchinchi bosqichda qurg'oqchilik va sho'rlanishga chidamlilik laboratoriyada baholanadi. To'rtinchi bosqichda kichik maydonlarda nazorat va inokulyatsiya variantlari bir necha mavsum kuzatiladi. Beshinchi bosqichda iqtisodiy samaradorlik va masshtablash imkoniyati baholanadi [12,15].

4.4. Sharhning cheklovlari

Ish adabiyotlar sharhi bo'lgani uchun manba tanlashda subyektivlik xavfi mavjud. Manbalar soni nisbatan kam va asosan ingliz tilida. O'zbekiston uchun asosiy bevosita dalil 11 ta namunaga asoslangan bitta tadqiqotdir. Ekologik va inokulyatsion xulosalar boshqa hududlardan olingan va ehtiyotkorlik bilan ekstrapolyatsiya qilinishi kerak. 2026-yilgi Microcoleus genomik tadqiqoti Qizilqumning 2020-yilgi 16S ma'lumotlarini avtomatik qayta tasniflash imkonini bermaydi [18].

5. Xulosa. Sianobakteriyalar O'zbekiston cho'llarida BTP shakllanishida muhim funksional guruh bo'lishi mumkin. Qizilqumda Microcoleus vaginatus ustunligi hamda Mastigocladopsis, Chroococcidiopsis va Wilmottia guruhlari qayd etilgan, ammo dalil bitta tadqiqotga tayanadi. Ustyurt va Orolbo'yi uchun bevosita ma'lumotlar yetarli emas. EPS, fotosintez, tuproq zarralarini bog'lash va ayrim guruhlarda N_2 fiksatsiyasi asosiy mexanizmlardir; ularning O'zbekiston sharoitidagi samarasi hududiy o'lchov bilan tasdiqlanishi kerak. Sianobakterizatsiya istiqbolli, biroq mahalliy shtammlar, sho'rlanish, namlik, monitoring va dala tajribalari talab etiladi.

Ustuvor yo'nalishlar: Qizilqum, Ustyurt va Orolbo'yidan tizimli namuna olish; polifazali identifikatsiya; mahalliy shtammlar kolleksiyasi; kichik maydondan katta maydonga bosqichma-bosqich sianobakterizatsiya tajribalari.

Muallif bayonotlari.

Muallif hissasi: konsepsiya, adabiyotlarni izlash va tanlash, tahlil va qo'lyozmani tayyorlash — muallif tomonidan bajarildi. Moliyalashtirish: maxsus grant olinmagan. Manfaatlar to'qnashuvi: mavjud emas. Ma'lumotlar mavjudligi: yangi eksperimental ma'lumotlar to'plami yaratilmagan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Singer A., Zobeck T., Poberezsky L., Argaman E. The PM10 and PM2.5 dust generation potential of soils/sediments in the southern Aral Sea Basin, Uzbekistan. Journal of Arid Environments. 2003;54(4):705–728.

2. Argaman E., Singer A., Tsoar H. Erodibility of some crust forming soils/sediments from the southern Aral Sea Basin as determined in a wind tunnel. Earth Surface Processes and Landforms. 2006;31(1):47–63. DOI: 10.1002/esp.1230.

3. Belnap J., Weber B. Biological soil crusts as an integral component of desert environments. Ecological Processes. 2013;2:11. DOI: 10.1186/2192-1709-2-11.

4. Weber B., Büdel B., Belnap J. (eds.). Biological Soil Crusts: An Organizing Principle in Drylands. Cham: Springer; 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-30214-0.

5. Belnap J., Lange O.L. (eds.). Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management. 2nd ed. Berlin: Springer; 2003.

6. Mager D.M., Thomas A.D. Extracellular polysaccharides from cyanobacterial soil crusts: a review of their role in dryland soil processes. Journal of Arid Environments. 2011;75(2):91–97. DOI: 10.1016/j.jaridenv.2010.10.001.

7. Rossi F., De Philippis R. Role of cyanobacterial exopolysaccharides in phototrophic biofilms and in complex microbial mats. Life. 2015;5(2):1218–1238. DOI: 10.3390/life5021218.

8. Elbert W., Weber B., Burrows S., et al. Contribution of cryptogamic covers to the global cycles of carbon and nitrogen. Nature Geoscience. 2012;5:459–462. DOI: 10.1038/ngeo1486.

9. Komárek J., Kaštovský J., Mareš J., Johansen J.R. Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach. Preslia. 2014;86:295–335.

10. Wang J., Zhang P., Bao J.-T., et al. Comparison of cyanobacterial communities in temperate deserts: a cue for artificial inoculation of biological soil crusts. Science of the Total Environment. 2020;745:140970. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140970.

11. Garcia-Pichel F., López-Cortés A., Nübel U. Phylogenetic and morphological diversity of cyanobacteria in soil desert crusts from the Colorado Plateau. Applied and Environmental Microbiology. 2001;67(4):1902–1910. DOI: 10.1128/AEM.67.4.1902-1910.2001.

12. Rossi F., Mugnai G., De Philippis R. Cyanobacterial biocrust induction: a comprehensive review on a soil rehabilitation-effective biotechnology. Geoderma. 2022;415:115766. DOI: 10.1016/j.geoderma.2022.115766.

13. Mees F., Singer A. Surface crusts on soils/sediments of the southern Aral Sea basin, Uzbekistan. Geoderma. 2006;136(1–2):152–159. DOI: 10.1016/j.geoderma.2006.03.019.

14. Šimonovičová A., Pauditšová E., Nosalj S., Oteuliev M., Klištincová N., Maisto F., et al. Fungal and prokaryotic communities in soil samples of the Aral Sea dry bottom in Uzbekistan. Soil Systems. 2024;8(2):58. DOI: 10.3390/soilsystems8020058.

15. Rossi F., Li H., Liu Y., De Philippis R. Cyanobacterial inoculation (cyanobacterisation): perspectives for the development of a standardized multifunctional technology for soil fertilization and desertification reversal. Earth-Science Reviews. 2017;171:28–43. DOI: 10.1016/j.earscirev.2017.05.006.

16. Wang W., Liu Y., Li D., et al. Feasibility of cyanobacterial inoculation for biological soil crusts formation in desert area. Soil Biology and Biochemistry. 2009;41:926–929.

17. Garcia-Pichel F., Loza V., Marusenko Y., Mateo P., Potrafka R.M. Temperature drives the continental-scale distribution of key microbes in topsoil communities. Science. 2013;340(6140):1574–1577.

18. Skoupý S., Stanojković A., Johansen J.R., Casamatta D.A., McGovern C., Jungblut A.D., Fastner J., Dvořák P. Population and herbarium genomics provide a comprehensive framework for a revision of Microcoleus (Cyanobacteria). Journal of Phycology. 2026;62(2):454–476. DOI: 10.1111/jpy.70145.

UO'K 614.876:612.014.48

IONLASHTIRUVCHI NURLANISHNING INSON ORGANIZMIGA TA'SIRI

Sh.A.Kuramatova, Central Asian Medical University, Farg'ona
R.Muhammadova, Central Asian Medical University, Farg'ona

Annotatsiya. *Mazkur maqolada ionlashtiruvchi nurlanishlarning inson organizmiga fizik, kimyoviy, molekulyar va hujayraviy darajadagi ta'sir mexanizmlari tizimli ravishda tahlil qilinadi. Alfa, beta, gamma, rentgen va neytron nurlanishlarining fizik xususiyatlari, kirib borish qobiliyati hamda biologik samaradorligi qiyoslanadi. Nurlanishning to'qima bilan o'zaro ta'sirida bevosita ionlashuv va suv radiolizi orqali yuzaga keladigan bilvosita ta'sir, reaktiv kislorod shakllari hosil bo'lishi, DNKning bir va ikki zanjirli uzilishlari, xromosomal o'zgarishlar, reparatsiya, apoptoz va kanserogenez jarayonlari yoritiladi. Shuningdek, yutilgan doza, ekvivalent va samarali doza tushunchalari, radiosensitivlik, to'qima reaksiyalari va stoxastik oqibatlar, o'tkir radiatsion sindrom, uzoq muddatli ta'sirlar hamda tibbiy diagnostika va radioterapiyada radiatsiyadan oqilona foydalanish masalalari ko'rib chiqiladi. Radiatsion himoyaning asoslash, optimallashtirish va doza cheklovlari tamoyillari, shuningdek vaqt, masofa va ekranlash orqali himoyalanishning amaliy ahamiyati bayon etiladi. Maqola zamonaviy xalqaro ilmiy va radiatsion himoya manbalari bilan boyitilgan.*

Kalit so'zlar: *ionlashtiruvchi nurlanish, radioaktivlik, alfa nurlanish, beta nurlanish, gamma nurlanish, rentgen nurlari, neytronlar, DNK shikastlanishi, suv radiolizi, erkin radikallar, radiosensitivlik, radiatsion sindrom, kanserogenez, dozimetr, radiatsion xavfsizlik.*

Аннотация. *В данной статье систематически анализируются механизмы действия ионизирующего излучения на организм человека на физическом, химическом, молекулярном и клеточном уровнях. Сравниваются физические свойства, проникающая способность и биологическая эффективность альфа-, бета-, гамма-, рентгеновского и нейтронного излучения. Взаимодействие излучения с тканями включает прямую ионизацию и косвенные эффекты через радиолиз воды, образование активных форм кислорода, одно- и двухцепочечные разрывы ДНК, хромосомные изменения, репарацию, апоптоз и канцерогенез. Также рассматриваются понятия поглощенной дозы, эквивалентной и эффективной дозы, радиочувствительности, тканевых реакций и стохастических последствий, острого радиационного синдрома, долгосрочных эффектов и рационального использования излучения в медицинской диагностике и лучевой терапии. Описываются принципы обоснования, оптимизации и дозовых ограничений радиационной защиты, а также практическое значение защиты временем, расстоянием и экранированием. Статья обогащена современными международными научными и радиационно-защитными источниками.*

Ключевые слова: *ионизирующее излучение, радиоактивность, альфа-излучение, бета-излучение, гамма-излучение, рентгеновские лучи, нейтроны, повреждение ДНК, радиолиз воды, свободные радикалы, радиочувствительность, радиационный синдром, канцерогенез, дозиметр, радиационная безопасность.*

Abstract. *This article provides a systematic analysis of the physical, chemical, molecular and cellular mechanisms of ionizing radiation effects on the human body. The physical properties, penetration capacity and biological effectiveness of alpha, beta, gamma, X-ray and neutron radiation are compared. Particular attention is paid to direct ionization and indirect effects mediated by water radiolysis, formation of reactive oxygen species, DNA single- and double-strand breaks, chromosomal alterations, DNA repair, apoptosis and radiation carcinogenesis. The concepts of absorbed, equivalent and effective dose, tissue radiosensitivity, tissue reactions and stochastic effects, acute radiation syndrome, long-term consequences, and the rational use of ionizing radiation in medical diagnosis and radiotherapy are discussed. The principles of justification, optimization and dose limitation, together with practical protection by time, distance and shielding, are also addressed.*

Keywords: *ionizing radiation, radioactivity, alpha radiation, beta radiation, gamma radiation, X-rays, neutrons, DNA damage, water radiolysis, reactive oxygen species, radiosensitivity, acute radiation syndrome, carcinogenesis, dosimetry, radiation protection.*

Kirish. Ionlashtiruvchi nurlanish tabiatda doimiy mavjud bo‘lib, inson kosmik nurlar, yer qobig‘idagi radionuklidlar, radon va oziq-ovqat tarkibidagi tabiiy radionuklidlar orqali tabiiy fon nurlanishiga duch keladi. Shu bilan birga, tibbiy rentgen diagnostikasi, kompyuter tomografiyasi, radionuklid diagnostika, radioterapiya, sanoat va ilmiy tadqiqotlar sun’iy nurlanish manbalarini shakllantiradi. Ionlashtiruvchi nurlanishning tibbiyotdagi foydasi juda katta bo‘lsa-da, noto‘g‘ri yoki asossiz qo‘llanganda biologik to‘qimalarga zarar yetkazishi mumkin. Shu sababli radiobiologik mexanizmlarni tushunish diagnostik va terapevtik muolajalarni xavfsiz tashkil etish, kasbiy ekspozitsiyani nazorat qilish va aholini radiatsion xavfdan himoya qilish uchun muhimdir [6, 7].

Ionlashtiruvchi nurlanish atom va molekulalardan elektronlarni ajratib chiqarish uchun yetarli energiyaga ega. Biologik tizimlarda bu jarayon juda qisqa vaqt oralig‘ida boshlanadi, biroq uning oqibatlari soniyalar va daqiqalardan yillar hamda o‘n yillargacha davom etishi mumkin. Birlamchi fizik hodisalar keyinchalik kimyoviy reaksiyalar, hujayra signal yo‘llarining o‘zgarishi, DNK shikastlanishi va to‘qima darajasidagi javoblar bilan davom etadi [8, 9].

Ishning maqsadi. Radioaktiv va boshqa ionlashtiruvchi nurlanish turlarining inson organizmiga ta’sirini zamonaviy biofizika va radiobiologiya nuqtai nazaridan tizimlashtirish, molekulyar mexanizmlarni yoritish hamda radiatsion himoyaning ilmiy asoslarini bayon qilish.

Tadqiqot natijalari. Radioaktiv parchalanish natijasida alfa, beta va gamma nurlanishlari hosil bo‘lishi mumkin. Rentgen nurlari ham gamma nurlari singari elektromagnit tabiatga ega, ammo odatda atom yadrosidan tashqaridagi jarayonlar yoki rentgen trubkasida tezlashtirilgan

elektronlarning tormozlanishi natijasida yuzaga keladi. Neytron nurlanishi esa yadro reaksiyalari, bo‘linish jarayonlari va ayrim maxsus manbalarda hosil bo‘ladi.

Nurlanish turi	Tabiati	Kiruvchanlik	Ionlashtirish xususiyati	Asosiy himoya
Alfa (α)	Geliy yadrosi (2p+2n)	Past; terining tashqi qatlami to‘sadi	Yuqori LET; lokal energiya zichligi katta	Ichki kontaminatsiyaning oldini olish
Beta (β)	Elektron yoki pozitron	O‘rtacha	Alfaga nisbatan pastroq	Plastik/akril kabi past Z materiallar
Gamma (γ)	Elektromagnit foton	Yuqori	Past LET, chuqur kiradi	Qo‘rg‘oshin, beton, masofa
Rentgen	Elektromagnit foton	Yuqori	Gamma bilan o‘xshash	Kollimatsiya, ekranlash, optimallashtirish
Neytron	Zaryadsiz zarracha	Yuqori	Bilvosita ionlashtiradi; biologik samarasi energiyaga bog‘liq	Vodorodga boy materiallar, beton

Alfa zarrachalari katta massa va +2 zaryadga ega bo‘lgani sababli modda bilan kuchli o‘zaro ta’sirlashadi va qisqa masofada katta energiya qoldiradi. Shu bois tashqi alfa manbasi odatda terining shox qavatidan o‘ta olmaydi, ammo alfa chiqaruvchi radionuklid organizmga nafas, ovqat yoki yara orqali tushsa, yaqin joylashgan hujayralarga sezilarli zarar yetkazishi mumkin. Gamma va rentgen fotonlari esa chuqur kiruvchanligi bilan ajralib turadi. Neytronlar elektr zaryadiga ega emas va to‘qimalarda ikkilamchi zaryadlangan zarrachalar hosil qilib biologik ta’sir ko‘rsatadi [6, 7].

Radiatsion xavfni baholashda faollik va doza tushunchalarini bir-biridan ajratish zarur. Radioaktiv manbaning faolligi bekkerel (Bq) bilan o‘lchanadi va 1 Bq bir soniyada bitta yadroviy parchalanishga teng. Yutilgan doza gray (Gy) bilan ifodalanadi: 1 Gy — 1 kg modda tomonidan 1 joul ionlashtiruvchi nurlanish energiyasi yutilishidir. Biologik zarar faqat yutilgan energiya miqdoriga emas, balki nurlanish turiga va qaysi to‘qima nurlanganiga ham bog‘liq. Shu sababli radiatsion himoyada ekvivalent va samarali doza sievert (Sv) birliklarida ifodalanadi [6, 10].

Kattalik	Birlik	Mazmuni	Amaliy ahamiyati
Faollik	Bq	Bir soniyadagi yadroviy parchalanishlar soni	Radioaktiv manba kuchini tavsiflaydi
Yutilgan doza	Gy	Birlik massaga yutilgan energiya	To‘qimaga fizik energiya berilishini ko‘rsatadi
Ekvivalent doza	Sv	Nurlanish turining biologik og‘irligini hisobga oladi	Turli nurlanishlarni biologik ta’sir bo‘yicha qiyoslaydi
Samarali doza	Sv	To‘qimalar radiosensitivligini ham hisobga oladi	Umumiy radiatsion zarar ehtimolini baholashda ishlatiladi

Ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta’siri shartli ravishda fizik, fizik-kimyoviy, kimyoviy va biologik bosqichlarga ajratiladi. Fizik bosqichda energiya atom va molekulalarga uzatiladi, ionlanish va qo‘zg‘alish yuz beradi. Keyingi bosqichda juda reaktiv kimyoviy mahsulotlar paydo bo‘ladi. Hujayraning katta qismini suv tashkil qilgani uchun suv radiolizi radiobiologiyada alohida ahamiyatga ega.

Suv molekulasi nurlanish energiyasini yutganda ion va radikallar, jumladan gidroksil radikali (•OH) kabi reaktiv kislorod shakllari hosil bo‘lishi mumkin. Ular DNK, oqsillar va membrana lipidlari bilan reaksiyaga kirishib oksidlovchi shikastlanishni kuchaytiradi. Nurlanish DNKning o‘ziga energiya uzatsa — bevosita, suv radiolizi mahsulotlari orqali zarar yetkazsa — bilvosita ta’sir deb qaraladi. Past LETli foton nurlanishlarda bilvosita mexanizm muhim ulushni tashkil etadi [8, 9].

DNK ionlashtiruvchi nurlanishning eng muhim biologik nishonlaridan biridir. Nurlanish azotli asoslarning kimyoviy o‘zgarishi, bir zanjirli uzilishlar, ikki zanjirli uzilishlar, DNK–DNK va DNK–oqsil ko‘ndalang bog‘lanishlari hamda murakkab klasterli shikastlanishlarni yuzaga keltirishi mumkin. Ayniqsa, ikki zanjirli uzilishlar va bir-biriga yaqin joylashgan murakkab shikastlanishlar noto‘g‘ri tiklansa, xromosomal qayta tuzilishlar va mutatsiyalar paydo bo‘lishi mumkin [8, 9].

Hujayra DNK shikastlanishiga javoban hujayra siklini vaqtincha to‘xtatishi va reparatsiya tizimlarini ishga tushirishi mumkin. Reparatsiya muvaffaqiyatli kechsa hujayra faoliyati tiklanadi;

og‘ir shikastlanishda apoptoz, mitotik halokat yoki boshqa hujayra o‘limi shakllari yuz beradi. Ayrim hollarda esa noto‘g‘ri reparatsiya qilingan hujayra yashab qoladi va genetik o‘zgarishlarni keyingi avlod hujayralariga uzatadi. Kanserogenez bir bosqichli hodisa emas; radiatsiya ko‘p bosqichli o‘sma rivojlanish jarayonining ayrim bosqichlariga hissa qo‘shishi mumkin [8].

Barcha to‘qimalar ionlashtiruvchi nurlanishga bir xil sezgir emas. Odatda faol bo‘linadigan, kam differensiyalangan va proliferativ zaxirasi yuqori hujayralar ko‘proq radiosensitiv bo‘ladi. Shu sababli suyak ko‘migi, limfoid to‘qima, ichak epiteliysi, jinsiy hujayralar va ayrim teri tuzilmalari nurlanishga sezgir hisoblanadi. Yetuk nerv va mushak hujayralari odatda nisbatan radiochidamli bo‘lsa-da, juda katta dozalarda hech bir to‘qima mutlaq himoyalangan emas.

Ionlashtiruvchi nurlanishning eng muhim uzoq muddatli oqibatlaridan biri saraton xavfining ortishidir. Epidemiologik kuzatuvlar va radiobiologik tadqiqotlar leykemiya hamda ayrim qattiq o‘smalar bilan radiatsion ekspozitsiya o‘rtasidagi bog‘liqlikni baholash uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Xavf nurlanish dozasi, ekspozitsiya yoshi, vaqt o‘tishi, jins, nurlangan organ va boshqa omillarga bog‘liq [7, 8].

Ionlashtiruvchi nurlanish faqat xavf manbai emas, balki zamonaviy tibbiyotning muhim diagnostik va terapevtik vositasidir. Rentgenografiya va kompyuter tomografiyasi anatomik tuzilmalarni tasvirlashda, radionuklid diagnostika esa organ va to‘qimalarning funksional jarayonlarini baholashda qo‘llaniladi. Radioterapiyada yuqori energiyali nurlanish o‘sma hujayralarining DNKsini shikastlash orqali ularning ko‘payish qobiliyatini pasaytirish yoki yo‘q qilish maqsadida ishlatiladi. Tibbiy ekspozitsiyada bemorga oddiy kasbiy yoki aholi doza limitlarini qo‘llash maqsadga muvofiq emas, chunki klinik foyda nurlanish bilan bog‘liq zarar ehtimolidan ustun bo‘lishi mumkin. ICRP tibbiy nurlanishda muolajani asoslash va himoyani optimallashtirishni markaziy tamoyil sifatida ko‘rsatadi: kerakli diagnostik yoki terapevtik maqsadga erishish uchun yetarli, ammo ortiqcha bo‘lmagan ekspozitsiya tanlanadi [12].

Xulosa

1. Ionlashtiruvchi nurlanish inson organizmida fizik ionlashuvdan boshlanib, kimyoviy va biologik javoblar bilan davom etadigan ko‘p bosqichli jarayonni yuzaga keltiradi.

2. DNK, ayniqsa ikki zanjirli uzilishlar va murakkab shikastlanishlar, radiatsion biologik ta’sirning muhim molekulyar nishonlaridan biridir; natija reparatsiya sifati, hujayra turi va ekspozitsiya sharoitiga bog‘liq.

3. Alfa, beta, gamma, rentgen va neytron nurlanishlari kiruvchanlik va biologik samaradorlik jihatidan farq qiladi, shu sababli himoya strategiyasi nurlanish turiga mos bo‘lishi kerak.

4. Yuqori dozalar to‘qima reaksiyalari va o‘tkir radiatsion sindromga olib kelishi mumkin; pastroq dozalar bilan bog‘liq uzoq muddatli xavflar, jumladan saraton xavfi, ehtimollik asosida baholanadi.

5. Radiatsiya tibbiyotda katta diagnostik va terapevtik ahamiyatga ega. Bemor xavfsizligining asosiy sharti muolajani klinik jihatdan asoslash va ekspozitsiyani tibbiy maqsadga muvofiq optimallashtirishdir.

6. Radiatsion xavfsizlikda ICRPning asoslash, optimallashtirish va tegishli holatlarda doza limitlari tamoyillari, shuningdek vaqt, masofa, ekranlash va dozimetrik nazorat muhim o‘rin tutadi.

7. Radiatsion xavf haqida ilmiy axborot berishda yuqori doza oqibatlari bilan past doza xavflarini aralashtirmaslik, insonlarda isbotlangan natijalarni eksperimental dalillardan ajratish zarur.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Ismailov E., Mamatqulov N. Biofizika va radiobiologiya. Toshkent: O‘zbekiston milliy universiteti nashriyoti; 2018.

2. Ismailov E. Biofizika. Samarqand: Samarqand davlat tibbiyot instituti; 2013.

3. Mamajanova L.A. Radiatsiya xavfsizligi. Toshkent: Fan va texnologiya; 2005.

4. Nabiyev A. Radiatsiya xavfsizligi: o‘quv-uslubiy majmua. Namangan: NamDU nashriyoti; 2021.

5. Tojiev M.X. Hayot faoliyati xavfsizligi. Toshkent: O‘qituvchi; 2012.

6. World Health Organization. Ionizing radiation and health effects. Fact sheet. 27 July 2023. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects

7. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann ICRP. 2007;37(2-4).

8. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2020/2021 Report, Volume III, Scientific Annex C: Biological mechanisms relevant for the inference of cancer risks from low-dose and low-dose-rate radiation. United Nations; 2022.

UO'K 58.09:577.15

ELWENDIA BOISS. TURKUMI TURLARIDAN AJRATIB OLINGAN ANTIOKSIDANTLAR VA ULARNING ORGANIZMGA TA'SIRI

I.E. Mamatkulova, o'qituvchi, O'zbeksiton Milliy unversiteti Jizzax filiali, Jizzax

Annotatsiya. *Maqolada Elwendia turkumi Elwendia persica turining lipidlarning perekisli oksidlanishiga nisbatan bir nechta ta'sir natijasida yuz berish holatlaridagi natijalari hamda antioksidantlar va ularning organizmga ta'sirining tahlili o'rganilgan. Organizmda erkin radikallarning hosil bo'lishi va lipidlarning perekisli oksidlanish jarayoni kuchayishi nafaqat kislorod miqdori ortib ketgan holatlarda, balki bir qator boshqa sabablar asosida ham yuzaga kelishi mumkin. Tadqiqotlar natijasi shuni ko'rsatadiki, oksidativ stress ta'sirida biologik membranalar xususiyatlari va hujayra funksiyasida buzilishi yuz beradi. Erkin radikallar va ularni hosil bo'lishi bilan bog'liq reaksiyalar ko'pchilik jiddiy kasalliklar va qarishni asosiy sababchisi hisoblanadi.*

Kalit so'z: *Elwendia persica, in vitro,iv vivo, kversiten, perekisli oksidlanishi, ion singdiruvchanlik, DFPG usuli, H_2O_2 usuli, oksidativ stress.*

Аннотация. *В статье изучены результаты комплексного воздействия видов Elwendia persica на перекисное окисление липидов и анализ антиоксидантов и их действия на организм. Образование в организме свободных радикалов и усиление пероксигенации липидов может происходить не только в случаях повышенного содержания кислорода, но и по ряду других причин. Результаты исследования показывают, что под влиянием окислительного стресса нарушаются свойства биологических мембран и функции клеток. Свободные радикалы и реакции, связанные с их образованием, являются основной причиной многих серьезных заболеваний и старения.*

Ключевые слова: *Elwendia persica, in vitro, iv vivo, кверцетин, перекисное окисление, абсорбция ионов, метод DFPG, метод H_2O_2, окислительный стресс.*

Abstract. *In the article, the results of multiple effects of Elwendia persica species on lipid peroxide oxidation and the analysis of antioxidants and their effects on the body are studied. The formation of free radicals in the body and the increase in the peroxygenation of lipids can occur not only in cases of increased oxygen content, but also based on a number of other reasons. The results of the research show that under the influence of oxidative stress, the properties of biological membranes and cell functions are disturbed. Free radicals and the reactions associated with their formation are the main cause of many serious diseases and aging.*

Key words: *Elwendia persica, in vitro, iv vivo, quercetin, peroxide oxidation, ion absorption, DFPG method, H_2O_2 method, oxidative stress.*

Mavzuning dolzarbligi: Kversetinning eng yaxshi tavsiflangan xususiyati bu antioksidant sifatida ta'sir qilish mexanizmi hisoblanadi. Kversetin tanani normal kislorod almashinuvi jarayonida hosil bo'ladigan yoki ekzogen zarar tufayli kelib chiqadigan reaktiv kislorod turlariga (ROS) qarshi himoya qiluvchi eng kuchli flavonoidlardan hisoblanadi [3]. Hayvon hujayralarida erkin radikal hosil bo'lishi tasodifan yoki o'z-o'zidan sodir bo'lishi mumkin. Kversetin erkin radikal induksiya qilingan to'qimalarni turli yo'llar bilan shikastlanishini oldini oladi va bu tirik organizmlar uchun juda muhim bo'lgan xususiyatlardan hisoblanadi. Erkin radikallarni tozalash orqali, flavonoid ayniqsa kversetin *in vitro* sharoitida LRO oksidlanishini cheklaydi. Bu harakat aterosklerozdan himoya qiladi [9]. *In vitro* va *in vivo*laboratoriya tadqiqotlari dalillari, klinik sinovlar va epidemiologik tekshiruvlar shuni ko'rsatadiki o'simliklarga asoslangan parhezlar turli xil saraton kasalliklariga qarshi himoya ta'siriga ega.

Tadqiqot maqsadi: *Elwendia* Boiss. turkumi turlaridan ajratib olingan antioksidantlar va ularning organizmga ta'sirini, kversiten moddasining biologik ahamiyatini o'rganish.

Tadqiqotning material va usullari: Organizmda erkin radikallarning hosil bo‘lishi va lipidlarning perekisli oksidlanish jarayoni kuchayishi (ba’zan bu jarayon oksidativ stress deb ataladi) nafaqat kislorod miqdori ortib ketgan holatlarda, balki bir qator boshqa sabablar asosida ham yuzaga kelishi mumkinligi ta’kidlangan. Olib borilgan tadqiqotlar va mavjud adabiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatdiki, oksidativ stress ta’sirida biologik membranalar xususiyatlari va hujayra funksiyasida buzilishi yuz berishi kuzatiladi. Lipidlarning perekisli oksidlanishi nisbatan uchta bevosita ta’sir natijasida yuz berish holatlaridagi natijalari bo‘yicha ko‘proq o‘rganilgan [1,4].

Birinchi holat – lipidlarning perekisli oksidlanishi membrana oqsillari tarkibida tiol (sulfigidril) guruhlarning oksidlanish tarzida amalga oshadi. Masalan, ko‘z gavharida lipidlarning perekisli oksidlanishi, oqsil agregatlarining hosil bo‘lishi ta’sirida ko‘z gavharining xiralashishi yuz beradi. Bu jarayon natijasida odam organizmida katarakta kabi patologiyalar rivojlanishi yuz beradi. Tiol guruhlarining oksidlanishi mitoxondriya va hujayraning boshqa membrana qismlarida turli xil defektlar yuzaga kelishiga sabab bo‘ladi. Membranada elektr potensiallar farqlanishi asosida poralar orqali hujayraga Na^+ ionlari kirishi kuchayadi yoki mitoxondriya membranasi orqali K^+ ionlari kirishi faollashadi. Natijada esa hujayra ichki qismida va mitoxondriya ichki qismida osmotik bosim ortadi, mitoxondriya bo‘kishi amalga oshadi. Bu jarayonlar ta’sirida esa membranada keyingi yemirilishlar yuz beradi. Hujayra patologiyasida faol markaz sohasida tiol guruhlari mavjud bo‘lgan Ca^{2+}-ATFaza faolligida yuzaga keluvchi o‘zgarishlar sezilarli darajada ahamiyatga ega hisoblanadi. Ca^{2+}-ATFaza inaktivatsiyasi natijasida Ca^{2+} ionlarining hujayradan tashqi muhitga «chiqarib tashlanishi» amalga oshadi va bir vaqtning o‘zida hujayraga Ca^{2+} ionlarining kirish jarayoni xam kuchayadi. Bu jarayon hujayra ichki qismida Ca^{2+} ionlari konsentratsiyasining ortib ketishi va hujayraning yemirilishi bilan davom etadi [4, 11].

Ikkinchi holat – lipidlarning perekisli oksidlanishi natijasida hosil bo‘luvchi moddalarning bevosita membrana lipid qo‘sh qavatida ion singdiruvchanlik xususiyatining ortishiga sabab bo‘lishi bilan bog‘liq hisoblanadi. Ushbu ko‘rinishda lipidlarning perekisli oksidlanish jarayoni mahsulotlari membrana lipid fazasini vodorod va kalsiy ionlari uchun o‘tkazuvchanlik xususiyati ortishiga olib keladi. Bu jarayonlar natijasida ATF sintezi xususiyati yo‘qoladi va hujayra energiya tanqisligi holatiga tushib qoladi. Bir vaqtning o‘zida hujayra sitoplazmasida Ca^{2+} ionlari konsentratsiyasi o‘zgarishlari natijasida hujayra ichki strukturalarida jiddiy o‘zgarishlar ro‘y beradi. Biologik faol moddalar orasida polifenol aralashmalari, shu jumladan taninlar alohida o‘rin tutadi. Taninlar antioksidant, antibakterial, yallig‘lanishga qarshi xususiyatlariga ega [5, 11].

Uchinchi holat – (balki bu eng muhimi hisoblanishi xam mumkin) lipidlarning perekisli oksidlanishida lipid qo‘sh qavatining barqarorlik xususiyati susayishi hisoblanadi, bunda membranada hosil bo‘luvchi elektr potensiallar farqi ta’sirida membranada elektr o‘zgarishlari yuz beradi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Hozirgi kundanantioksidantlar haqida ilmiy ishlar ko‘payib bormoqda . Chunki qanday qilib antioksidantlar saraton kasalligini oldini olishda stress bilan kurashishda yordam bera oladi degan savol juda qiziqarli.

Qadimdan tabiblarimiz meva va sabzavotlardan ko‘proq iste’mol qilishni tavsiya etganlar. Aynan meva va sabzavotlar tarkibidagi antioksidantlar organizmda yig‘ilib qolgan bo‘sh radikallarni yig‘ib chiqarib tashlash qobiliyatiga ega ekan. Bo‘sh radikallar organizmni tez qaritadi, uning tizimlarini ish faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi va eng asosiysi organizm immun tizimini buzadi. Undan tashqari bo‘sh radikallar borgan sari ko‘payib to‘qima DNKsini buzib, saraton kasalligining ayrim turlari yuzaga kelish xavfini yuzaga keltiradi. Bo‘sh radikallar surunkali stress natijasida va atrof-muhitdagi radioaktiv moddalarning organizmda yig‘ilishi natijasida ham vujudga keladi. Shunday ekan, organizmdagi ortiqcha bo‘sh radikallarni yo‘q qilish zarur [1-3].

- DFPG (radikal)ning erkin radikalining optik zichligi o‘zgarishini qayd etish orqali kversetin va digidrokversetinning antiradikal faolligi aniqlandi;

- Ruch uslubiga asoslangan usul bo‘yicha vodorod peroksidga nisbatan birikmalar (kversetin va digidrokversetin)ning antiradikal va antioksidant faolligi aniqlandi;

DFPG va H_2O_2 usulida digidrokversetin va kversetin flavonoidlarining antioksidant va antiradikal xususiyatlarini *in vitro* sharoitida aniqlash

DFPG usuli.

Kversetin va digidrokversetin flavonoidlarining antioksidant va antiradikal xususiyatlarini DFPG (radikal) erkin radikalining optik zichligi o‘zgarishini qayd etish orqali amalga oshirildi. Ushbu ishda ARF ni aniqlash uchun biz barqaror radikal 2,2-difenil-1-pikrilgidrazil (DFPG) molekulalarining antioksidantlar bilan qaytarilish kinetikasini spektrofotometrik o‘lchov texnikasidan foydalandik. Sinov aralashmalari suvda 1 mg/ml konsentratsiyasida eritildi.

H_2O_2 usuli

Vodorod peroksidga nisbatan birikmalarning antiradikallik faolligini aniqlash uchun Ruch uslubiga asoslangan usul ishlatilgan. 2 ml 20 M fosfat tamponi, 1 ml 43 M vodorod peroksid eritmasi va 1 ml distillangan suvni o‘z ichiga olgan har bir naychaga namunalar alohida qo‘shildi.

Nazorat sifatida fosfat tamponi eritmasi va fosfat tamponsiz vodorod peroksid eritmasini qabul qilish ishlatilgan. Xona haroratida 10 daqiqa inkubatsiyadan so‘ng, namunalarning optik zichligi fosfat tamponining nazorat eritmasiga nisbatan 230 nm da o‘lchandi. Vodorod peroksidni qabul qilish foizi quyidagi formuladan foydalanib hisoblab chiqilgan:

H_2O_2% = [(Ac-Ae) / Ac x 100]

bu yerda Ac- vodorod peroksid eritmasining fosfat tamponisiz optik zichligi va Ae - namunalarning optik zichligi.

Antioksidantlar va ularning organizmga ta’siri

Ma’lumki, jigar mitoxondriyasi ikki oksidlanish tizimiga ega NAD orqali oksidlanuvchi substratlar va suksinat oksidlanishining ichki fosforlanuvchi yo‘li va qo‘shilgan NADH erkin oksidlanishini tashqi yo‘li; ushbu yo‘lning nafas olish zanjirining boshlang‘ich qismi V_5-reduktazaning $NADH_2$-sitoxromi hisoblanadi. Ushbu oksidlanish yo‘llaridan biri (ichki yo‘li) rotenon bilan to‘xtaydi. IM: 0,05 M tris-HCl, 0,005 M gistidin va 0,66 M saharozadan tashkil topgan bo‘lib, rN 7,4 ga teng. Rotenonni – sezuvchan NADH – oksidaza (RS NADH-oksidaza) faolligi 1 ml hajmdagi yacheykaga 3 mkM $NADH_2$ qo‘shish bilan aniqlandi. NADH – oksidaza faolligini ham 2 mkg rotenon ishtirokida aniqlandi. Umumiy NADH – oksidaza faolligidan RS NADH oksidaza faoligini hisoblab chiqarildi Fermentli antioksidant tizimi superoksiddismutaza, katalaza, peroksidazalardan tashkil topgan. Bu tizim NAD.H fondi manbasi bo‘lib xizmat qiladigan erkin radikal proton oqimlari tizimini o‘chiradi [4, 5].

Hujayra ichidagi asosiy ferment himoya omili superoksiddismutaza hisoblanadi, uning asosiy vazifasi superoksidanionni chiqarib tashlashdan iborat. Bu metalloprotein ikki asosiy variantda uchraydi: mitoxondriya matriksida joylashgan marganes saqlovchi ferment, va sitoplazmadan joylashgan mis-ruh-saqlovchi fermentlardir. Mis-ruh-saqlovchi superoksiddismutazaning miqdori marganes saqlovchi superoksiddismutazaning miqdoridan ko‘p. Buning asosiy sababi boshqa metallarga nisbatan Ca^{2+} kuchli tiklovchi bo‘lganligi uchun ham mis-ruh-saqlovchi superoksiddismutaza marganes saqlovchi superoksiddismutazanikidan 1,5-2 marta faolroq. Antioksidantlar organizmni erkin radikallardan va kislorodni faol shakllaridan himoya qiladigan moddalardir. Erkin radikallar organik molekulalarni kislorod bilan chala oksidlanishida, ya’ni perekisli oksidlanishida hosil bo‘ladi. Bizning hayotimiz kislorod iste’moli bilan va oksidlanish jarayoni bilan chambarchas bog‘langan, shu sababdan organizmda erkin radikallarni hosil bo‘lishidan saqlanish mumkin emas. Erkin radikallar va ularni hosil bo‘lishi bilan bog‘liq reaksiyalar ko‘pchilik jiddiy kasalliklar va qarishni asosiy sababchisi hisoblanadi. Antioksidantlar erkin radikalli oksidlanish reaksiyasiga to‘sqinlik qiladi va buzilgan birikmalarni qayta tiklaydi. Antioksidantlar oksidlovchiga o‘zini elektronini beradi va uning buzuvchi ta’sirini to‘xtatadi, va natijada o‘zi oksidlanadi va nofaol holatga o‘tadi. Uni o‘zini ishga yaraydigan holatga o‘tishi uchun uni yana qayta tiklashi kerak bo‘ladi. Shu sababdan antioksidantlar tezlik bilan ikki yoki guruh bo‘lib ishlaydi, ya’ni oksidlangan sherigini himoya qiladi va tezda uni qayta tiklaydi. Ana shunday antioksidantlardan biri ionol (2,6-ditretbutil-4-metilfenol) hisoblanadi. Hujayra va to‘qima nafas olish jarayonini buzilishi natijasida ko‘p tomonli patogen faktorlarni, masalan, mitoxondriyaning genetik, biokimyoviy va tuzilish-funksional yetishmovchiligi kuzatiladi va buning oqibatida hozirgi vaqtda tipik patologik jarayon deb ataluvchi mitoxondriyalar disfunksiyasi kelib chiqadi. Mitoxondriya disfunksiyasini

tug‘ma genetik yetishmovchiligi yoki turli xil faktorlar, masalan gipoksiya, ishemiya, oksidlanishli stress va yallig‘lanish oldi sitokin ekspressiyalarida kelib chiqadigan turlari farqlanadi [5, 7, 8].

Antioksidantlarni organizmga ta’sirini ko‘radigan bo‘lsak, ko‘plab adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra flavonoid moddalar tabiiy antioksidantlar hisoblanadi. Antioksidantlar mitoxondriya membranasidagi lipidlarni perekisli oksidlanishida ingibirlovchi ta’sir etishi va superoksiddismutaza, katalaza fermentlarining faolliklari bilan izohlanadi. Bunday flavonoidlarga rutin, pulikarin, kversetin, apigenin va shu kabi ko‘plab moddalar tajribalarda antioksidant xossalarini namoyon qiladi. Antioksidantlar mitoxondriyalar disfunksiyasida nafas zanjirlarida erkin radikallarni hosil bo‘lishini kamaytirish, ya’ni antiradikal mexanizmi ishtirokida ta’sir etadi. Bundan tashqari prooksidant moddalar ham bor. Bunday moddalar mitoxondriyalarda erkin radikallarni ortishiga olib keladi, natijada membrana lipidlarida perekisli oksidlanish jarayoni boshlanib ketishiga sababchi bo‘ladi. Bizning organizmimiz uchun kislorod miqdorining me’yoriy darajadan ortib ketishi ham yaxshi oqibatlarga olib kelmaydi. Bu ko‘rinishdagi holat yuz berganda erkin radikallarning hosil bo‘lishi natijasida hujayra strukturalari yemirila boshlaydi.

Xulosa qilib aytganda, erkin radikallar organizmni tez qaritadi, uning tizimlarini ish faoliyatiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi va eng asosiysi organizm immun tizimini buzadi. Undan tashqari bo‘sh radikallar borgan sari ko‘payib to‘qima DNKsini buzib, saraton kasalligining ayrim turlari yuzaga kelish xavfini yuzaga keltiradi. Bunday holatlarni oldini olish va davolash uchun o‘simliklardan olinadigan antioksidantlar muhim ekan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Тринеева О.В. Методы определения антиоксидантной активности объектов растительного и синтетического происхождения в фармации (обзор). Разработка и регистрация лекарственных средств. -2017; (4). Стр. 180-197.

2. Мельничук В.А. Экспресс-метод определения антирадикальной активности лекарственных веществ // Хим. Фарм. журн. – 1985. – V.5. – С. 565-567.

3. Seyoum A. Asres K., El-Fiky F.K. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids // Phytochemistry. – 2006. – V. 67. – P. 2058-2070.

4. Gutteridge V., Westermarck T., Halliwell B. Oxygen damage in biological systems // Free radical, aging and degenerativedisease / [Ed. by Y. Yohson]. New York, 1986. 211 p.

5. Ханов В.В., Рыжова Г.Л., Мальцева Е.В. Методы исследования антиоксидантов // Химия растительного сырья. 2004. №3. С. 63-75.

6. Mustafakulov M A, Ishanxodjaev T M, Saatov T S, Raximov R N. Euphorbin polifenolini eksperimental qandli diabetda gipoglikimik hususiyatlarini tekshirish. Farmatsevtika jurnali, №4, 2019. 91-95.

7. Абдураимов О.С., Маматкулова И.Э.. Turkiston tog tizmasida tarqalgan *Elwendia* Boiss (Apiaceae) turkumi turlari. Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi. 2021. № 6. С.10-14

8. Crozier A., Jaganath I.B., Clifford M.N. Phenols, polyphenols and tannins: An overview // Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK, 2006. -P. 1-24.

9. Haslam E. Plant polyphenols (syn. vegetable tannins) and chemical defensea reappraisal // J. Chem. Ecol. 1988. –V. 14.-P. 1789-180

10. Рябинина Е.И., Зотова Е.Е., Ветрова Е.Н., Пономарева Н.И., Илюшина Т.Н. Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина. Химия растительного сырья. 2011. №3. С. 117–121.

11. Rice-Evans C. A., Miller N. J., Paganga G. Structureantioxidant activity relationships of flavonoids and phenolicacids // Free Radic. Biol. Med.— 1996.— Vol. 20.— P. 933–956.

UO‘K 581.132:631.5

AMARANT O‘SIMLIKLARIDA BARG MAYDONI VA FOTOSINTETIK POTENSIALNING TASHQI MUHIT OMILLARI TA’SIRIDA O‘ZGARISHI

N.K. Mambetova, mustaqil tadqiqotchi, Ajiniyoz nomidagi Nukus davlat pedagogika instituti, Nukus

Annotatsiya. *Maqolada Qoraqalpog‘iston Respublikasining agroekologik sharoitida amarantning* Amaranthus hypochondriacus *L. turiga mansub «ICBA TDAU-1»,* Amaranthus cruentus *L. turiga mansub «ICBA TDAU-2» va* Amaranthus tricolor *L. turiga mansub «Uch rangli» navlarida barg maydoni va fotosintetik potensialning 2023–2025-yillardagi o‘zgarishi tahlil qilindi. Ekish muddati, mineral oziqlanish, namlik va haroratning ushbu ko‘rsatkichlarga ta’siri aniqlandi.*

Mineral oziqlanishning yaxshilanishi barg maydoni va fotosintetik potensialni oshirishi, ekish muddatining kechikishi hamda suv tanqisligi esa ularning pasayishiga olib kelishi belgilandi.

Kalit so'zlar: *amarant, barg maydoni, fotosintetik potensial, ekish muddati, mineral oziqlanish, sug'orish, agroekologik omillar.*

Аннотация. *В статье проанализирована динамика площади листьев и фотосинтетического потенциала амаранта в агроэкологических условиях Республики Каракалпакстан в 2023–2025 гг. Исследованы сорта «ICBA TDAU-1» вида* Amaranthus hypochondriacus *L., «ICBA TDAU-2» вида* Amaranthus cruentus *L. и «Уч рангли» вида* Amaranthus tricolor *L. Установлено влияние сроков посева, минерального питания, влагообеспеченности и температурных условий на формирование листового аппарата и фотосинтетический потенциал растений. Улучшение минерального питания способствовало повышению изучаемых показателей, тогда как поздние сроки посева и дефицит влаги приводили к их снижению.*

Ключевые слова: *амарант, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, сроки посева, минеральное питание, орошение, агроэкологические факторы.*

Abstract. *The article analyzes changes in leaf area and photosynthetic potential of amaranth under the agroecological conditions of the Republic of Karakalpakstan during 2023–2025. The study included «ICBA TDAU-1» of* Amaranthus hypochondriacus *L., «ICBA TDAU-2» of* Amaranthus cruentus *L., and «Uch rangli» of* Amaranthus tricolor *L. The effects of sowing dates, mineral nutrition, moisture availability, and temperature conditions on leaf development and photosynthetic potential were determined. Improved mineral nutrition increased the studied parameters, whereas delayed sowing and water deficiency resulted in their reduction.*

Key words: *amaranth, leaf area, photosynthetic potential, sowing date, mineral nutrition, irrigation, agroecological factors.*

O'simliklarning biologik mahsuldorligini shakllantirishda fotosintez jarayoni va uning faol kechishini ta'minlovchi barg apparati alohida ahamiyatga ega. Barglar o'simlikning asosiy assimilyatsion organi bo'lib, ularning soni, yuzasi, joylashuvi va faoliyat davomiyligi o'simlik tomonidan quyosh energiyasidan foydalanish samaradorligini belgilaydi. Shu sababli barg maydoni o'simliklarning o'sishi, rivojlanishi, biomassa to'planishi va hosildorligini baholashda muhim fiziologik ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi [1].

Fotosintez jarayonining jadalligi nafaqat o'simlikning genetik-biologik xususiyatlariga, balki tashqi muhit omillariga ham bevosita bog'liq. Yorug'lik, harorat, namlik, tuproqdagi oziq moddalar miqdori, sho'rlanish darajasi va boshqa ekologik omillar o'simlik barg apparatining shakllanishi va uning fotosintetik faoliyatiga turlicha ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, Qoraqalpog'iston Respublikasining quruq va issiq agroekologik sharoitida namlik va mineral oziqlanish bilan ta'minlanganlik amarant o'simligining o'sish-rivojlanishini belgilovchi asosiy omillardan hisoblanadi. Amarant yuqori haroratga va nisbatan qurg'oqchil sharoitlarga chidamliligi bilan ajralib turadigan istiqbolli ekinlardan biridir. Mazkur o'simlikda fotosintezning C4 yo'li orqali amalga oshishi uning issiq iqlim sharoitida yuqori fotosintetik faollikni saqlab qolishiga imkon beradi. Shuningdek, amarantda vegetatsiya davrining oxirigacha yangi barglarning shakllanishi davom etishi boshqa ayrim donli ekinlardan farqli ravishda assimilyatsion apparatning uzoq vaqt faol bo'lishini ta'minlaydi [2].

Tadqiqot materiallari va usullari. Tadqiqotlar 2023–2025-yillar davomida Qoraqalpog'iston Respublikasining Nukus tumani, Shortanbay ovulida joylashgan «Don va sholi» ilmiy ishlab chiqarish birlashmasining tajriba uchastkasida olib borildi. Tajriba davomida *Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus cruentus* L. va *Amaranthus tricolor* L. turlarining bioekologik xususiyatlari, o'sishi, rivojlanishi, mahsuldorligi hamda Qoraqalpog'iston sharoitiga moslashuv darajasi o'rganildi.Tajriba hududi Janubiy Orolbo'yi agroekologik zonasiga mansub bo'lib, keskin kontinental va quruq iqlim sharoiti bilan tavsiflanadi. Hududda yoz faslining uzoq, issiq va quruq kelishi, yog'ingarchilik miqdorining kamligi hamda bug'lanish jarayonining yuqoriligi o'simliklarning o'sishi va rivojlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Vegetatsiya davrida havo

haroratining yuqori bo‘lishi issiqliksevar *Amaranthus* L. turlarining rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratadi.

Tajriba maydoni Amudaryo deltasi hududida shakllangan o‘tloqi va o‘tloqi-alluvial tuproqlar tarqalgan zonada joylashgan. Tuproq tarkibida chirindi miqdori 0,8–2,5 %, azot 0,08–1,2 %, fosfor (P_2O_5) o‘rtacha 0,19 % va kaliy miqdori 2 % atrofida ekanligi qayd etilgan. Tuproqning oziqa elementlari bilan ta’minlanganlik darajasi o‘simliklarning ildiz tizimi rivojlanishi, vegetativ massa to‘planishi va mahsuldorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillardan biri sifatida baholandi.

Tajriba hududida tuproqlarning ayrim qismlarida turli darajadagi sho‘rlanish kuzatiladi. Tuproq sho‘rlanishi o‘simliklarning suv va mineral oziqa moddalarini o‘zlashtirishiga ta’sir etib, urug‘larning unishi, ildiz tizimining shakllanishi va vegetativ organlarning rivojlanish jarayonlarini cheklashi mumkin. Shu sababli tajriba davomida o‘rganilgan *Amaranthus* L. turlarining sho‘rlanish va namlik tanqisligi sharoitidagi o‘sish hamda rivojlanish ko‘rsatkichlariga alohida e’tibor qaratildi.Tadqiqot yillarida hududning agroiqlimiy sharoitlari, jumladan, havo harorati va yog‘ingarchilik miqdori Nukus tumani agrometeorologiya stansiyasi ma’lumotlari asosida tahlil qilindi. 2023–2025-yillarda meteorologik sharoitlarning o‘zgaruvchanligi tajriba natijalarini baholashda hisobga olindi. Xususan, 2023-yilda vegetatsiya davrining ayrim oylarida yuqori harorat kuzatilgan bo‘lsa, 2024-yilda ham haroratning ko‘p yillik ko‘rsatkichlardan yuqori bo‘lishi qayd etildi. 2025-yilda esa yuqori harorat va yog‘ingarchilikning kamligi kuzatilib, ushbu sharoit *Amaranthus* L. turlarining qurg‘oqchilikka chidamliligi va ekologik moslashuvchanligini baholash uchun muhim omil bo‘ldi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi. Tadqiqotlar davomida amarant o‘simliklarida barg maydonining shakllanishi vegetatsiya davrining dastlabki bosqichlarida nisbatan sekin kechishi aniqlandi. Keyingi rivojlanish fazalarida esa o‘simliklarning ildiz tizimi va vegetativ organlari faol rivojlanishi natijasida barg maydoni jadal oshib bordi. Barg maydonining shakllanishiga ekish muddati va mineral oziqlanish bilan bir qatorda vegetatsiya davridagi harorat hamda namlik sharoitlari sezilarli ta’sir ko‘rsatdi.

2023-yilda nazorat variantida shoxlanish fazasida *Amaranthus hypochondriacus* L. turining «ICBA TDAU-1» navida barg maydoni 23,0 ming m²/ga, *Amaranthus cruentus* L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa 25,3 ming m²/ga ni tashkil etdi. N150P100K100 me’yorida mineral o‘g‘itlar qo‘llanilganda barg maydonining sezilarli darajada oshishi kuzatildi. Bu holat mineral oziqlanishning yaxshilanishi o‘simliklarning vegetativ rivojlanishini kuchaytirganligini ko‘rsatadi.

2024-yilda barg maydoni shakllanishi bo‘yicha yuqoriroq ko‘rsatkichlar qayd etildi. Jumladan, 25-aprelda ekilgan va o‘g‘itsiz variantda *Amaranthus hypochondriacus* L. turining «ICBA TDAU-1» navida 25,2 ming m²/ga, *Amaranthus cruentus* L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa 27,5 ming m²/ga barg maydoni shakllandi. Ekish muddatining 5-mayga kechiktirilishi natijasida ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 19,2 va 20,4 ming m²/ga gacha kamaydi. Demak, ekish muddatining kechikishi amarantning dastlabki vegetatsiya bosqichlarida barg apparati shakllanishini cheklagan. Barg maydonining maksimal qiymati 2024-yilda 25-aprelda ekilgan variantlarda gullash–donning shakllanishi davrida kuzatildi. *Amaranthus hypochondriacus* L. turining «ICBA TDAU-1» navida 48,4 ming m²/ga, *Amaranthus cruentus* L. turining «ICBA TDAU-2» navida 45,5 ming m²/ga barg maydoni shakllandi. Donning shakllanishi davrida ham ushbu ko‘rsatkichlar yuqori bo‘lib, mos ravishda 47,7 va 45,2 ming m²/ga ni tashkil etdi. Donning pishish davrida barglarning tabiiy qarishi va to‘kilishi natijasida faol barg maydoni kamaygan bo‘lsa-da, *Amaranthus hypochondriacus* L. turining «ICBA TDAU-1» navida 38,4 ming m²/ga, *Amaranthus cruentus* L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa 35,7 ming m²/ga darajasida saqlanib qoldi.

2025-yilda ekish oldi sug‘orishlarning kechikishi sababli ekish muddatlari 2-may va 12-mayga surildi. Natijada amarant o‘simliklarining vegetativ rivojlanishi va barg maydoni avvalgi yilga nisbatan pasaydi. Gullash fazasida *Amaranthus hypochondriacus* L. turining «ICBA TDAU-1» navida barg maydoni 43,6 ming m²/ga ni tashkil etib, 2024-yilga nisbatan 4,8 ming m²/ga kamaydi. *Amaranthus cruentus* L. turining «ICBA TDAU-2» navida ham ushbu ko‘rsatkich 5,2 ming m²/ga ga kamaygan. Shu bilan birga, 2025-yil sharoitida mineral oziqlanishning ijobiy ta’siri yanada yaqqol namoyon bo‘ldi. 2-mayda ekilgan variantlarda vegetatsiya davri bo‘yicha o‘rtacha barg maydoni 30,25 ming m²/ga, 12-mayda ekilgan variantlarda esa 24,9 ming m²/ga ni tashkil etdi. Mineral

o‘g‘itlar qo‘llanilgan variantlarda ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 36,4 va 35,4 ming m²/ga gacha oshdi. Bu natija oziqlanish sharoitini yaxshilash ekish muddatining salbiy ta’sirini ma’lum darajada kamaytirishini ko‘rsatadi.

Amarant barg apparatining muhim biologik xususiyatlaridan biri shundaki, yangi barglarning shakllanishi gullashdan keyin ham davom etadi. Shu sababli ushbu ekinda fotosintetik faol barg yuzasi boshqa ko‘plab donli ekinlarga nisbatan uzoqroq muddat saqlanadi. Mazkur xususiyat amarantning yuqori biomassa hosil qilish imkoniyatini ta’minlovchi asosiy biologik omillardan biri hisoblanadi.

Fotosintetik potensialning shakllanishi. Ekinlarning fotosintetik potensiali barg maydoni va uning faoliyat davomiyligini umumlashtiruvchi muhim ko‘rsatkich hisoblanadi. Barg maydoni katta bo‘lib, uning fotosintetik faoliyati uzoq davom etgan sari ekinning fotosintetik potensiali ham yuqori bo‘ladi. Shu sababli fotosintetik potensialning o‘zgarishi o‘simlikning tashqi muhit sharoitlariga moslashuvi va mahsuldorlik imkoniyatlarini baholashda muhim ahamiyatga ega[2,3].

2023-yilda o‘g‘itsiz variantda *Amaranthus hypochondriacus* L. turining «ICBA TDAU-1» navida gullash–donning shakllanishi davrida fotosintetik potensial 1783,6 ming m²/ga·sutka ni tashkil etdi. *Amaranthus cruentus* L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa ushbu ko‘rsatkich 1619,8 ming m²/ga·sutka bo‘ldi. Mineral o‘g‘itlar qo‘llanilganda fotosintetik potensial sezilarli oshib, mos ravishda 2472,6 va 2783,8 ming m²/ga·sutkani tashkil etdi.

Vegetatsiya davri bo‘yicha ham mineral oziqlanishning ijobiy ta’siri aniq namoyon bo‘ldi. *Amaranthus hypochondriacus* L. turining «ICBA TDAU-1» navida o‘g‘itsiz variantda fotosintetik potensial 3109,35 ming m²/ga·sutka bo‘lgan bo‘lsa, N150P100K100 qo‘llanilgan variantda 4672,45 ming m²/ga·sutkaga yetdi. *Amaranthus cruentus* L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 2784,3 va 4547,5 ming m²/ga·sutkani tashkil etdi.

2023-yil vegetatsiya davrida *Amaranthus tricolor* L. turining «Uch rangli» navida fotosintetik potensial boshqa o‘rganilgan navlarga nisbatan past bo‘ldi. O‘g‘itsiz variantda vegetatsiya davri bo‘yicha ushbu ko‘rsatkich 1187,55 ming m²/ga·sutka, mineral o‘g‘it qo‘llanilganda esa 1498,2 ming m²/ga·sutkani tashkil etdi. Bunga mazkur navning past bo‘yli va nisbatan mayda bargli biologik xususiyatlari sabab bo‘lgan deb baholash mumkin.

Barglarning fotosintetik potensiali, ming m²/ga·sutka (2023-yil vegetatsiya davri)

O‘simliklar	Vegetatsiya oralig‘idagi davrlar, 2023-yil			
	Shoxlanish–gullash	Gullash–donning shakllanishi	Donning shakllanishi–donning pishishi	Vegetatsiya davri bo‘yicha
O‘g‘itsiz				
Uch rangli amarant	294,3	451 ,5	441,75	1187.55
ICBA TDAU 1	593,25	1783,6	732,5	3109.35
ICBA TDAU 2	432	1619,8	732,5	2784.3
	O‘g‘it qo‘llash me’yori $N_{150}P_{100}K_{100}$			
Uch rangli amarant	359,7	580,5	558	1498.2
ICBA TDAU 1	959,85	2472,6	1240	4672.45
ICBA TDAU 2	753,9	2783,8	1009,8	4547.5

2024-yil ma’lumotlari ham mineral oziqlanishning fotosintetik potensialga ijobiy ta’sirini tasdiqladi. Amaranthus tricolor L. turining «Uch rangli» navida gullash–donning shakllanishi davrida fotosintetik potensial o‘g‘itsiz variantda 1117,6 ming m²/ga·sutka bo‘lgan bo‘lsa, o‘g‘it qo‘llanilganda 1785,0 ming m²/ga·sutkaga oshdi. Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» navida ushbu ko‘rsatkichlar 994,7 va 2306,4 ming m²/ga·sutkani tashkil etdi. Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa mos ravishda 1740,75 va 2857,05 ming m²/ga·sutka qayd etildi.

2024-yilda vegetatsiya davri bo‘yicha eng yuqori fotosintetik potensial Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navida mineral o‘g‘it qo‘llanilgan variantda 4552,8 ming m²/ga·sutka, Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» navida 4531,25 ming m²/ga·sutka ni tashkil etdi.

Barglarning fotosintetik potensiali, ming m²/ga·sutka (2024-yil vegetatsiya davri)

O‘simliklar	Vegetatsiya oralig‘idagi davrlar, 2024-yil			
	Shoxlanish–gullash	Gullash–donning shakllanishi	Donning shakllanishi–donning pishishi	Vegetatsiya davri bo‘yicha
O‘g‘itsiz				
Uch rangli amarant	623,5	1117,6	742,2	2513,2
ICBA TDAU 1	1027,25	994,7	852,8	3314,15
ICBA TDAU 2	702,5	1740,75	758,4	3113,6
O‘g‘it qo‘llash me’yori $N_{150}P_{100}K_{100}$				
Uch rangli amarant	957,1	1785	1226,75	3300
ICBA TDAU 1	1615,4	2306,4	1433,6	4531,25
ICBA TDAU 2	1173	2857,05	1278	4552,8

2025-yilda vegetatsiya davrida suv bilan ta’minlanganlikning yomonlashishi amarantning fotosintetik faoliyatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatdi. Birinchi sug‘orish me’yorining 570 m³/ga gacha kamayishi avvalgi yillardagi 750–800 m³/ga ko‘rsatkichlar bilan solishtirganda o‘simliklarning suv ta’minotini chekladi. Natijada vegetativ o‘sishning susayishi, barg apparatining qisqarishi va fotosintetik potensialning pasayishi kuzatildi.

2025-yilda Amaranthus tricolor L. turining «Uch rangli» navida vegetatsiya davri bo‘yicha fotosintetik potensial o‘g‘itsiz variantda 1732,15 ming m²/ga·sutka, mineral o‘g‘it qo‘llanilgan variantda 2125,3 ming m²/ga·sutkani tashkil etdi. Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» navida ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 2504,7 va 3128,4 ming m²/ga·sutka bo‘ldi. Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa vegetatsiya davri bo‘yicha 2555,3 ming m²/ga·sutka, mineral o‘g‘it qo‘llanilganda 3376,1 ming m²/ga·sutka qayd etildi. 2025-yil sharoitida fotosintetik potensialning ayniqsa donning shakllanishi–donning pishishi davrida keskin kamayishi kuzatildi. Masalan, o‘g‘itsiz variantda Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» navida ushbu ko‘rsatkich 293,9 ming m²/ga·sutka ni tashkil etdi. Mineral o‘g‘itlar qo‘llanilganda esa 440,4 ming m²/ga·sutkagacha oshdi. Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navida ham mos ravishda 320,0 va 535,5 ming m²/ga·sutka ko‘rsatkichlari qayd etildi.

Barglarning fotosintetik potensiali, ming m²/ga·sutka (2025-yil vegetatsiya davri)

O‘simliklar	Vegetatsiya oralig‘idagi davrlar, 2025-yil			
	Shoxlanish–gullash	Gullash–donning shakllanishi	Donning shakllanishi–donning pishishi	Vegetatsiya davri bo‘yicha
O‘g‘itsiz				
Uch rangli amarant	629	784,8	506	1732,15
ICBA TDAU 1	1269	1277,25	293,9	2504,7
ICBA TDAU 2	1271	1324,3	320	2555,3
O‘g‘it qo‘llash me’yori $N_{150}P_{100}K_{100}$				
Uch rangli amarant	904	1304	781,3	2125,3
ICBA TDAU 1	1853	1688	440,4	3128,4
ICBA TDAU 2	1874,6	1592	535,5	3376,1

Olingan uch yillik ma’lumotlarni umumlashtirish shuni ko‘rsatdiki, fotosintetik potensialning shakllanishida o‘simlikning biologik xususiyatlari bilan bir qatorda tashqi muhit omillari ham muhim rol o‘ynagan. 2023-yilda vegetatsiya sharoitlari nisbatan qulay bo‘lib, ayniqsa mineral o‘g‘itlar qo‘llanilgan Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» va Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navlarida yuqori fotosintetik potensial shakllandi.

2024-yilda ham yuqori ko‘rsatkichlar saqlanib, ayrim variantlarda 2023-yilga nisbatan fotosintetik faoliyatning yanada kuchayishi kuzatildi. Bunda o‘simliklarning namlik va oziqa moddalar bilan ta’minlanganligi, shuningdek, vegetatsiya davridagi agroekologik sharoitlar muhim ahamiyat kasb etdi.

2025-yilda esa sug‘orish sharoitining yomonlashishi va suv tanqisligi fotosintetik potensialning pasayishiga olib keldi. Biroq mineral o‘g‘itlar qo‘llanilgan variantlarda ko‘rsatkichlarning o‘g‘itsiz

variantlarga nisbatan yuqori bo‘lishi oziqlanish sharoitini yaxshilash o‘simliklarning noqulay ekologik sharoitlarga chidamliligini ma’lum darajada oshirishini ko‘rsatdi.

Xulosa. Qoraqalpog‘iston Respublikasining agroekologik sharoitida 2023–2025-yillarda olib borilgan tadqiqotlar natijasida amarant o‘simliklarida barg maydoni va fotosintetik potensialning shakllanishi ekish muddati, mineral oziqlanish, sug‘orish, harorat va namlik sharoitlari bilan bevosita bog‘liqligi aniqlandi.

Erta va maqbul muddatlarda ekilgan o‘simliklarda vegetatsiyaning faol bosqichlarida kattaroq assimilyatsion barg apparati shakllandi. Ayniqsa, 2024-yilda 25-aprelda ekilgan Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» va Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navlarida gullash fazasida barg maydoni mos ravishda 48,4 va 45,5 ming m²/ga ni tashkil etdi. Mineral oziqlanish barg maydoni va fotosintetik potensialning oshishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. Eng yuqori fotosintetik potensial 2023-yilda N150P100K100 qo‘llanilgan Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» navida vegetatsiya davri bo‘yicha 4672,45 ming m²/ga·sutka, Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navida esa 4547,5 ming m²/ga·sutka ni tashkil etdi.

2024-yilda ham mineral o‘g‘itlarning samaradorligi yuqori bo‘lib, vegetatsiya davri bo‘yicha fotosintetik potensial Amaranthus hypochondriacus L. turining «ICBA TDAU-1» navida 4531,25 ming m²/ga·sutka, Amaranthus cruentus L. turining «ICBA TDAU-2» navida 4552,8 ming m²/ga·sutkaga yetdi.

2025-yilda suv ta’minotining cheklanishi natijasida fotosintetik potensial avvalgi yillarga nisbatan pasaydi. Shunga qaramay, mineral o‘g‘it qo‘llanilgan variantlarda ushbu ko‘rsatkichlarning yuqoriroq bo‘lishi oziqlanish sharoitini optimallashtirish amarant o‘simliklarining noqulay agroekologik omillarga moslashish imkoniyatini oshirishini ko‘rsatdi.

Umuman, Qoraqalpog‘iston sharoitida amarantning yuqori fotosintetik potensialini shakllantirish uchun ekish muddatini agroekologik sharoitga mos ravishda belgilash, vegetatsiyaning muhim bosqichlarida o‘simliklarni yetarli namlik bilan ta’minlash hamda mineral oziqlanishni optimallashtirish muhim agrotexnik tadbirlar hisoblanadi. Mazkur omillarning uyg‘unlashuvi barg apparatining uzoq muddat faol bo‘lishini, assimilyatsion yuzaning kengayishini, biomassa to‘planishining kuchayishini va natijada amarant mahsuldorligining oshishini ta’minlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М., 1961. 135 с.

2. Слонов Л.Х., Шугушева Л.Х., Слонов Т.Л. Фотосинтетический аппарат и продуктивность амаранта — С4 группы растений // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2.

3. Гудковская Н.Б. Влияние сроков посева на динамику накопления сухого вещества у растений амаранта в левобережной лесостепи Украины // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4. С. 72–77.

UO’K: 595.132:631.67

SUG‘ORISH REJIMINING SABZAVOT AGROTSENOZLARIDA NEMATODA JAMOALARI SHAKLLANISHIGA TA’SIRI

U.N. Mirzayev, mustaqil izlanuvchi (DSc), Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti, Samarqand davlat pedagogika instituti, Samarqand
B.A. Atajanov, Samarqand davlat pedagogika instituti, Samarqand

Annotatsiya. *Maqolada sug‘orish rejimining sabzavot agrotsenozlari tuprog‘idagi nematoda jamoalarining shakllanishiga ta’siri ekologik nuqtai nazardan tahlil qilingan. Sug‘orish natijasida tuproq namligi, aeratsiyasi, harorati va mikrobiologik faolligining o‘zgarishi nematodalarning trofik tarkibi, ekologik guruhlari va populyatsion holatiga ta’sir ko‘rsatishi asoslangan. Zarafshon vodiysi sharoitida sug‘oriladigan tipik bo‘z tuproqlarda nematoda jamoalarining shakllanishi ekin turi, tuproq namligi va agrotexnik boshqaruv bilan bog‘liq holda baholangan. Xalqaro tadqiqotlar bilan qiyoslash natijasida sug‘orish ta’siri nematoda jamoalarining umumiy zichligi bilan bir qatorda ularning funksional va ekologik tuzilishida ham namoyon bo‘lishi ko‘rsatildi. Nematodalar*

jamoasining tarkibi va ekologik indekslaridan sug'oriladigan agroekotizimlarning biologik holatini baholashda foydalanish mumkinligi asoslangan.

Kalit so'zlar: *sug'orish, nematoda jamoasi, sabzavot agrotsenozi, tuproq namligi, rizosfera, trofik guruh, ekologik indeks, fitoparazit nematodalar, Zarafshon vodiysi.*

Аннотация. *В статье с экологической точки зрения проанализировано влияние режима орошения на формирование сообществ нематод в почве овощных агроценозов. Обосновано, что изменения влажности, аэрации, температуры и микробиологической активности почвы под воздействием орошения влияют на трофическую структуру, экологические группы и популяционное состояние нематод. В условиях Зарафшанской долины формирование сообществ нематод в орошаемых типичных серозёмах оценено во взаимосвязи с видом сельскохозяйственной культуры, влажностью почвы и агротехническим управлением. Сопоставление с результатами международных исследований показало, что влияние орошения проявляется не только в изменении общей плотности сообществ нематод, но и в их функциональной и экологической структуре. Обоснована возможность использования состава сообществ нематод и экологических индексов для оценки биологического состояния орошаемых агроэкосистем.*

Ключевые слова: *орошение, сообщество нематод, овощной агроценоз, влажность почвы, ризосфера, трофическая группа, экологический индекс, фитопаразитические нематоды, Зарафшанская долина.*

Abstract. *The article analyzes, from an ecological perspective, the influence of irrigation regimes on the formation of nematode communities in the soils of vegetable agrocenoses. It is substantiated that irrigation-induced changes in soil moisture, aeration, temperature, and microbiological activity affect the trophic structure, ecological groups, and population status of nematodes. Under the conditions of the Zarafshan Valley, the formation of nematode communities in irrigated typical sierozem soils was evaluated in relation to crop type, soil moisture, and agrotechnical management. Comparison with international studies showed that the effect of irrigation is reflected not only in the total density of nematode communities but also in their functional and ecological structure. It is demonstrated that the composition of nematode communities and ecological indices can be used to assess the biological condition of irrigated agroecosystems.*

Keywords: *irrigation, nematode community, vegetable agrocenosis, soil moisture, rhizosphere, trophic group, ecological index, plant-parasitic nematodes, Zarafshan Valley.*

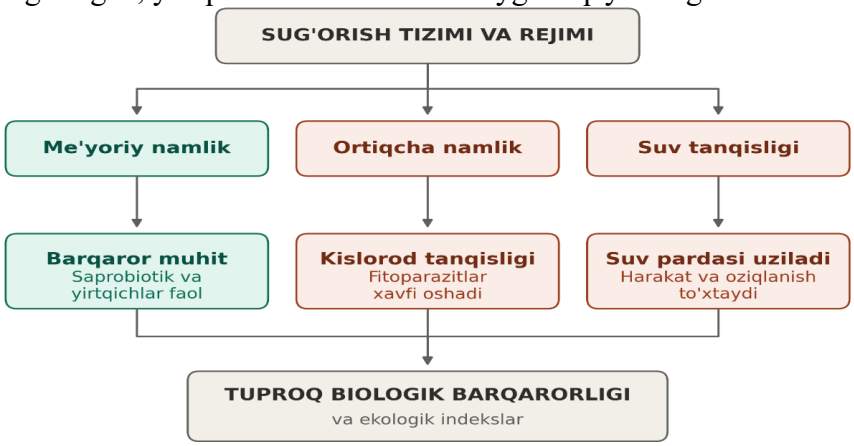
Kirish: Sug'orish sug'oriladigan dehqonchilik hududlarida agroekotizimning suv rejimini boshqaruvchi asosiy agrotexnik omillardan biridir. Tuproq namligining o'zgarishi bilan bir vaqtda uning aeratsiyasi, mikrobiologik faolligi, organik moddalarning parchalanishi va rizosferadagi oziqa zanjirlari ham o'zgaradi. Mazkur jarayonlar tuproq nematodalarining yashashi va tarqalishi uchun bevosita ekologik sharoit yaratadi. Nematodalar tuproq zarrachalari orasidagi suv pardasida faol harakatlanishi sababli namlik ularning ekologiyasida muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, nematoda jamoalarining javobi faqat namlik miqdori bilan belgilanmaydi; tuproq tipi, o'simlik turi, organik modda, oziqa resurslari va agrotexnik boshqaruv ham jamoa tarkibini shakllantiradi. Yeates va Bongers nematodalar jamoasining funksional guruhlari tuproq sharoiti va agroekotizim boshqaruvidagi o'zgarishlarni baholash uchun foydali indikator bo'lishi mumkinligini ko'rsatgan. Nematodalar ekologik jihatdan bakteriofag, mikofag, o'simlikxo'r, yirtqich va omnivor guruhlarga ajratilishi mumkin. Shu sababli ularning umumiy sonidan tashqari, trofik tarkibi va jamoa tuzilishi ham tuproq biologik holatini baholashda muhimdir. Neher nematoda jamoalari tarkibi azot aylanishi va organik moddalarning parchalanishi bilan bog'liqligi sababli tuproq holatini baholashda bioindikator sifatida qo'llanishi mumkinligini qayd etgan. Sug'orish va nematoda jamoalari o'rtasidagi munosabatlar bo'yicha xorijiy tadqiqotlar natijalari ham bir xil emas. Masalan, Florida shtatidagi sitrus agroekotizimida turli sug'orish rejimlari nematoda jamoasining ayrim ko'rsatkichlarini o'zgartirgan va Maturity Index sug'orish rejimlari o'rtasidagi farqni aniqlashda samarali ko'rsatkich bo'lgan. Boshqa bir arable-land tadqiqotida esa sug'orishning nematoda jamoalariga ta'siri nisbatan kichik bo'lganligi qayd etilgan. Bu farq sug'orish ta'sirini muayyan

agroekotizim sharoitida alohida baholash zarurligini ko‘rsatadi. Zarafshon vodiysi sabzavot agrotsenozlarida nematodalar xilma-xilligi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda ham turli ekologik sharoitlarda nematoda jamoalari tarkibining farqlanishi qayd etilgan. Jumladan, pomidor bilan bog‘liq biotoplarda 87 tur nematoda 7 ta turkum tarkibida aniqlangan.

Tadqiqotning maqsadi, Zarafshon vodiysi sabzavot agrotsenozlarida sug‘orish sharoitining nematoda jamoalari shakllanishidagi ekologik ahamiyatini baholash va nematoda guruhlaridan tuproq biologik holatini tavsiflashda foydalanish imkoniyatlarini asoslash.

Tadqiqot obyekti va metodlari: Tadqiqot obyekti sifatida Zarafshon vodiysining sug‘oriladigan sabzavot agrotsenozlari va ularning rizosfera tuproqlarida shakllangan nematoda jamoalari olindi. Tadqiqotlarda pomidor, baqlajon, bodring, sabzi, karam va piyoz ekinlari bilan bog‘liq tuproq va ildiz namunalari tahlil qilindi. Nematodalarni o‘rganishda dala kuzatuvlari, tuproq va ildiz namunalarini olish, laboratoriyada ajratish, mikroskopik-morfologik aniqlash hamda ekologik-trofik guruhlarga ajratish usullaridan kompleks foydalanildi. Nematodalarni ajratishda Baermann voronkasi va Decker modifikatsiyasi qo‘llanildi. Aniqlangan nematodalar oziqlanish xususiyatiga ko‘ra bakteriofag, mikofag, fitoparazit, yirtqich va omnivor guruhlarga ajratildi. Ekologik holatni baholashda nematoda jamoasining tur tarkibi, trofik tuzilishi va tegishli ekologik indekslardan foydalanish nazarda tutildi. Bunday yondashuv xalqaro ekologik nematologiyada nematodalarni tuproq oziqa zanjiri va biologik holatining indikatorlari sifatida baholashga asoslangan. Maturity Index konsepsiyasi nematoda jamoasining ekologik holat va buzilishlarga javobini baholash uchun Bongers tomonidan ishlab chiqilgan. Enrichment Index, Structure Index va Channel Index kabi ko‘rsatkichlar esa tuproq oziqa to‘rining boyishi, strukturaviy murakkabligi va parchalanish kanallarini baholash uchun qo‘llanadi.

Natijalar va muhokama: Zarafshon vodiysi sabzavot agrotsenozlarida sug‘orish tuproq nematoda jamoalarining shakllanishiga bilvosita ekologik omil sifatida ta’sir ko‘rsatadi. Uning asosiy ta’sir mexanizmi tuproq namligi va aeratsiyasining o‘zgarishi orqali namoyon bo‘ladi. Me’yoriy namlik sharoitida tuproq zarrachalari orasidagi suv pardasi nematodalarning harakatlanishi va oziqlanishi uchun qulay muhit yaratadi. Shu bilan birga, namlikning yetarli bo‘lishi mikroorganizmlar faolligini oshirib, bakteriofag va mikofag nematodalar uchun oziqa resurslarining ko‘payishiga sharoit yaratishi mumkin. Nematodalar oziqa to‘rining bir necha trofik pog‘onalarida qatnashgani sababli bunday o‘zgarishlar jamoaning umumiy tuzilishida aks etadi. Biroq sug‘orishning ta’siri chiziqli emas. Haddan tashqari namlanish tuproq aeratsiyasini cheklashi mumkin, namlikning keskin kamayishi esa tuproqdagi uzluksiz suv pardasini buzib, nematodalarning faol harakatlanishini cheklaydi. Shu sababli sug‘orishning ekologik ta’sirini baholashda faqat sug‘orilgan yoki sug‘orilmagan holatni emas, balki namlikning miqdori, davomiyligi va takrorlanish davriyligini hisobga olish zarur. Xorijiy tadqiqotlar ushbu xulosani qo‘llab-quvvatlaydi. Florida sitrus agroekotizimida sug‘orish rejimlari nematoda jamoasining ayrim ko‘rsatkichlarini o‘zgartirgan va Maturity Index sug‘orish variantlarini ajratishda samarali bo‘lgan. 2024-yilda Shveytsariyada olib borilgan uzoq muddatli tajribada esa 14 yillik sug‘orish nematodalar tur boyligi va jamoa tarkibining o‘zgarishi bilan bog‘langan, yirtqich nematodalar kamaygani qayd etilgan.



1-rasm. Sug‘orish tizimi va rejimining tuproq biologik barqarorligiga ta'siri

Shu bilan birga, Germaniyada olib borilgan arable-land tajribasida sug‘orishning nematoda jamoalariga ta’siri kichik bo‘lgan. Mualliflar oziqa to‘ri holati vegetatsiya davomida o‘zgarishini, sug‘orishning ta’siri esa boshqa boshqaruv omillari bilan birgalikda namoyon bo‘lishini ko‘rsatgan. Sug‘orishning yana bir muhim jihati - uning fitoparazit nematodalar bilan bog‘liq ekologik ta’siridir. Namlikning o‘simlik ildizlari atrofida yetarli darajada saqlanishi ayrim fitoparazit turlar uchun faol harakatlanish va ildiz bilan aloqaga kirishish imkoniyatlarini oshirishi mumkin. Ammo bu jarayonni faqat sug‘orish bilan izohlash mumkin emas; xo‘jayin o‘simlik, tuproq harorati, ildiz ajratmalari va boshqa agrotexnik omillar ham muhim. Zarafshon vodiysida pomidor agrotsenozlari bo‘yicha tadqiqotlarda nematodalar xilma-xilligi turli biotoplar bo‘yicha farqlanganligi ko‘rsatilgan. Bu ma’lumot sug‘orish bilan bog‘liq namlik sharoitini rizosfera va boshqa mikrohabitatlar bilan birgalikda ko‘rib chiqish zarurligini ko‘rsatadi. Nematodalarni tuproq ekologik holatini baholashda qo‘llashning asosiy afzalligi ularning turli trofik pog‘onalarda joylashganligidir. Bakteriofag va mikofag nematodalar mikrobiologik jarayonlar bilan, fitoparazitlar o‘simlik ildiz tizimi bilan, yirtqich va omnivorlar esa oziqa to‘rining yuqori pog‘onalari bilan bog‘liq. Sug‘orishning yana bir muhim jihati - uning fitoparazit nematodalar bilan bog‘liq ekologik ta’siridir. Namlikning o‘simlik ildizlari atrofida yetarli darajada saqlanishi ayrim fitoparazit turlar uchun faol harakatlanish va ildiz bilan aloqaga kirishish imkoniyatlarini oshirishi mumkin.

1-jadval.

Sug‘orish rejimining nematoda jamoalariga ehtimoliy ekologik ta’siri

Sug‘orish sharoiti	Tuproqdagi asosiy o‘zgarish	Kutiladigan biologik javob
Me’yoriy sug‘orish	Namlik va aeratsiyaning nisbatan muvozanati	Erkin yashovchi nematodalar uchun qulay sharoit
Namlik yetishmasligi	Suv pardasining uzilishi	Faol harakat va oziqlanishning susayishi
Ortiqcha sug‘orish	Aeratsiyaning pasayishi	Ayrim aerob guruhlar faolligining kamayishi
Muntazam, muvozanatli sug‘orish	Rizosfera sharoitining barqarorlashuvi	Trofik guruhlar tarkibining nisbatan barqaror shakllanishi
Sug‘orish + intensiv agrotexnika	Tuproq fizik-biologik muhitining kompleks o‘zgarishi	Nematoda jamoasi tarkibining qayta shakllanishi

Ammo bu jarayonni faqat sug‘orish bilan izohlash mumkin emas; xo‘jayin o‘simlik, tuproq harorati, ildiz ajratmalari va boshqa agrotexnik omillar ham muhim. Zarafshon vodiysida pomidor agrotsenozlari bo‘yicha tadqiqotlarda nematodalar xilma-xilligi turli biotoplar bo‘yicha farqlanganligi ko‘rsatilgan. Bu ma’lumot sug‘orish bilan bog‘liq namlik sharoitini rizosfera va boshqa mikrohabitatlar bilan birgalikda ko‘rib chiqish zarurligini ko‘rsatadi. Nematodalarni tuproq ekologik holatini baholashda qo‘llashning asosiy afzalligi ularning turli trofik pog‘onalarda joylashganligidir. Bakteriofag va mikofag nematodalar mikrobiologik jarayonlar bilan, fitoparazitlar o‘simlik ildiz tizimi bilan, yirtqich va hammaxo’rlar esa oziqa to‘rining yuqori pog‘onalari bilan bog‘liq. Shu sababli jamoaning umumiy tarkibi tuproqdagi jarayonlar haqida bir nechta mustaqil ekologik signallarni beradi. Bongersning Maturity Index konsepsiyasi nematoda jamoasini ekologik buzilishlar nuqtai nazaridan baholash imkonini beradi. Ferris va hammualliflar esa nematoda funksional guruhlaridan foydalanib oziqa to‘rining boyishi va strukturaviy holatini baholashni taklif qilgan. Shu sababli Zarafshon vodiysi sabzavot agrotsenozlarida tuproq biologik holatini baholashda faqat fitoparazit nematodalar zichligini emas, balki butun nematoda jamoasining trofik va ekologik tuzilishini hisobga olish ilmiy jihatdan maqsadga muvofiqdir.

Xulosa: Zarafshon vodiysi sabzavot agrotsenozlarida sug‘orish rejimi tuproqning namlik va aeratsiya sharoitlarini o‘zgartirish orqali nematoda jamoalarining shakllanishiga ta’sir qiluvchi muhim ekologik omil hisoblanadi. Uning ta’siri nematodalarning umumiy sonidangina emas, balki trofik va funksional tarkibida ham namoyon bo‘lishi mumkin. Tadqiqotlarda sug‘orish ta’siri agroekotizim sharoitiga qarab turlicha namoyon bo‘lishini ko‘rsatadi. Shu bois Zarafshon vodiysi sharoitida sug‘orish rejimini tuproq xossalari, ekin turi va boshqa agrotexnik tadbirlar bilan birgalikda baholash hamda nematoda jamoasining trofik tarkibi va ekologik indekslaridan foydalanish agroekotizimlarning biologik holatini monitoring qilish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Yeates G. W., Bongers T. Nematode diversity in agroecosystems // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 1999. – Vol. 74. – P. 113–135. – DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00033-X.

2. Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition // *Oecologia*. – 1990. – Vol. 83, No. 1. – P. 14–19. – DOI: 10.1007/BF00324627.

3. Ferris H., Bongers T., de Goede R. G. M. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept // *Applied Soil Ecology*. – 2001. – Vol. 18. – P. 13–29. – DOI: 10.1016/S0929-1393(01)00152-4.

4. Neher D. A. Role of nematodes in soil health and their use as indicators // *Journal of Nematology*. – 2001. – Vol. 33, No. 4. – P. 161–168.

5. Ferris H. Form and function: Metabolic footprints of nematodes in the soil food web // *European Journal of Soil Biology*. – 2010. – Vol. 46, No. 2. – P. 97–104. – DOI: 10.1016/j.ejsobi.2010.01.003.

6. Porazinska D. L., McSorley R., Duncan L. W., Graham J. H., Wheaton T. A., Parsons L. R. Nematode community composition under various irrigation schemes in a citrus soil ecosystem // *Journal of Nematology*. – 1998. – Vol. 30, No. 2. – P. 170–178.

7. Effects of irrigation and fertilization practice on soil nematode communities in arable land // *Applied Soil Ecology*. – 2022. – Vol. 177. – Art. 104546. – DOI: 10.1016/j.apsoil.2022.104546.

8. Cuartero J., Frey B., Eder R., Brunner I. More than a decade of irrigation alters soil nematode communities in a drought-prone Scots pine forest // *Applied Soil Ecology*. – 2024. – Vol. 203. – Art. 105621. – DOI: 10.1016/j.apsoil.2024.105621.

9. Ahmed Z., Xu J., Liu W., Liu X., Li Y., Guo H., Chen S. Short-term effect of changing water regimes on the soil nematode community in rice-duckweed system under water-saving irrigation // *European Journal of Soil Biology*. – 2026. – Vol. 128. – Art. 103791.

10. Biryol C., Wittling C., Dominguez-Bohorquez J. D., Diakhate S., Hättenschwiler S., Freschet G. T., Trap J. Conservation agriculture buffers the impact of irrigation on soil nematodes: a case study in Southern France // *Applied Soil Ecology*. – 2026. – Vol. 222. – Art. 107013. – DOI: 10.1016/j.apsoil.2026.107013.

11. Narzullayev S. B., Mirzaev U. N., Mavlyanov O., Khakimov N., Jabborov A. R., Khamidova A. B., Tursunova Sh. Sh., Khujamov Sh., Baysarieva C., Ashrapov A. A., Nurmatova D. M. Diversity and habitat distribution of tomato (*Solanum lycopersicum*) nematoda fauna (Zarafshan Valley, Uzbekistan) // *Acta Biologica Sibirica*. – 2024. – Vol. 10. – P. 1147–1164. – DOI: 10.5281/zenodo.13937701.

UO'K 598.294.1:575.174.015.3

ODDIY CHUG'URCHUQ (*STURNUS VULGARIS*) NING MOLEKULYAR-GENETIK TAVSIFI

S.A. Nishonova, tayanch doktorant, Namangan davlat universiteti, Namangan
O.O. Amirov, b.f.d., kat.i.x., O'zR FA Zoologiya instituti, Toshkent
N.N. Azimov, b.f.f.d., kat.i.x., O'zR FA Zoologiya instituti, Toshkent
N.N. G'aniyev, b.f.f.d., k.i.x., O'zR FA Zoologiya instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Ushbu maqolada* Sturnus *avlodiga mansub tur oddiy chug'urchuqning genetik xilma-xilligi va filogenetik munosabatlari mitoxondrial DNKning COI (sitoxromoksidaza I) geni asosida o'rganilgan. Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho'li hududridan yig'ilgan* Sturnus vulgaris *turiga mansub namunalardan 642 juft asosli nukleotidlar ketma-ketligi ajratib olingan va GenBank ma'lumotlar bazasidan olingan* Sturnus *avlodiga mansub turlarning ketma-ketliklari bilan taqqoslangan. Genetik masofa matritsasi tuzilib, turlar va populyatsiyalar o'rtasidagi yaqinlik darajasi baholangan. Natijalarga ko'ra, o'rganilgan namunalar beshta aniq ajralgan filogenetik kladaga (I-V) bo'lingan, har bir klada ichida genetik masofa juda past (0,000-0,005), kladalar o'rtasida esa yuqori (0,016-0,126) bo'lgan. Namunalar GenBank dan olingan* S. vulgaris *ketma-ketliklari bilan 0,000 genetik masofada va 99% bootstrap qiymati bilan bir subkladani hosil qilib, ularning tur darajasidagi identifikatsiyasini molekulyar jihatdan tasdiqlagan.*

Kalit so'zlar: Sturnus vulgaris*, mitoxondrial DNK, COI geni, DNK-barkoding, filogenetik tahlil, genetik masofa.*

Аннотация. *В данной статье изучено генетическое разнообразие и филогенетические взаимоотношения видов, относящихся к роду Sturnus, на основе гена COI (цитохромоксидазы I) митохондриальной ДНК. Из образцов вида Sturnus vulgaris, собранных в Наманганской и Бухарской областях, была выделена последовательность из 642 пар нуклеотидных оснований, которая была сопоставлена с последовательностями видов рода Sturnus, полученными из базы данных GenBank. Была построена матрица генетических дистанций и оценена степень родства между видами и популяциями. Согласно результатам, исследованные образцы разделились на пять чётко обособленных филогенетических клад (I-V), при этом внутри каждой клады генетическая дистанция оказалась очень низкой (0,000-0,005), а между*

кладами — высокой (0,016-0,126). Образцы из Наманганской и Бухарской областей образовали единую субкладу с последовательностями S. vulgaris из GenBank при генетической дистанции 0,000 и значении бутстрепа 99%, что молекулярно подтвердило их видовую идентификацию.

Ключевые слова: *Sturnus vulgaris, митохондриальная ДНК, ген COI, ДНК-баркодинг, филогенетический анализ, генетическая дистанция.*

Abstract. *This article examines the genetic diversity and phylogenetic relationships of species belonging to the genus Sturnus based on the COI (cytochrome c oxidase I) gene of mitochondrial DNA. A 642 base pair nucleotide sequence was obtained from Sturnus vulgaris specimens collected in the Namangan and Bukhara regions and compared with sequences of Sturnus species obtained from the GenBank database. A genetic distance matrix was constructed and the degree of relatedness among species and populations was assessed. The results showed that the studied samples were divided into five clearly separated phylogenetic clades (I-V), with very low genetic distance within each clade (0.000-0.005) and high distance between clades (0.016-0.126). The Namangan and Bukhara samples formed a single subclade together with S. vulgaris sequences from GenBank at a genetic distance of 0.000 and a bootstrap value of 99%, molecularly confirming their species-level identification.*

Key words: *Sturnus vulgaris, mitochondrial DNA, COI gene, DNA barcoding, phylogenetic analysis, genetic distance.*

Kirish. Sturnidae oilasi – Passeriformes (chumchuqsimonlar) turkumiga mansub, asosan Yevroosiyo va Afrika uchun xos bo‘lgan, taxminan 120 dan ortiq turni o‘z ichiga olgan yirik qushlar oilasidir. Ushbu oila vakillari orasida eng keng tarqalgan va insoniyat tomonidan yaxshi o‘rganilgan turlardan biri – Sturnus vulgaris Linnaeus, 1758 [1], ya’ni oddiy sayroqi chug‘urchuq hisoblanadi. Bu tur nafaqat o‘zining tabiiy areali – Yevropa, Shimoliy Afrika, Yaqin va O‘rta Sharq hamda G‘arbiy Osiyoda, balki inson tomonidan turli qit’alarga ko‘chirilishi (introduksiyasi) natijasida deyarli butun dunyo bo‘ylab tarqalgan [4].

Mitoxondrial DNK (mtDNK) hayvon turlarining evolyutsion tarixi, filogenetik munosabatlari va genetik xilma-xilligini o‘rganishda 30-yildan ortiq vaqt davomida samarali qo‘llanilib kelinmoqda [8, 9, 10]. MtDNKning yadro DNKsiga nisbatan yuqori evolyutsion o‘zgaruvchanligi, gaploid tabiati va samarali populyatsiya hajmining nisbatan kichikligi uni yaqin qarindosh liniyalar o‘rtasidagi genetik differensiatsiyani aniqlashda muhim molekulyar markerga aylantiradi.

Mazkur xususiyatlar turlarni DNK asosida identifikatsiya qilishni standartlashtirishga asos bo‘lgan. Bunda taksonomik jihatdan ishonchli vaucher namunalaridan olingan DNK ketma-ketliklari asosida turlarning referens genetik bazasi shakllantiriladi. Ushbu yondashuv DNK shtrix-kodlash deb ataladi va turlarni qisqa, standartlashtirilgan DNK fragmentlari asosida identifikatsiya qilish imkonini beradi [11].

Hayvonlarda DNK shtrix-kodlash uchun asosiy molekulyar marker sifatida mitoxondrial sitoxrom c oksidaza I (COI) genining taxminan 648 juft nukleotiddan iborat qismi keng qo‘llaniladi. Ushbu gen fragmentining afzalligi - universal yoki keng doirada qo‘llaniladigan praymerlar yordamida turli xil hayvon taksonlaridan nisbatan oson amplifikatsiya qilinishi hamda turlar o‘rtasida yetarlicha genetik farqlarni namoyon etishidir.

Tarixan *Sturnus* avlodiga 20 dan ortiq tur kiritilgan bo‘lib, ular morfologik o‘xshashlik (qoramtir patlar, uzun va o‘tkir tumshuq hamda yashash tarzi) asosida birlashtirilgan edi. Biroq bunday morfologik belgilar ko‘pincha gomoplaziya (turli liniyalarda mustaqil ravishda paydo bo‘lgan o‘xshashlik) natijasi bo‘lib chiqdi.

Zuccon, Pasquet va Ericson (2008) tomonidan yadro va mitoxondrial genlar asosida o‘tkazilgan keng qamrovli filogenetik tadqiqot *Sturnus* va *Acridotheres* avlodlarining o‘z holicha monofiletik emasligini aniq ko‘rsatdi [2]. Xuddi shu yili Lovette va hammualliflari 26 turdan iborat “Yevroosiyo sayroqi chug‘urchuqlari” kladi bo‘yicha birinchi to‘liq filogenetik daraxtni taqdim etishdi va ushbu turlarni 11 ta o‘zaro monofiletik avlodga (jumladan *Acridotheres*, *Poliopsar*, *Temenuchus*, *Sturnornis*, *Leucopsar*, *Gracupica*, *Agropsar*, *Pastor*, *Creatophora* va *Sturnus*) bo‘lishni taklif qilishdi [3].

Ushbu molekulyar-filogenetik reviziya [2, 3] natijasida *Sturnus* avlodi ancha toraytirilib, ilgari bu avlodga kiritilgan ko‘plab turlar mustaqil avlodlarga ajratildi. Natijada zamonaviy tor ma’nodagi *Sturnus* avlodi amalda faqat ikki turni – oddiy chug‘urchuq (*Sturnus vulgaris*) va qora chug‘urchuq (*Sturnus unicolor*) o‘z ichiga oladi. Oddiy chug‘urchuqga eng yaqin qarindosh tur qora chug‘urchuq hisoblanadi. O‘troq (resident) tur hisoblangan qora chug‘urchuq ehtimol, muzlik davri (Pleistotsen)da Pireney (Iberiya) yarimorolidagi refugiumda saqlanib qolgan qadimiy *S. vulgaris* populyatsiyasidan kelib chiqqan bo‘lishi mumkin. Ikki tur areali tutashgan joylar – Janubiy-G‘arbiy Fransiya va Shimoliy-Sharqiy Ispaniyada bir-biri bilan chatishadi ya’ni gibridlanadi [5].

Mitoxondrial DNK bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlar [6] yana bir qiziq xulosani ochib berdi: *Sturnus vulgaris* turining turli geografik populyatsiyalari o‘rtasidagi genetik farq, ayrim hollarda *S. vulgaris* bilan *S. unicolor* o‘rtasidagi farqdan ham kattaroq bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatdi. Bu holat ba’zi tadqiqotchilarni *S. unicolor* turini *S. vulgaris* ning kenja turi (subspecies) sifatida ko‘rib chiqish mumkinligi haqidagi fikrga olib kelgan.

Ushbu tadqiqot ishini maqsadi, Respublikamizning turli viloyatlarida tarqalgan Sturnidae oilasi – Passeriformes turkumi, *Sturnus* avlodiga mansub, *Sturnus vulgaris* turini mitoxondrial DNK sini COI geni asosida molekulyar-genetik tavsiflashdan iborat.

Material va metodika. Ushbu tadqiqot ishini amalga oshirish uchun 2026-yilda Namangan shahri va Navoiy vioyati Qizilqum cho‘li hududlaridan *Sturnus* avlodiga mansub, *Sturnus vulgaris* turidan genetik namunalar olindi.

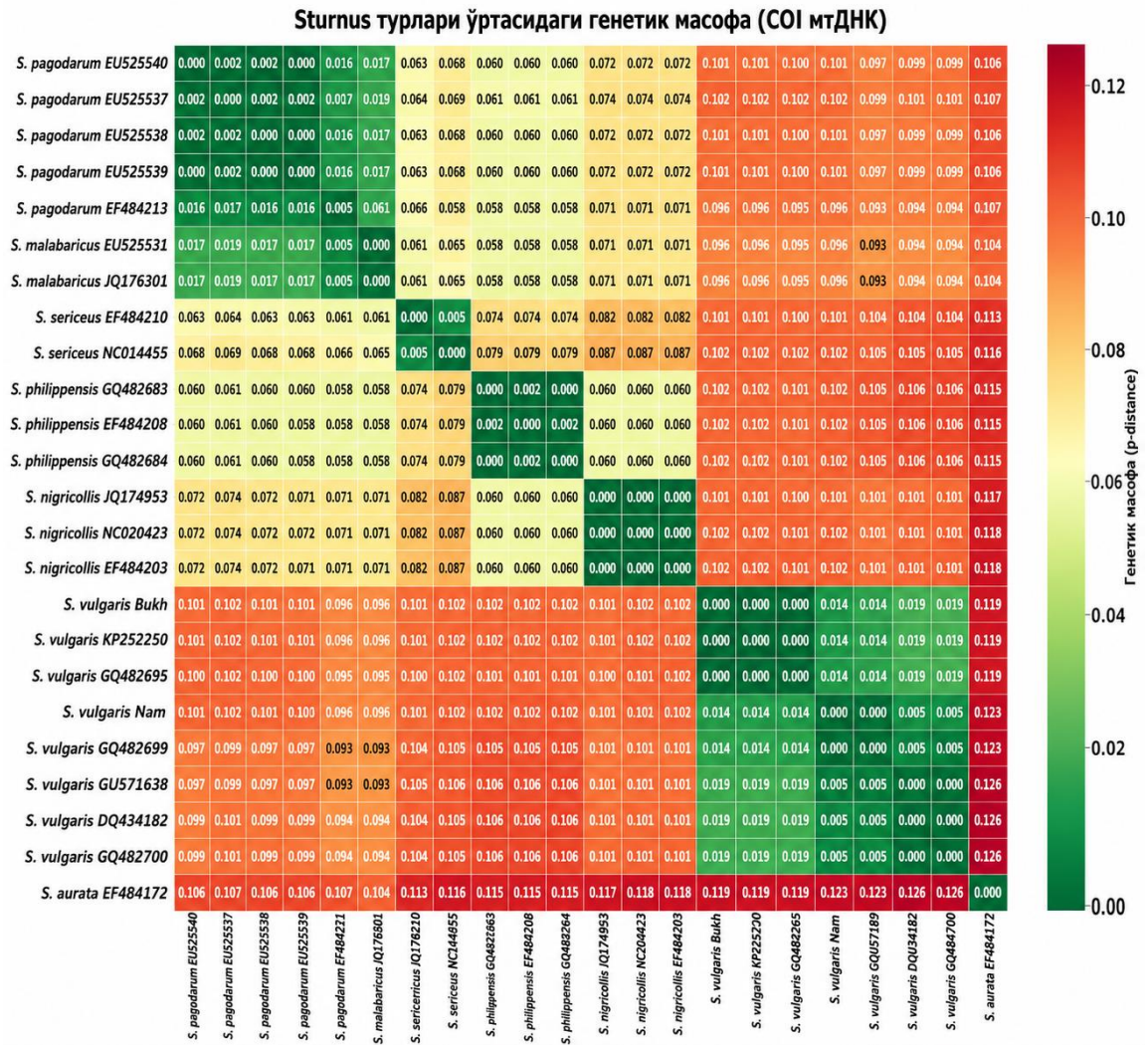
Sturnus vulgaris turidan genom DNK sini ajratib olishda, DNeasy Blood and Tissue Kit (Qiagen, 2023-yil noyabr) to‘plamidan foydalanildi. Ajratib olingan genom DNK sini konsentratsiyasi Thermo Fisher Scientific spektrofotometri bilan o‘lchandi. Ajratib olingan genom DNK -20°C haroratda saqlandi.

Mitoxondrial DNK ni COI geni genining fragmenti PZR usulida ko‘paytirildi. Reaksiya aralashmasi tarkibiga quyidagilar kiritildi: 26,4 mkl ikki marta distillangan suv, 4 mkl 10x Taq-bufer, 0,8 mkl dNTP aralashmasi, har bir praymerdan (COI-F (5’-TNTTMTCAACNAACCACAAAGA-3’) va COI-R (5’-ACTTCTGGRTGKCCAAARAATCA-3’) [7], 2 mkl dan, 4 mkl DNK matritsasi va 0,8 mkl Taq-polimeraza (umumiy hajmi: 40 mkl). Termik sikllanish sharoiti: dastlabki denaturatsiya 95°C da 5 daqiqa; 35 sikl: denaturatsiya 95°C da 45 soniya, praymerlarning birikishi (anniling) 55°C da 45 soniya va elongatsiya 72°C da 90 soniya; yakuniy elongatsiya 72°C da 10 daqiqa [12]. PZR mahsulotlari 1% li agaroza gelida 100 V kuchlanishda tekshirildi, kesib olindi va Sileks M reaktivlari (Moskva, Rossiya) yordamida tozalandi. Sekvenslash ABI PRISM® BigDye™ Terminator v3.1 kiti yordamida amalga oshirildi; sekvenslash xizmatlari GATC Biotech AG kompaniyasi tomonidan ko‘rsatildi. Ketma-ketliklar BioEdit, ClustalX2 [13], DNAstar™ va PAUP4 [14] dasturlari yordamida tahlil qilindi.

Filogenetik munosabatlar mtDNK COI geni ketma-ketliklari asosida, jumladan yangi olingan ketma-ketliklar, GenBank dan olingan gomologlar va tashqi guruh (outgroup) yordamida aniqlandi. Ko‘p ketma-ketlikli turkislash (alignment) MAFFT [15] dasturida amalga oshirilib, BioEdit v7.0.5.2 [16] da qo‘lda tuzatildi. Maksimal ehtimollik (Maximum Likelihood, ML) daraxtlari IQ-TREE 2 [17] dasturida qurildi, optimal almashinish modeli esa ModelFinder yordamida tanlandi. Tugunlarning ishonchliligi 1000 ta bootstrap takrorlashlari orqali baholandi.

Olingan natijalar va ularning tahlili. Olib borilgan molekulyar-genetik tadqiqotlar natijasida *Sturnus* avlodiga mansub *Sturnus vulgaris* turining mitoxondrial DNKsidagi COI geniga oid 642 juft asosli nukleotidlar ketma-ketligi ajratib olindi va ushbu ketma-ketliklar asosida *Sturnus* avlodiga mansub turlar o‘rtasidagi genetik masofalar hamda filogenetik aloqalar tahlil qilindi.

Genetik masofa tahlili. Molekulyar-genetik tahlil asosida, Namangan shahri va Navoiy vioyati Qizilqum cho‘li hududidan yig‘ilgan *Sturnus vulgaris* turiga mansub namunalarning mtDNK sining COI (sitoxromoksidaza I) geniga oid nukleotidlar ketma-ketligi va GenBank dan olingan *Sturnus* avlodiga mansub turlarning ketma-ketliklari bo‘yicha hisoblangan genetik masofa matritsasi va issiqlik xaritasi (heatmap) turlar o‘rtasidagi filogenetik munosabatlarni baholash uchun tuzildi (1-rasm).



1-rasm. *Sturnus* avlodiga mansub turlar o'rtasidagi genetik masofaning issiqlik xaritasi (heatmap).

Izoh: Yashil rang - past, sariq va to'q sariq ranglar – o'rtacha, qizil rang esa yuqori genetik masofani bildiradi. *S. vulgaris* Bukh va *S. vulgaris* Nam – mos ravishda Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho'li hududlaridan yig'ilgan namunalar.

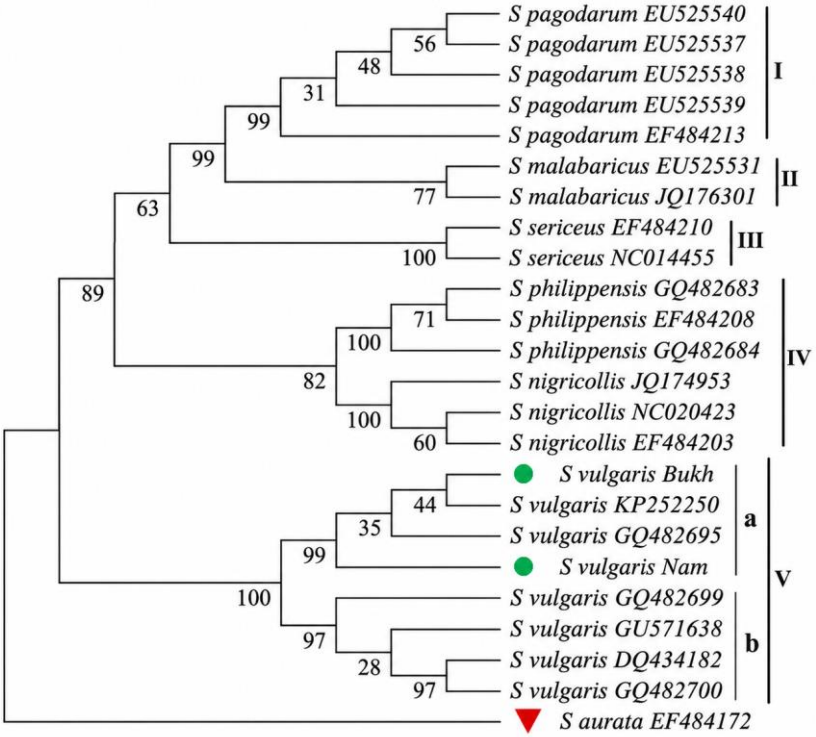
Natijalar shuni ko'rsatdiki, *S. vulgaris* Nav va *S. vulgaris* Nam namunalari o'rtasidagi, shuningdek ularning GenBank dan olingan *S. vulgaris* KP252250 va GQ482695 namunalari bilan genetik masofasi 0,000 ni tashkil etib, to'rt namuna ham genetik jihatdan deyarli bir xil (identik) tuzilishga ega ekanligini ko'rsatdi. Bu V-kladaning "a" subkladasi ichida namunalarning yaqin filogenetik qarindoshligini va barchasining bir turga – *S. vulgaris* turiga mansubligini molekulyar darajada tasdiqlaydi.

"a" subkladasi ("*S. vulgaris* Nav, Nam, KP252250, GQ482695") bilan "b" subkladasi (*S. vulgaris* GQ482699, GU571638, DQ434182, GQ482700) o'rtasidagi genetik masofa 0,014-0,019 oralig'ida qayd etildi, bu esa ikkita subklada o'rtasida aniq, lekin tur ichi darajasidagi genetik farqlanish mavjudligini ko'rsatadi. "b" subkladasi ichidagi masofa esa juda past (0,000-0,005) bo'lib, ushbu namunalarning ham o'zaro yaqin filogenetik guruhni tashkil etishini tasdiqladi.

I-kladaga mansub *Sturnia pagodarum* turining besh namunasi o'rtasidagi genetik masofa eng past ko'rsatkichlardan biri bo'lib, 0,000–0,002 oralig'ida o'zgardi, bu turning yuqori darajadagi genetik bir xilligini ko'rsatdi. II-klada (*Sturnia malabarica*) ichida masofa 0,005 ni, III-klada (*Spodiopsar sericeus*) ichida esa 0,005 ni tashkil etdi. IV-kladaga mansub *Sturnus philippensis* va *Stachyris nigricollis* turlari o'z navbatida alohida-alohida yuqori ichki yaqinlikka ega bo'ldi (mos ravishda 0,000-0,002 va 0,000), lekin ikki tur o'rtasidagi masofa 0,058-0,087 ga yetib, ularning genetik jihatdan aniq farqlangan turlar ekanligini tasdiqladi.

Kladalar oralig'idagi genetik masofa kladalar ichidagiga nisbatan ancha yuqori bo'ldi: I va II klada o'rtasida 0,016-0,019, I va III klada o'rtasida 0,061-0,069, II va III klada o'rtasida 0,058-0,066,

I va IV klada o‘rtasida esa 0,058-0,079 oralig‘ida qayd etildi. Ayniqsa, I-klada (*S. pagodarum*) bilan V-klada (*S. vulgaris*) o‘rtasidagi masofa 0,094-0,102 ga, II-klada (*S. malabaricus*) bilan V-klada o‘rtasida esa 0,093-0,099 ga yetib, bu kladalararo chuqur genetik farqlanishni ko‘rsatdi.



2-rasm. *Sturnus* avlodiga mansub turlar o‘rtasidagi filogenetik shajara daraxti

Tashqi guruh sifatida olingan *Saroglossa aurata* (EF484172) turi barcha o‘rganilgan *Sturnus* turlariga nisbatan eng yuqori genetik masofani (0,104-0,126) namoyon etdi, bu esa uning mustaqil filogenetik liniyasini va daraxtning to‘g‘ri ildizlanishini (root) ta’minlashini tasdiqladi.

Umuman olganda, genetik masofa tahlili *Sturnus* avlodiga mansub turlarning beshta aniq ajralgan filogenetik guruhga (klada) bo‘linishini, har bir klada ichida yuqori genetik yaqinlik, kladalar o‘rtasida esa sezilarli darajadagi genetik farqlanish mavjudligini tasdiqlaydi. Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho‘li hududidan olingan *S. vulgaris* namunalarining GenBank dagi mos turlar bilan nol genetik masofada joylashishi ularning tur darajasidagi identifikatsiyasini molekulyar jihatdan yana bir bor tasdiqlaydi.

Filogenetik shajarasi tahlili. Olib borilgan molekulyar-genetik tadqiqotlar natijasida, Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho‘li hududlaridan yig‘ilgan Passeriformes turkumi, Sturnidae oilasiga mansub *Sturnus vulgaris* turining mtDNK sining sitoxromoksidaza I (COI) geniga mansub nukleotidlar ketma-ketliklari asosida va Milliy bioinformatik axborotlar markazi (GenBank) dan olingan *Sturnus* avlodiga mansub turlarning nukleotidlar ketma-ketligi asosida qurilgan filogenetik daraxti yaratildi. Daraxt ildizi sifatida *S. aurata* (EF484172) turi tashqi guruh (outgroup) sifatida foydalanildi (2-rasm).

Filogenetik shajara daraxtida, 21 ta ichki tugun va bitta tashqi guruh mavjud bo‘lib, ular beshta asosiy kladaga (I-V) ajralib, I-klada – besh namunadan iborat *S. pagodarum* (EU525540, EU525537, EU525538, EU525539, EF484213) turini o‘z ichiga oladi. II-klada – *S. malabarica* (EU525531, JQ176301) turining ikki namunasidan, III-klada esa *S. sericeus* (EF484210, NC014455) turining ikki namunasidan tashkil topdi (100% bootstrap). IV-klada – *S. philippensis* (GQ482683, EF484208, GQ482684) va *S. nigricollis* (JQ174953, NC020423, EF484203) turlarini birlashtirib, 82% bootstrap qiymati bilan ajralib turdi. V-klada esa *S. vulgaris* turining sakkiz namunasidan iborat bo‘lib, eng yuqori (100%) bootstrap qiymati bilan alohida klada sifatida ajraldi va o‘z navbatida ikkita subkladaga (a va b) bo‘lindi.

S. vulgaris Bukh va *S. vulgaris* Nam namunalari V-kladaning “a” subkladasi ichida joylashib, GenBank dan olingan *S. vulgaris* KP252250 va GQ482695 namunalari bilan birga monofiletik guruh (99% bootstrap qiymati bilan) hosil qildi. Bunda, Buxoro viloyatidan olingan namuna (*S. vulgaris*

Bukh) KP252250 namunasi bilan 44% bootstrap qiymati bilan yaqin filogenetik qarindoshlikni namoyish etdi, bu esa ushbu namunalarning genetik jihatdan bir turga – *S. vulgaris* turiga mansubligini tasdiqladi. "b" subklada esa GQ482699, GU571638, DQ434182 va GQ482700 namunalaridan iborat bo'lib, 97% bootstrap qiymati bilan "a" subkladasidan farqlandi.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, Sturnidae oilasiga mansub turlar COI mtDNK markeri asosida beshta asosiy filogenetik kladaga aniq ajralib, kladalar ichidagi bootstrap qiymatlari, ayniqsa IV va V-kladalar doirasida, yuqori (82-100%) bo'lib, bu COI genining turlar va populyatsiyalar o'rtasidagi filogenetik munosabatlarni aniqlashda yuqori ishonchlilik darajasiga ega ekanligini ko'rsatadi. Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho'li hududidan olingan *S. vulgaris* namunalari GenBank da mavjud *S. vulgaris* namunalari bilan bir subklada (99% bootstrap) hosil qilib, ularning tur darajasidagi identifikatsiyasi molekulyar jihatdan tasdiqlandi.

Muhokama. Ushbu tadqiqot doirasida olingan molekulyar-genetik natijalar Sturnus avlodiga mansub turlarning genetik xilma-xilligi va filogenetik munosabatlarini COI (sitoxromoksidaza I) mtDNK markeri asosida baholashga imkon berdi. Mitoxondrial DNK, xususan COI geni, yuqori evolyutsion konservatizmi va ayni paytda turlar darajasida yetarli o'zgaruvchanlikka ega bo'lishi sababli, ornitologik obyektlarda molekulyar taksonomiya va filogenetik rekonstruksiya uchun eng ishonchli markerlardan biri hisoblanadi. Olingan natijalar ushbu markerning Sturnus avlodi doirasida turlarni aniq farqlash va ularning filogenetik qarindoshligini tiklash imkoniyatini yana bir bor tasdiqladi.

Genetik masofa tahlili natijalari DNA-barkoding sohasida umume'tirof etilgan tamiyilga – tur ichi va turlar orasi genetik masofalar o'rtasida aniq "barkoding bo'shlig'i" (barcoding gap) mavjudligi haqidagi qoidaga – to'liq mos keladi. Tadqiqotda aniqlanganidek, *S. vulgaris* turiga mansub namunalar (Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho'li hududidan yig'ilgan namunalar hamda GenBank dan olingan KP252250 va GQ482695 ketma-ketliklari) o'rtasidagi genetik masofa 0,000 ni tashkil etdi, ya'ni ular amalda identik genetik tuzilishga ega. Shu bilan birga, kladalar (turlar guruhlari) o'rtasidagi genetik masofa 0,058 dan 0,126 gachagi oraliqda qayd etildi. Bunday keskin farq – tur ichi darajadagi masofaning deyarli nolga yaqinligi va turlar orasi masofaning undan o'n barobardan ortiq yuqoriligi – COI genining *Sturnus* avlodidagi turlarni molekulyar darajada ishonchli farqlash uchun yetarli ajratuvchanlik kuchiga ega ekanligini ko'rsatadi.

Ayniqsa e'tiborga molik jihat – *S. vulgaris* turining V-kladasi ichida "a" va "b" deb nomlangan ikkita subkladaning ajralib chiqishidir. Ushbu subkladalar o'rtasidagi genetik masofa (0,014-0,019) tur ichi darajasidagi o'zgaruvchanlikning yuqori chegarasiga yaqinlashsa-da, turlar orasi darajasidagi masofadan ancha past bo'lib qolmoqda. Bu holat *S. vulgaris* turining keng areal bo'ylab tarqalgan populyatsiyalarida mavjud bo'lgan filogeografik strukturalashuvning (population-level phylogeographic structuring) namoyon bo'lishi sifatida baholanishi mumkin, bu esa bir qator keng tarqalgan qush turlarida, jumladan boshqa Sturnidae oilasi vakillarida ham avvalgi tadqiqotlarda qayd etilgan hodisadir. Shu bois, "a" va "b" subkladalari orasidagi farqni alohida tur darajasida emas, balki bir tur doirasidagi geografik yoki populyatsion differensiatsiya sifatida talqin qilish maqsadga muvofiqdir.

Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho'li hududidan yig'ilgan namunalarning GenBank dan olingan *S. vulgaris* ketma-ketliklari bilan bir xil subkladada (99% bootstrap qiymati bilan) joylashishi va ular o'rtasidagi nolga teng genetik masofa, ushbu namunalarning tur darajasidagi identifikatsiyasini molekulyar jihatdan yuqori ishonchlilik bilan tasdiqlaydi. Bu natija, o'z navbatida, an'anaviy morfologik identifikatsiya usullarini molekulyar-genetik ma'lumotlar bilan boyitish va mustahkamlash imkoniyatini ko'rsatadi, bu esa morfologik jihatdan yaqin turlarni farqlashda muhim amaliy ahamiyatga ega.

Xulosa. Namangan shahri va Buxoro vioyati Qizilqum cho'li hududidan yig'ilgan namunalarning mitoxondrial DNKsidagi COI geniga oid 642 juft asosli nukleotidlar ketma-ketligi asosida ularning *S. vulgaris* turiga mansubligi molekulyar darajada to'liq tasdiqlandi – GenBank dan olingan mos turdagi namunalar bilan genetik masofa 0,000 ni tashkil etdi.

Sturnus avlodi doirasida o‘rganilgan namunalar genetik masofa va filogenetik tahlil natijalariga ko‘ra beshta aniq ajralgan kladaga (I-V) bo‘lindi, ularning har birida yuqori ichki genetik yaqinlik (0,000-0,005) va kladalar o‘rtasida sezilarli genetik farqlanish (0,016-0,126) qayd etildi.

Filogenetik daraxtdagi barcha asosiy kladalarning yuqori bootstrap qiymatlar (82-100%) bilan qo‘llab-quvvatlanishi, COI geni *Sturnus* avlodiga mansub turlarni molekulyar darajada ishonchli farqlash va aniqlash uchun samarali barkoding markeri ekanligini ko‘rsatdi.

Olingan natijalar O‘zbekiston hududida tarqalgan *S. vulgaris* populyatsiyalarining molekulyar-genetik pasportini yaratish, shuningdek ularni GenBank kabi xalqaro axborot bazalaridagi ma’lumotlar bilan taqqoslash orqali tur doirasidagi genetik xilma-xillikni baholashga xizmat qiladi va kelgusida keng populyatsion-genetik tadqiqotlar uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Ushbu tadqiqot ishi 2025-2026-yillar oralig‘ida Namangan shahri va Buxoro vioyati hududidan to‘plangan dala ma’lumotlariga asoslangan. O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Zoologiya institutini “Buxoro va Navoiy viloyatlari hayvonot dunyosining raqamli axborot tizimini yaratish” davlat dasturi hamda Namangan davlat universiteti Biotexnologiya fakulteti Biologiya kafedrasining “Farg‘ona vodiysi bioxilma-xilligi (flora va faunasi, zamonaviy konspekti, raqamli platformasi, davlat kadastri va muhofazasi hamda molekulyar tahlillarga qaratilgan tadqiqotlar) mavzusi doirasida amalga oshirilgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Linnaeus C. Systema Naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Tomus I. – Holmiae : Laurentii Salvii, 1758. – P. 167.

2. Zuccon D., Pasquet E., Ericson P.G.P. Phylogenetic relationships among Palearctic–Oriental starlings and mynas (genera *Sturnus* and *Acridotheres*: Sturnidae) // Zoologica Scripta. – 2008. – Vol. 37, №. 5. – P. 469-481.

3. Lovette I.J., McCleery B.V., Talaba A.L., Rubenstein D.R. A complete species-level molecular phylogeny for the “Eurasian” starlings (Sturnidae: *Sturnus*, *Acridotheres*, and allies): Recent diversification in a highly social and dispersive avian group // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2008. – Vol. 47, №. 1. – P. 251-260.

4. Feare C., Craig A. *Starlings and Mynas*. Princeton: Princeton University Press. 1999. – P. 183-188.

5. Stuart K.C., Edwards R.J., Cheng Y., Warren W.C., Burt D.W., Sherwin W.B., Hofmeister N.R., Werner S.J., Ball G.F., Bateson M., Brandley M.C., Buchanan K.L., Cassey P., Clayton D.F., De Meyer T., Meddle S.L., Rollins L.A. Transcript- and annotation-guided genome assembly of the European starling // Molecular Ecology Resources. – 2022. – Vol. 22, №. 8. – P. 3141–3160.

6. Contrasting Mitochondrial Diversity of European Starlings (*Sturnus vulgaris*) Across Three Invasive Continental Distributions. Ecology and Evolution [Electronic resource]. NCBI PMC7520211.

7. Nagy Z.T., Sonet G., Glaw F., Vences M. First Large-Scale DNA Barcoding Assessment of Reptiles in the Biodiversity Hotspot of Madagascar, based on Newly Designed COI Primers. PLoS One, 7(3), 2012. e34506.

8. Brown W.M., George M. Jr., Wilson A.C. Rapid evolution of animal mitochondrial DNA. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 1979. Vol.76. – P. 1967-1971.

9. Mindell D.P., Sorenson M.D., Huddleston C.J. et al. Phylogenetic relationships among and within select avian orders based on mitochondrial DNA. In: Avian Molecular Evolution and Systematics (ed. Mindell D.P.), New York: Academic Press. 1997. P. 214-247.

10. Avise J.C., Walker D. Species realities and numbers in sexual vertebrates: perspectives from an asexually transmitted genome // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1999. – Vol. 96. – P. 992–995.

11. Hebert P.D.N., Cywinska A., Ball S.L., deWaard J.R. Biological identifications through DNA barcodes // Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. – 2003. – Vol. 270, №. 1512. – P. 313–321.

12. Kocher T.D., Thomas W.K., Meyer A., Edwards S.V., Paabo S., Villablanca F.X., Wilson A.C. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1989. – Vol. 86, №. 16. – P. 6196-6200.

13. Larkin M.A., Blackshields G., Brown N.P., Chenna R., McGettigan P.A., McWilliam H., Valentin F., Wallace I.M., Wilm A., Lopez R., Thompson J.D., Gibson T.J., Higgins D.G. Clustal W and Clustal X version 2.0 // Bioinformatics. – 2007. – Vol. 23, №. 21. – P. 2947-2948.

14. Swofford D.L. PAUP: Phylogenetic Analysis Using Parsimony (and Other Methods). Version 4. – Sunderland, Massachusetts : Sinauer Associates, 1998.

15. Katoh K., Misawa K., Kuma K., Miyata T. MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform // Nucleic Acids Research. – 2002. – Vol. 30, №. 14. – P. 3059-3066.

16. Hall T.A. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT // Nucleic Acids Symposium Series. – 1999. – Vol. 41. – P. 95-98.

17. Minh B.Q., Schmidt H.A., Chernomor O., Schrempf D., Woodhams M.D., von Haeseler A., Lanfear R. IQ-TREE 2: New Models and Efficient Methods for Phylogenetic Inference in the Genomic Era // Molecular Biology and Evolution. – 2020. – Vol. 37, №. 5. – P. 1530-1534.

UO'K: 633.34

SUV TEJAMKOR USULDA YETISHTIRILGAN SOYA NAVLARINING TRANSPIRASTIYA JADALLIGINING KUNLIK DINAMIKASI

R.K.Nomozov, tayanch doktorant, Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, Denov
M.K.Hamroyeva, kafedra mudiri, Denov tadbirkorlik va pedagogika instituti, Denov

Annotatsiya. *Mazkur tadqiqotda suv tejamkor sug'orish sharoitida yetishtirilgan Nafis, Madad, Orzu va Sevinch soya navlarining gullash fazasidagi transpiratsiya jadalligining kunlik dinamikasi o'rganildi. Transpiratsiya jadalligi 8:00 dan 20:00 gacha bo'lgan davrda har ikki soatda aniqlanib, tomchilatib va egatlab sug'orish sharoitlari taqqoslandi. Natijalarga ko'ra, barcha navlarda transpiratsiya jadalligi kun davomida ortib, 14:00 da maksimal qiymatga yetdi, so'ngra kamayish kuzatildi. Tomchilatib sug'orishda navlarning o'rtacha kunlik transpiratsiya jadalligi 386,37 - 423,46 g/m²·soat, egatlab sug'orishda esa 373,77 - 403,81 g/m²·soat oralig'ida bo'ldi. Natijalar sug'orish usuli va nav xususiyatlarining transpiratsiya jarayoniga ta'sirini ko'rsatdi.*

Kalit so'zlar: *Transpiratsiya jadalligi, kunlik dinamika, tomchilatib sug'orish, egatlab sug'orish, gullash fazasi.*

Аннотация. *В данном исследовании изучалась суточная динамика интенсивности транспирации в фазе цветения сортов сои «Нафис», «Мадад», «Орзу» и «Севинч», выращиваемых в условиях водосберегающего орошения. Интенсивность транспирации измеряли каждые два часа в период с 08:00 до 20:00, сравнивая показатели при капельном орошении и поливе по бороздам. Результаты показали, что интенсивность транспирации у всех сортов возрастала в течение дня, достигая максимума в 14:00, после чего снижалась. Среднесуточная интенсивность транспирации варьировала от 386,37 до 423,46 г/(м²·ч) при капельном орошении и от 373,77 до 403,81 г/(м²·ч) при поливе по бороздам. Полученные данные продемонстрировали влияние способов орошения и сортовых особенностей на процесс транспирации.*

Ключевые слова: *интенсивность транспирации, суточная динамика, капельное орошение, полив по бороздам, фаза цветения.*

Abstract. *This study examined the diurnal dynamics of transpiration intensity during the flowering phase of soybean varieties 'Nafis', 'Madad', 'Orzu', and 'Sevinch' grown under water-saving irrigation conditions. Transpiration intensity was measured every two hours between 08:00 and 20:00, comparing rates under drip irrigation and furrow irrigation. The results showed that transpiration intensity in all varieties increased throughout the day, peaking at 14:00 before declining. The average daily transpiration rate ranged from 386.37 to 423.46 g/(m²•h) under drip irrigation and from 373.77 to 403.81 g/(m²•h) under furrow irrigation. The obtained data demonstrated the influence of irrigation methods and cultivar characteristics on the transpiration process.*

Keywords: *transpiration rate, diurnal dynamics, drip irrigation, furrow irrigation, flowering stage.*

Kirish. Soya (*Glycine max*) yetishtirishda o'simlikning suv bilan ta'minlanishi uning fiziologik jarayonlari, jumladan, transpiratsiya jadalligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Transpiratsiya o'simlikning suv almashinuvi va barg orqali suv yo'qotishini tavsiflovchi muhim fiziologik jarayon bo'lib, uning jadalligi kun davomida havo harorati, yorug'lik, namlik va o'simlikning suv bilan ta'minlanishiga qarab o'zgaradi.

Suv tejamkor sug'orish texnologiyalaridan foydalanish o'simlikning suv rejimini boshqarish va vegetatsiya davrida namlikdan samarali foydalanish imkonini beradi. Ayniqsa, tomchilatib sug'orishda suvning bevosita ildiz zonasiga yetkazilishi o'simlikning suv bilan ta'minlanish sharoitini yaxshilashi mumkin.

Soya navlarining gullash fazasidagi kunlik transpiratsiya jadalligi o'simlikning biologik potentsiali hamda havo harorati va nisbiy namligi darajasiga bog'liq holda o'zgaradi. Bunda

transpiratsiya jarayonining jadal yoki mo‘tadil kechishi navlarning suvdan foydalanish samaradorligini belgilovchi asosiy fiziologik ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi [1].

O‘simlik biomassasini 1 grammga oshirish uchun taxminan 500 g suv ildiz tizimi tomonidan o‘zlashtirilishi, o‘simlik tomonidan assimilatsiya qilinishi va uning vegetativ organlari yuzasidan atmosferaga chiqarilishi talab etiladi. O‘ziga xos xususiyatlari tufayli suv hujayra hayotining barcha jarayonlarida katta ahamiyatga ega. Suv rejimining hatto kichik darajada buzilishi ham metabolik jarayonlarda sezilarli o‘zgarishlarni keltirib chiqaradi [2].

Soya o‘simligida transpiratsiya jadalligi bargdagi suv miqdori hamda og‘izchalar apparatining boshqaruv funksiyasini belgilab beradi. Barglarning jadal suvsizlanishi oqibatida og‘izchalar orqali suv bug‘lanishini nazorat qilish mexanizmining izdan chiqishi fotosintez faolligining susayishiga olib keladi [3].

Suv ta’minoti yetarli bo'lganda og‘izchalarning ochiq saqlanishi va jadal transpiratsiya o‘simliklarni atmosferaviy qurg‘oqchilikdan himoya qiladi. Suv tanqisligida esa og‘izchalarning yopilishi turgor va transpiratsiyani tushirib, fotosintez hamda umumiy mahsuldorlikni pasaytiradi, bunda qurg‘oqchilikka chidamli navlar yuqori fiziologik moslashuvchanlik va mahsuldorlik namoyon etadi [4].

Soya navlarida qurg‘oqchilik sharoitida to'qimalarning suvsizlanishini oldini olish tuproq qurishi hamda yuqori harorat sharoitida stomatalar orqali transpiratsiyaning cheklanishi, shuningdek, yon ildizlar hisobiga chuqur kirib boruvchi ildiz tizimining rivojlanishi bilan uzviy bog‘liqdir [5].

Soya o‘simligida suv tanqisligi darajasini va uning ekofiziologik jarayonlarga ta'sirini monitoring qilishda transpiratsiyaga yaroqli tuproq suvi ulushi dinamik ekin modellarining asosiy indikatori hisoblanadi [6].

Soya (*Glycine max* (L.) Merr.) o‘simligida suv almashinuvi va transpiratsiya jadalligi uning suv bilan ta’minlanishi, o‘sish jarayonlari hamda tashqi muhit omillariga moslashuvini tavsiflovchi muhim fiziologik ko‘rsatkichlardan biridir. Transpiratsiyaning kun davomida o‘zgarishini aniqlash sug‘orish usullarining o‘simlik suv rejimiga ta’sirini hamda turli navlarning fiziologik javoblarini baholash imkonini beradi. Shu sababli soya navlarida transpiratsiya jadalligining sutkalik dinamikasini o‘rganish suv tejamkor yetishtirish texnologiyalarini fiziologik jihatdan baholashda muhim ahamiyatga ega.

Tadqiqot materiali va uslublari. Tadqiqotlar Surxondaryo viloyati Termiz tumanidagi Ingichka tolali paxtachilik ilmiy-tadqiqot instituti tajriba maydonlarida olib borildi. Tadqiqot obyekti sifatida Nafis, Madad, Orzu va Sevinch soya navlari (*Glycine max* (L.) Merr.) olindi. Tajribada soya navlari suv tejamkor, ya’ni tomchilatib sug‘orish va egatlab sug’orish usulida yetishtirildi.

Tajriba maydonida har bir variant 4 qatorli bo‘lib, qator uzunligi 10 m, qatorlar oralig‘i 60 sm va o‘simliklar oralig‘i 10 sm ni tashkil etdi. Fiziologik ko‘rsatkichlarni aniqlashda ikki markaziy hisob qatoridagi o‘simliklardan foydalanildi.



1-rasm. Tomchilatib sug‘orish orqali yetishtirilgan soya navlari

Soya navlarining transpiratsiya jadalligi L.A. Ivanov tomonidan ishlab chiqilgan tez tortish usuli asosida aniqlandi [7, 8]. Mazkur usul o'simlik barglari orqali ma'lum vaqt davomida bug'langan suv miqdorini aniqlashga asoslanadi.

Transpiratsiya jadalligini aniqlash uchun daladagi tipik o'simlikdan olingan barglarning boshlang'ich massasi aniqlanadi. Massasi aniqlangan barglar ma'lum vaqt davomida tabiiy sharoitda saqlandi. 3 minutdan keying massasi aniqlanib, massa kamayishi barg yuzasidan bug'langan suv miqdorini hisoblab chiqiladi.

O'lchashlar kun davomida 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 va 20:00 da, ya'ni har 2 soatda amalga oshirildi. Mazkur tajriba orqali soya navlarida transpiratsiya jadalligining sutkalik o'zgarishi baholandi.

Transpiratsiya jadalligi – bir metr kvadrat barg sathida bir soatda bug'latilgan suv miqdoriga aytiladi. U quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$TJ = \frac{a * 60 * 10000}{S * t}$$

Bu yerda: TJ = transpiratsiiya jadalligi;
a - 3 minutda yo'qolgan massa (g) ;
S - barg sathi (sm ^{2}) ;
t - vaqt (min.),
60 - minutni soatga aylantirish koeffitsiyenti,
10000 – sm^2 ni m^2 ga aylantirish koeffitsiyenti.

Nafis, Madad, Orzu va Sevinch navlarida transpiratsiya jadalligining kunlik dinamikasi, shuningdek, kunning turli vaqtlaridagi navlararo farqlar tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari. Soya navlarida transpiratsiya jadalligining sutkalik dinamikasi o'rganilganda, uning kun davomida bir xil darajada kechmasligi aniqlandi. Har ikki sug'orish variantida ham transpiratsiya jadalligi ertalabki soatlarda nisbatan past bo'lib, kunning birinchi yarmida ortib bordi va 14:00 da maksimal darajaga yetdi. Keyingi soatlarda esa ko'rsatkichning izchil pasayishi kuzatildi. Biroq mazkur umumiy qonuniyatning namoyon bo'lish darajasi navlarga qarab farq qilishi aniqlandi (1-jadval).

1-jadval.

Soya navlarining kunlik transpiratsiya jadalligi dinamikasi (g/m^2 *soat)

Soya navlari	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	O'rtachasi
	Tomchilatib sug'orish							
Nafis	302,36 ±0,43	476,28 ±0,82	494,24 ±1,54	526,34 ±1,32	454,72 ±1,31	392,22 ±0,95	330,82 ±1,74	425,28 ± 1,16
Madad	323,45 ±0,34	446,24 ±1,24	492,43 ±1,52	509,29 ±0,45	437,32 ±1,56	379,14 ±1,63	324,74 ±1,21	416,09 ± 1,14
Orzu	246,55 ±1,15	450,35 ±1,62	472,82 ±1,86	524,46 ±1,49	428,84 ±1,62	358,49 ±1,48	257,53 ±1,78	391,29 ± 1,57
Sevinch	278,62 ±1,63	480,26 ±1,12	486,57 ±0,94	540,23 ±1,68	431,21 ±1,58	343,44 ±1,83	284,38 ±1,39	406,39 ± 1,45
	Egatlab sug'orish							
Nafis	309,26 ±1,58	468,72 ±1,92	475,71 ±1,32	514,53 ±1,25	423,67 ±1,61	348,47 ±1,18	266,34 ±1,17	400,96± 1,43
Madad	292,16 ±1,35	435,32 ±1,73	471,43 ±1,36	483,82 ±1,22	391,93 ±1,37	364,31 ±1,42	287,63 ±1,53	389,51 ± 1,43
Orzu	232,13 ±0,84	376,74 ±1,22	457,92 ±0,67	504,37 ±1,40	412,23 ±1,78	294,64 ±1,35	262,38 ±1,86	362,92 ± 1,30
Sevinch	270,66 ±1,73	362,80 ±1,29	462,65 ±,91	483,39 ±1,14	388,45 ±1,32	298,19 ±1,52	258.15 ±1,44	360,61 ± 1,34

Tomchilatib sug'orilgan variantda 14:00 dagi maksimal transpiratsiya jadalligi Sevinch navida 530,23 ± 1,68 g/m^2 *soat ga yetib, mazkur variantdagi eng yuqori qiymatni tashkil etdi. Biroq sutkalik o'rtacha ko'rsatkich bo'yicha Nafis navi yuqori qiymat kuzatilib, 425,28 ± 1,16 g g/m^2 *soat ni tashkil

etdi. Bu natija navning transpiratsiya jadalligini kun davomida nisbatan yuqori darajada saqlab turishi bilan izohlanadi. Orzu navida esa 14:00 dagi yuqori qiymatga qaramay, sutkalik o‘rtacha ko‘rsatkichning pastligi transpiratsiya jarayonining kun davomida keskinroq o‘zgarishini ko‘rsatdi.

Egatlab sug‘orilgan variantda ham transpiratsiyaning maksimal qiymati 14:00 da kuzatildi. Bu vaqtda Nafis navida 514,53 ± 1,25 g/m^2 *soat bilan eng yuqori ko‘rsatkich qayd etildi. Keyingi soatlarda transpiratsiya jadalligining kamayishi barcha navlarda kuzatilgan bo‘lsa-da, uning darajasi navlar bo‘yicha bir xil bo‘lmadi. Nafis navida sutkalik o‘rtacha ko‘rsatkichning yuqoriligi - 400,96 ± 1,43 g/m^2 *soat - uning transpiratsiya jarayonini kun davomida nisbatan faol saqlaganini ko‘rsatadi.

Sug‘orish usullarini taqqoslash tomchilatib sug‘orilgan variantda transpiratsiya jadalligining, ayniqsa kunning ikkinchi yarmida, egatlab sug‘orilgan variantga nisbatan yuqoriroq bo‘lganini ko‘rsatdi. Bu holat tomchilatib sug‘orish natijasida tuproqdagi namlikning o‘simlik ildiz tizimiga nisbatan barqarorroq yetib borishi va o‘simlikning suv almashinuvi jarayonini kun davomida faolroq saqlashi bilan bog‘liqligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalari soya navlarida transpiratsiya jadalligining sutkalik ritmi sug‘orish usuli va navning biologik xususiyatlari bilan bog‘liq holda shakllanishini ko‘rsatdi. Transpiratsiyaning 14:00 da maksimumga yetishi barcha o‘rganilgan navlar uchun umumiy qonuniyat bo‘lgan bo‘lsa, uning maksimal darajasi, sutkalik o‘rtacha qiymati va kunning ikkinchi yarmidagi pasayishi navlar bo‘yicha farqlanishi genotiplarning suv almashinuvi jarayoniga turlicha javob berishini ko‘rsatadi.

Tadqiqotlarimizda 08:00–20:00 oralig‘ida aniqlangan ko‘rsatkichlarning o‘rtacha qiymatlari soya navlarida transpiratsiya jadalligi sug‘orish usuliga va nav xususiyatlariga bog‘liqligini ko‘rsatdi. Tomchilatib sug‘orilgan variantda eng yuqori sutkalik o‘rtacha transpiratsiya jadalligi Nafis navida (425,28 g/m^2 *soat), eng past ko‘rsatkich Orzu navida (391,29 g/m^2 *soat) qayd etildi. Egatlab sug‘orilgan variantda esa mos ravishda 400,96 va 360,61 g/m^2 *soat ni tashkil etdi. Umuman, tomchilatib sug‘orilgan variantda navlar bo‘yicha o‘rtacha transpiratsiya jadalligi egatlab sug‘orilgan variantga nisbatan yuqoriroq bo‘ldi. Bu natijalar sug‘orish usuli va nav genotipining transpiratsiya jarayonining sutkalik darajasiga ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatadi.

Muhokama. Bizning tadqiqotimizda soya navlarida transpiratsiya jadalligi kun davomida qonuniy ravishda o‘zgarib, 14:00 da maksimal qiymatga, ertalab va kechki soatlarda esa nisbatan past qiymatlarga ega bo‘ldi. Shu kabi sutkalik dinamika Fozilov (2016) tomonidan Xorazm sharoitida o‘rganilgan soya navlarida ham aniqlangan bo‘lib, muallif transpiratsiya jadalligi barcha navlarda ertalab past, 14:00 da yuqori va kechki soatlarda yana pasayishini qayd etgan. Bizning tajribamizda tomchilatib sug‘orilgan variantda sutkalik o‘rtacha transpiratsiya jadalligi 391,29–425,28 g/m^2 *soat, egatlab sug‘orilgan variantda esa 360,61–400,96 g/m^2 *soat oralig‘ida bo‘ldi. Sug‘orish sharoitining transpiratsiyaga ta’siri Minussi Winck va boshq. (2022) tadqiqotlarida ham ko‘rsatilgan. Mualliflar turli soya genotiplarida suv ta’minoti o‘zgarishi transpiratsiya jarayonining pasayishi va tiklanishiga turlicha ta’sir qilishini aniqlagan.

Navlar o‘rtasidagi farqlar ham oldingi tadqiqotlar bilan mos keladi. Yuldashov va boshq. (2023) soya navlarida transpiratsiya jadalligi genotipga bog‘liq ravishda farqlanishini ko‘rsatgan. Bizning tajribamizda ham Nafis navida har ikki sug‘orish usulida sutkalik o‘rtacha transpiratsiya jadalligi yuqori bo‘lib, Orzu va Sevinch navlarida nisbatan pastroq qiymatlar kuzatildi. Bizning natijalarimiz avvalgi tadqiqotlariga mos bo‘lib, soya navlarida transpiratsiya jadalligining sutkalik dinamikasi umumiy fiziologik qonuniyatlarga ega ekanligini, uning darajasi esa nav va suv bilan ta’minlanish sharoitiga qarab o‘zgarishini ko‘rsatdi.

Xulosa. Sug‘orish usuli soya navlarida transpiratsiya jadalligining kunlik dinamikasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatdi. Har ikki sug‘orish variantida transpiratsiya jadalligi ertalabdan ortib, 14:00 da eng yuqori qiymatga yetgan, keyinchalik kechki soatlarda pasaydi. Tomchilatib sug‘orilgan variantda navlarning sutkalik o‘rtacha transpiratsiya jadalligi 391,29–425,28 g/m^2 *soat, egatlab sug‘orilgan variantda **esa** 360,61–400,96 g/m^2 *soatni tashkil etdi. Demak, tomchilatib sug‘orish o‘simliklarning suv bilan ta’minlanishini nisbatan barqaror saqlab, kun davomida transpiratsiya jarayonining yuqoriroq darajada kechishini ta’minlagan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Kholliyev A.E., Fozilov Sh.M. Some Characteristics of Transpiration of Promising Soybean’s Varieties // *The American Journal of Agriculture and Biomedical Engineering*. – 2021. – Vol. 3, No. 5. – P. 28–35.

2. Медведев С.С., Физиология растений Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004.-336 с

3. Хўжаев Ж.Х. Маданий экинлар ҳосилдорлигини оширишнинг биологик асослари// Ўзбекистон флораси биохилма-хиллиги ва ундан оқилона фойдаланиш муаммолари: Республикаилмий-амалий конф. материаллари. – Самарқанд, 2011. –Б. 69-72.

4. Холлиев А.Э. и др (2020). Resistance of cotton varieties to water deficiency. Сборник науке, Россия 70-72.

5. Shekoofa A., V. Moser, K. Dhakal, I. Poudel and V. Pantalone. 2023. "Inheritance of Early Stomatal Closure Trait in Soybean: Ellis N09-13890 Population" Plants 12, no. 18: 3227. https://doi.org/10.3390/plants12183227.

6. Sadok W. and T. R. Sinclair. 2009. "Genetic Variability of Transpiration Response to Vapor Pressure Deficit Among Soybean (Glycine max[L.] Merr.) Genotypes Selected From a Recombinant Inbred LinePopulation." Field Crops Research 113, no. 2: 156–160. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.05.002

7. Доспехов Б.А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. М.: Агропромиздат, 351 с.

8. Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л. (1950). О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях. *Ботанический журнал*, 35(2): 171–185.

9. Fozilov Sh.M. (2016). *Xorazm viloyati sharoitida turli soya navlarining bioekologiyasi va yetishtirishning mintaqaviy xususiyatlari*. Magistrlik dissertatsiyasi. Urganch davlat universiteti, Urganch.

10. Yuldashov O., Matniyazova H., Nabiev S. (2023). Soya navlari o'simliklarining suv almashinuv ko'rsatkichlariga fitopatogen mikromitsetlarning ta'siri. *Biologiyaning zamonaviy tendensiyalari: muammolar va yechimlar*, 1(4): 631–633.

11. Minussi Winck JE, Sarmento LFV, Zanon AJ, Librelon SS, Garcia A, Streck NA. (2022). Growth and transpiration of soybean genotypes with transcription factor for drought tolerance. *Physiologia Plantarum*, 174(1): e13557.

UO'K 597.203

BUXORO VILOYAT SUV HAVZALARIDA TARQALGAN SANOAT AHAMIYATIGA EGA BO'LMAGAN BALIQLAR BIOEKOLOGIYASI

Sh. Pardayev, dots., b.f.n., Buxoro davlat universiteti, Buxoro
H.M. Toshov, dots., PhD, Buxoro davlat universiteti, Buxoro
M. Temirova, magistrant, Buxoro davlat universiteti, Buxoro
M. Nizomova, magistrant, Buxoro davlat universiteti, Buxoro

Annotatsiya. *Mazkur maqolada Buxoro viloyati suv havzalarida tarqalgan sanoat ahamiyatiga ega bo'lmagan baliq turlari bioekologiyasi o'rganilgan. Asosan oddiy gambuziya, sharqiy tojli eshvoyi, amur chebakchasi baliqlarining biotsenozdagi ahamiyati, biologik xilma-xilligi, ularning yashash muhitlari serpushtiligi borasida ilmiy ma'lumotlar keltirilgan.*

Kalit so'zlar. *Buxoro viloyati, suv havzalari, gambuziya balig'i, amur chebakchasi, sharqiy tojli eshvoy, ekologik ahamiyati, morfologiyasi, biogeotsenoz, zovur, sanitar, moslashuv, voyaga yetgan*

Аннотация. *В данной статье изучено, не промысловых рыб, распространённых в водоёмах Бухарской области. Приведены научные сведения о биологическом разнообразии, среде обитания и экологической роли таких видов рыб, не имеющих промышленного значения, как: обыкновенная гамбузия, восточная хохлатая эшвойя и амурский чебачок.*

Ключевые слова. *рыба гамбузия, водоём, Бухарской области, амурский чебачок, восточная хохлатая эшвойя, экологическое значение, морфология, биогеоценоз, коллектор, санитарное значение, адаптация, половозрелость.*

Abstract. *This article examines the biozonation of non-commercial fish species distributed in the water bodies of the Bukhara region. Scientific information is presented on the biocenotic significance, biological diversity, habitats, and ecological role of non-commercial fish species found in the water bodies of the Bukhara region, including the common gambusia, eastern crested eshvoy, and Amur chebachok.*

Key words. *gambusia fish in the water bodies of the Bukhara region, Amur chebachok, eastern crested eshvoy, ecological significance, morphology, biogeocenosis, drainage canal, sanitary importance, adaptation, mature.*

O‘zbekiston suv havzalari geografik o‘rni, iqlim xususiyatlari hamda tabiiy resurslarga boyligi bilan baliqchilikni rivojlantirish uchun yuqori salohiyatga ega hisoblanadi. Suv havzalari tarkibiga daryolar, ko‘llar, suv omborlari va sun’iy suv tizimlari kiradi. Mazkur suv ekotizimlarida turli baliq turlari tarqalgan bo‘lib, ular biologik xilma-xillikni ta’minlash bilan bir qatorda, oziq-ovqat manbai hamda iqtisodiy resurs sifatida muhim o‘rin tutadi. O‘zbekistondagi asosiy baliqchilik ahamiyatiga ega suv havzalari jumlasiga Amudaryo va Sirdaryo kiradi[1,2]. Ushbu yirik daryo tizimlari ko‘plab baliq turlarining yashashi, ko‘payishi va tabiiy populyatsiyasini saqlab qolishi uchun qulay ekologik muhit yaratadi. Ularni shartli ravishda mahalliy tabiiy turlar hamda introduksiya qilingan baliq turlariga ajratish mumkin.

Shu jumladan Buxoro viloyati suv havzalarida ham sanoat ahamiyatiga ega bo‘lmagan baliqlarni o‘rganish dolzarb masalalardan biri bo‘lib qolyapti.



1-rasm. Sanoat ahamiyatiga ega bo‘lmagan baliqlarni Buxoro markaziy zovurlardan ovlash jarayonlari.

Buxoro viloyati suv havzalarida sanoat ahamiyatiga ega bo‘lmagan baliqlar ekologik muvozanatni barqaror saqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Baliq turlari suv ekotizimlarida oziq zanjirining asosiy bo‘g‘inlaridan biri hisoblanib, turli ekologik jarayonlarning kechishida faol ishtirok etadi. Jumladan, baliqlar planktonlar, hasharotlar hamda boshqa suv organizmlari bilan oziqlanish orqali suv bioresurslari aylanishida qatnashadi va o‘z navbatida yuqori pog‘onadagi yirtqich hayvonlar uchun ozuqa manbai vazifasini bajaradi. Bundan tashqari, plankton va suv o‘simliklari bilan oziqlanuvchi ayrim baliq turlari suv havzalaridagi organik moddalarning ortiqcha to‘planishini kamaytirib, biologik tozalash jarayonida muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, ular suv havzalarining sanitariya-gigiyenik holatini saqlash va ekologik barqarorligini ta’minlashga xizmat qiladi. Jumladan, oddiy gambuziya, Sharqiy tojli eshvoy, Amur chebakchasi kabi baliqlarni bunday jarayonlarning faol ishtirokchisi deyish mumkin.

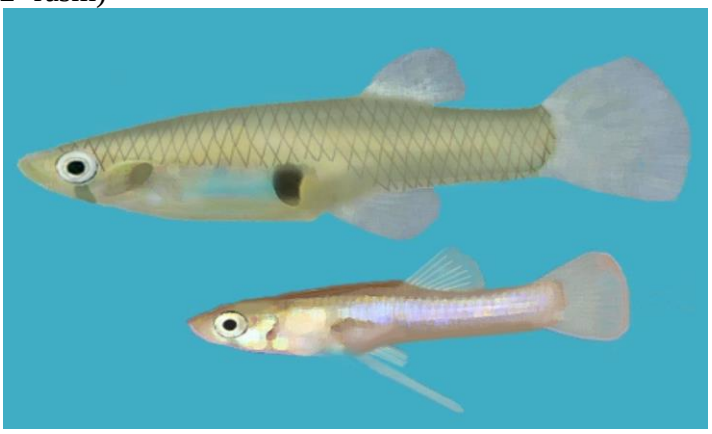
Metodikasi: mazkur baliqlar Markaziy Buxoro zovurlarining yuqori hududlaridan va suv o’simliklar orasidan ovlanib joyida 0,4% formalin bilan fiksatsiya qilindi(1-rasm). Ovlangan baliq namunalari kafedra laboratoriyasiga keltirilib, baliq turlariga mansubligi aniqlagich orqali aniqlandi [3].

Oddiy gambuziya— *Gambusia affinis* mayda o‘lchamli, cho‘zinchoq tana tuzilishiga ega bo‘lgan chuchuk suv baliqlaridan hisoblanadi (2 rasm). Tanasining uzunligi 3–6 sm atrofida bo‘ladi. Urg‘ochilari erkaklariga nisbatan yirikroq bo‘ladi. Og‘zi yuqoriga yo‘nalgan bo‘lib, suv yuzasidagi organizmlar bilan oziqlanishga moslashgan [5]. Tanasining rangi kulrang-yashil yoki qo‘ng‘ir tusda, qorin qismi esa ochroq rangda bo‘ladi. Qalin suv o‘tlari bosgan, suvi iliq, oqmaydigan turg‘un suvlarni xush ko‘radi. 1-2 oyda jinsiy voyaga yetadi. Urchishi martdan noyabrgacha (yiliga 2-5

marta). Urug‘lanishi ichki. Erkaklari urg‘ochilarini anal suzgich qanotiga aylangan gonopodiya yordamida otalantiradi. Urg‘ochisi 10-100 tagacha chavoqlar tug‘adi. Suv umurtqasizlari va suv o‘tlari bilan oziqlanadi. Gambuziya turlari juda tez ko‘payishi, turli ekologik sharoitlarga moslashuvchanligi va lichinkalar bilan oziqlanishi sababli sun’iy kanallar, kollektorlar va ko‘llarga keng tarqatilgan.

O‘zbekistonda tarqalish hududlari Tadqiqotlarga ko‘ra, gambuziya baliqlari O‘zbekistonning tekislik hududlaridagi ko‘plab suv tizimlarida uchraydi [2;6].

Sekin oqimli suv havzalari sayoz ko‘llar, zovurlar ularning asosiy yashash joylari hisoblanadi. Olimlarning kuzatishlariga ko‘ra, gambuziya ko‘pincha suv o‘tlari ko‘p bo‘lgan sayoz qirg‘oq zonalarida dominant tur sifatida uchraydi. Ayrim hududlarda ular mahalliy mayda baliqlar bilan raqobatga kirishgan. (2- rasm)



2-rasm Oddiy gambuziya balig‘ining umumiy ko‘rinishi

Ekologik ahamiyati: Gambusia affinis va Gambusia holbrooki — Poeciliidae oilasiga mansub mayda tirik tug‘uvchi baliqlar bo‘lib, dunyoning ko‘plab mamlakatlariga biologik usulda chivin lichinkalarini kamaytirish maqsadida introduksiya qilingan. Ushbu baliqlar Markaziy Osiyo, jumladan O‘zbekiston suv havzalarida ham keng tarqalgan invaziv turlar qatoriga kiradi. Ularning mamlakat hududiga kirib kelishi sanitariya-gigiyena va epidemiologik ehtiyojlar bilan bog‘liqligi asosiy sabablardan biri bo‘lgan. Gambuziyaning O‘zbekistonga jumladan Buxoroga ham 1925-yillarda insonlar ariqlar va zovurlardan suv ichganligi sababli bezgak (malyariya) kasalligi jiddiy epidemiologik muammo bo‘lgan. Shu sababli gambuziya baliqlari suv havzalaridagi chivin lichinkalarini yo‘q qilish uchun biologik agent sifatida introduksiya qilingan. Bu usul kimyoviy vositalarga nisbatan ekologik xavfsizroq deb baholangan, va albatta qo‘l kelgan. Gambuziya turlari juda tez ko‘payishi, turli ekologik sharoitlarga moslashuvchanligi va lichinkalar bilan oziqlanishi sababli sun’iy kanallar, kollektorlar va ko‘llarga keng tarqatilgan [2;4].

Gambuziya asosan suv hasharotlar zooplankton vakili sikloplar lichinkalari bilan oziqlanishi sababli biologik kurash vositasi sifatida muhim ekologik ahamiyat kasb etadi. Ushbu tur suv havzalarida qon so‘ruvchi hasharotlar sonini kamaytirishda samarali hisoblanadi. Shu bilan birga, zooplankton, bentos, zoobentos organizmlar va organik qoldiqlar bilan oziqlanib, suv ekotizimidagi modda almashinuv jarayonida faol ishtirok etadi. Gambuziya ekologik moslashuvchanligi yuqori bo‘lgan baliq turi bo‘lib, turli harorat va sho‘rlanish darajalariga moslashib olgan.

Biotsenozdagi roli: Mazkur baliq introduksiya qilingan turlar tarkibiga kiradi va ko‘plab suv havzalarida tez ko‘payish xususiyati bilan ajralib turadi. Gambuziya ayrim hollarda mahalliy baliq turlari bilan ozuqa va yashash muhiti uchun raqobatga kirishadi. Biroq, suv havzalaridagi hasharot lichinkalarini nazorat qilish orqali ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim o‘rin egallaydi. O‘zbekiston ixtiofaunasida u sanitariya-ekologik ahamiyatga ega introduksiya turi sifatida baholanadi.

Amur chebakchasi — Pseudorasbora parva tanasi cho‘zinchoq va yon tomondan biroz siqilgan shaklga ega. Bosh qismi nisbatan kichik bo‘lib, og‘zi yuqoriga yo‘nalgan. Ushbu morfologik xususiyat baliqqa suvning yuqori qatlamlarida oziqlanish imkonini beradi. Tanasining rangi odatda kulrang-kumushsimon bo‘lib, yon chizig‘i bo‘ylab qoramtir tasma kuzatiladi. Suzgichlari esa shaffof yoki och kulrang tusda bo‘ladi. Turning o‘rtacha uzunligi 6–10 sm atrofida bo‘lib, ayrim individlar

12 sm gacha yetishi mumkin. Tanasida mayda sikloid tangachalar yaxshi rivojlangan (3 rasm). Urug‘ tashlash davrida jinsiy dimorfizm yaqqol namoyon bo‘ladi: erkaklarining bosh qismida epitelial tugunchalar hosil bo‘lib, tana rangi to‘qroq tusga kiradi Og‘zi kichik va terminal holatda joylashgan. Mazkur baliqning biologik xususiyatlariga ko‘ra, u hayotining ikkinchi yilida ko‘payish qobiliyatiga ega bo‘ladi. Urug‘ qo‘yish (uvuldiriq tashlash) daryoning sayoz hamda tubi toshloq bo‘lgan hududlarida amalga oshadi. Urg‘ochilar xavfsiz joyga urug‘ qo‘yishi uchun erkak baliqlar oldindan joy hozirlaydi va kelgusida bu joyni muhofaza qiladi. Ularning kundalik ozuqa ratsionini esa suvdagi mayda umurtqasizlar zooplankton, bentos organizmlarni tashkil etadi. Turning tabiiy areali Sharqiy Osiyo hududlarini, jumladan Xutoy, Yaponiya, Koreya yarimoroli hamda Amur daryosi havzasini o‘z ichiga oladi. Keyinchalik 1960-yillarda Amur daryosidan keltirilgan Oq do’ng peshona, Chipor do’ng



3-rasm Amur chebakchasining umumiy ko‘rinishi.

peshona, Oq amur kabi baliqlarning keltirilish davrida inson faoliyati ta’sirida qo’shilib kelgan. Hozirgi davrda bu tur baliq ekologik jihatdan moslashuvchan hisoblanadi[1;2;4].

Ekologik ahamiyati: Amur chebakchasining tijorat ahamiyati katta emas, chunki uning tana hajmi kichik va xo‘jalik biomassasi past hisoblanadi. Shunga qaramay, tur ekologik hamda ilmiy nuqtai nazardan muhim ahamiyat kasb etadi.Ushbu tur suv havzalarida zooplankton, bentos organizmlari va hasharot lichinkalari bilan oziqlanadi. Natijada oziq zanjirining o‘rta bo‘g‘inida muhim ekologik funksiyani bajaradi. Amur chebakchasi ekologik sharoitga tez moslashishi va yuqori reproduktiv ko‘rsatkichlari bilan ajralib turadi. Shu sababli u ayrim hududlarda invaziv tur sifatida baholanadi. Biroq turning salbiy ekologik ta’siri ham mavjud. Invaziv tur sifatida u mahalliy baliqlar bilan oziq va yashash muhiti uchun raqobatga kirishadi. Ayniqsa boshqa baliqlarning ikralari va lichinkalarini iste’mol qilishi mahalliy populyatsiyalarning kamayishiga sabab bo‘lishi mumkin. Bundan tashqari, tur ayrim xavfli parazit va patogen organizmlarning tashuvchisi sifatida ham qayd etilgan[2]. Bu tur o‘z navbatida yirtqich baliqlar (oq sla, laqqa, oqqayroq) ning ozuqa jarayonida muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Biotsenozdagi roli: Amur chebakchasi ko‘plab mamlakatlarda introduksiya qilingan baliq turi sifatida qayd etilgan. U suv havzalaridagi mayda umurtqasiz organizmlar sonini boshqarishda va oziq zanjiri barqarorligini saqlashda ham ma’lum ekologik rol o‘ynaydi, hamda ekologik jihatdan moslashuvchan introduksiya turi sifatida tavsiflanadi. Amur chebakchasi yuqori adaptiv xususiyatlarga ega bo‘lgan invaziv chuchuk suv baliqlaridan biri hisoblanadi. Turning tez ko‘payishi, turli ekologik sharoitlarga moslasha olishi hamda mahalliy baliq turlari bilan raqobatga kirishishi uni ekologik va ixtiologik jihatdan muhim tadqiqot obyektiga aylantiradi. O‘zbekiston suv havzalarida turning tarqalish dinamikasi, ekologik ta’siri va mahalliy ixtiofauna bilan o‘zaro munosabatlarini o‘rganish dolzarb ilmiy masalalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Sharqiy tojli yalang baliq—*Nemacheilus malapterurus longicauda* ixtiologik kuzatuvlar va ilmiy ma’lumotlarga ko‘ra, tur asosan Amudaryo, Qashqadaryo va Sirdaryo havzalari tarkibidagi

suvliklarda tarqalgan bo‘lib, uning populyatsiyalari qayd etilgan. Ayrim ma’lumotlarda tur suv omborlari, kollektor-drenaj tarmoqlari va sug‘orish kanallarida ham uchrashi ko‘rsatiladi [2,4]. Bu holat turning ekologik moslashuvchanligi nisbatan yuqori ekanligini bildiradi. Tur ko‘proq tog‘oldi va o‘rta oqim hududlariga xos bo‘lib, tez oqimli, kislorodga boy suvlarni afzal ko‘radi. Ayniqsa shag‘alli, qum-shag‘alli va toshloq tubli daryolar uning optimal yashash muhiti hisoblanadi. Bunday substratlar bentos organizmlarning rivojlanishi uchun qulay sharoit yaratadi, bu esa turning oziqlanish bazasini ta’minlaydi. Daryo tubida yashovchi ushbu baliq ko‘pincha toshlar orasida yoki suv oqimi nisbatan kuchli bo‘lgan hududlarda uchraydi. Morfologik jihatdan cho‘zinchoq tanasi va pastki joylashgan og‘iz apparati ham aynan shu ekologik sharoitlarga moslashgan [1;4].

Tananing gidrodinamik shakli suv qarshiligini kamaytiradi hamda shag‘alli va toshloq substratlar orasida yashashga moslashganligini ko‘rsatadi (4-rasm).



4-rasm Sharqiy tojli yalang balig‘ining umumiy ko‘rinishi.

Turning yana bir muhim belgisi dum qismigacha davom etuvchi teri mavjudligi erkak individlarda yaxshi rivojlangan bo‘lib, turga “crested loach” nomining berilishiga sabab bo‘lgan(4 rasm) .Qorin qismida tangachalarning deyarli uchramasligi yoki juda sust rivojlanganligi ham bentik yashash tarziga moslashuv belgisi hisoblanadi. Tangachasiz qorin qismi baliqning daryo tubiga zich yopishib harakatlanishini osonlashtiradi. Tana yuzasida joylashgan ko‘ndalang qoramtir dog‘lar va notekis pigmentatsiya esa tabiiy kamuflyaj vazifasini bajarib, uni shag‘al va toshlar fonida yashirishga yordam beradi. Bu holat yirtqichlardan himoyalanishda ekologik ahamiyat kasb etadi. Sharqiy tojli yalang baliq sovuq suv havzalariga moslashgan karpsimon baliqlardan biri hisoblanadi. Turning tana o‘lchami odatda o‘rtacha bo‘lsa-da, ayrim yetuk individlarning uzunligi 18–20 sm gacha yetishi mumkin. Ushbu baliq turi 2-3 yoshda jinsiy voyaga etadi. Uning ko‘payish mavsumi mart oyining oxiridan boshlanib, avgust oyigacha davom etadi. Urchish davrida baliq o‘z uvuldirig‘ini toshli hamda qumli-toshli daryo tubi gruntlariga tashlaydi. Baliqning serpushtligi yuqori bo‘lmay, bir mavsumda 500 tadan 1500 tagacha uvuldiriq qo‘yishi bilan kuzatiladi. U o‘z hayoti davomida asosan suvda yashovchi hasharotlarning lichinkalari bentos organizmlar bilan oziqlanadi.

Ekologik ahamiyati: Mazkur baliq asosan sovuq va kislorodga boy tog‘ daryolari hamda ko‘llarda yashaydi. U mayda baliqlar, mollyuskalar, qisqichbaqasimonlar va hasharot lichinkalari bilan oziqlanadi. Shu sababli suv ekotizimlarida yirtqich-bentosxo‘r organizm sifatida ekologik muvozanatni saqlashda ishtirok etadi. Ushbu tur yuqori tog‘ hududlari bioxilma-xilligini saqlashda muhim ekologik indikatorlardan biri hisoblanadi.

Biotsenozdagi roli: Sharqiy tojli yalang balig‘i tabiiy ixtiofaunaning muhim komponenti bo‘lib, tog‘ suv ekotizimlarida trofik bog‘lanishlarni shakllantiradi. So‘nggi yillarda antropogen omillar va introduksiya qilingan turlar ta’siri natijasida populyatsiyasi qisqarib borayotgani qayd etilgan. Sharqiy tojli yalang balig‘i O‘zbekiston ixtiofaunasidagi kam o‘rganilgan, biroq ekologik jihatdan muhim bentos turlaridan biri hisoblanadi. Turning Amudaryo va Zarafshon havzalari bilan chambarchas bog‘liqligi uni Markaziy Osiyo endemik ixtiokompleksining muhim komponenti

sifatida baholash imkonini beradi. Suv ekotizimlarida yuz berayotgan gidrologik o‘zgarishlar hamda antropogen bosim turning tarqalishi va populyatsiya dinamikasiga ta’sir qiluvchi asosiy omillar sirasiga kiradi.

Yuqorida sanab o‘tilgan baliqlar sanoatda yuqori ahamiyatga ega bo‘lmasa-da trofik strukturada, sanitariya-gigiyenik holatini saqlash ozuqa zanjiri va ekologik barqarorlikni ta’minlashga katta rol o‘ynaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Abdullayev M. A., Urchinov D.U. “Промысловые рыбы водоемов низовьев р. Зарафшан.” Toshkent. Fan, 1989 – 71 b.

2. Аманов А.А., Холматов Н.М., Сибирцева Л.К. “Акклиматизированные рыбы водоемов Узбекистана.” Toshkent. Fan,1990. 90-93. b.

3. I. M. Mirabdullayev, U. T. Mirzayev, A. R. Kuzmetov, Z. O. Kimsanov,

4. “ O‘zbekiston va qo‘shni hududlar baliqlari aniqlagichi”. Toshkent-2011 55, 70,80 b.

5. I. M. Mirabdullayev, A. R. Kuzmetov, “O‘zbekiston baliqlari sistematikasi” Toshkent-2021 53, 66, 74 b.

Pardaev Sh.(2020) Xadicha ko‘li ozuqa zaxiralarining lichinka va chavoqlarning ratsiondagi o‘rni. G‘oyalar, Ishlanmalar, Xalqaro amaliy anjuman. Anjuman 2020 y.65-69 b.

UO’K 581.9(575.1):502.7

O‘ZBEKISTON FLORASI KAMYOB O‘SIMLIK TURLARINING GEOGRAFIK TARQALISHI VA MUHOFAZA HOLATI

M.S. Raxmatillayev, ilmiy xodim, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Botanika instituti huzuridagi akademik F.N. Rusanov nomidagi Toshkent Botanika bog‘i, Toshkent

N.K. Raximova, katta ilmiy xodim, O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Botanika instituti huzuridagi akademik F.N. Rusanov nomidagi Toshkent Botanika bog‘i, Toshkent

Annotatsiya. *Maqolada O‘zbekiston florasidagi tahdid ostidagi o‘simliklarning tarqalishi, endemizmi va muhofaza holati O‘zR Qizil kitobi ma’lumotlari hamda IUCN mezonlari asosida tahlil qilingan. 2026-yilda 367 takson qayta baholanib, 317 tasi yangilangan milliy ro‘yxatga kiritilgan bo‘lib, ularning 207 tasi O‘zbekiston, 92 tasi Markaziy Osiyo endemiklaridir. Taksonlar EX (1), CR (41), EN (168), VU (56) va DD (44) toifalariga ajratildi. Tahdid ostidagi taksonlarning qariyb 55 foizi muhofaza etiladigan hududlardan tashqarida tarqalgan. Natijalar muhofaza choralarini xavf darajasi, endemizm, geografik tarqalish va muhofaza qamrovini hisobga olgan holda rejalashtirish zarurligini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *Qizil kitob, IUCN, O‘zbekiston florasi, endem turlar, muhim o‘simlik hududlari, ex situ muhofaza, Toshkent Botanika bog‘i, GIS monitoring, urug‘ banki.*

Аннотация. *В исследовании проведён анализ распространения, эндемизма и состояния охраны угрожаемых видов растений флоры Узбекистана на основе данных Красной книги и критериев МСОП. В 2026 году были переоценены 367 таксонов, из которых 317 включены в обновлённый национальный список. Среди них 207 таксонов являются эндемиками Узбекистана, а 92 – эндемиками Центральной Азии. По результатам оценки таксоны распределены по категориям EX (1), CR (41), EN (168), VU (56) и DD (44). Около 55 % таксонов, находящихся под угрозой исчезновения, распространены за пределами охраняемых природных территорий. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости планирования природоохранных мероприятий с учётом степени угрозы, эндемизма, географического распространения и охвата охраной.*

Ключевые слова: *Красная книга, МСОП, флора Узбекистана, эндемичные виды, важные растительные территории, ex situ охрана, Ташкентский ботанический сад, ГИС-мониторинг, банк семян.*

Abstract. *The study analyzed the distribution, endemism, and conservation status of threatened plant species in the flora of Uzbekistan based on Red Data Book records and IUCN criteria. In 2026, 367 taxa were reassessed, of which 317 were included in the updated national list. Among them, 207 taxa are endemic to Uzbekistan, while 92 are endemic to Central Asia. According to the assessment results, the taxa were classified into the categories EX (1), CR (41), EN (168), VU (56), and DD (44). Approximately 55% of threatened taxa occur outside protected natural areas. The results indicate*

the need to plan conservation measures taking into account the level of threat, endemism, geographical distribution, and the extent of existing protection.

Keywords: *Red Data Book, IUCN, flora of Uzbekistan, endemic species, Important Plant Areas, ex situ conservation, Tashkent Botanical Garden, GIS monitoring, seed bank.*

O‘zbekiston Markaziy Osiyoning tog‘, yarim cho‘l va cho‘l geografik tizimlari tutashgan hududida joylashgan. Mamlakatning yuqori darajadagi ekologik va geomorfologik xilma-xilligi tor arealli endemiklar, relikt daraxt-buta turlari hamda muayyan substrat va o‘ziga xos ekologik sharoitlarga ixtisoslashgan o‘simlik turlarining shakllanishi va saqlanib qolishiga imkon bergan. Shu sababli noyob florani muhofaza qilishda milliy Qizil kitob tizimi asosiy axborot manbalaridan biri bo‘lib qolmoqda, xalqaro darajada esa turlar xavf holatini taqqoslanadigan mezonlar asosida baholash uchun IUCN toifalari va mezonlaridan foydalanish kengayib bormoqda [1–3]. O‘zbekiston Respublikasining 2019-yilda nashr etilgan Qizil kitobining V nashriga o‘simliklarning 314 taksoni kiritilgan. 2026-yilda e’lon qilingan keng qamrovli qayta baholashda 2020–2025-yillardagi dala kuzatuvlari, gerbariy materiallari, taksonomik tadqiqotlar va nashr qilingan ma’lumotlar birlashtirilib, 367 tomirli o‘simlik taksoni IUCN mezonlari asosida qayta baholangan. Ularning 317 tasi yangilangan Qizil kitob tarkibiga kiritilgan; 207 tasi O‘zbekiston uchun endemik, 92 tasi Markaziy Osiyo hududiy endemigi sifatida qayd etilgan. O‘zbekiston Qizil kitobida qo‘llanilgan 0–3 maqomlarni IUCNning EX, CR, EN va VU toifalaridan farqlash metodik jihatdan muhim hisoblanadi. 2019-yilgi Qizil kitobdagi 0–3 maqomlar O‘zbekiston hududida turlarning muhofaza holatini ifodalaydi, IUCN toifalari esa xalqaro mezonlar asosida turlarning xavf darajasini belgilaydi. Shu sababli mazkur ikki tizimning baholash mezonlari va maqomlari alohida talqin qilinadi. IUCN toifalari mamlakatdagi muhofaza choralarini belgilovchi yagona mezon hisoblanmaydi, chunki turlarning O‘zbekiston hududidagi populyatsiya holati, tarqalish areali va amaliy muhofaza ehtiyojlari xalqaro baholash natijalari bilan har doim ham bir xil bo‘lmaydi [2, 3]. So‘nggi Important Plant Area (IPA) tadqiqotlari noyob o‘simlik turlarining hududlar bo‘yicha turlicha taqsimlanganini ko‘rsatmoqda. Farg‘ona vodiysidagi Bozbu–Too–Ungortepa massivida IPA mezonlari asosida 62 ta o‘simlik turi hujjatlashtirilgan. Ushbu natijalar noyob o‘simliklarni muhofaza qilishda faqat tur ro‘yxatlarini shakllantirish bilan cheklanmasdan, ularning tabiiy tarqalish hududlari, aniq geografik joylashuvi va populyatsiyalar holatini muntazam monitoring qilishga asoslangan yondashuvni qo‘llash zarurligini ko‘rsatadi [4, 5]. Botanika bog‘lari ushbu tizimni to‘ldiruvchi ex situ muhofaza markazi sifatida muhim ahamiyatga ega. Toshkent Botanika bog‘ida *Cercis griffithii*, *Diospyros lotus* va *Ziziphus jujuba* kabi Qizil kitobga kiritilgan turlarning urug‘ mahsuldorligi, urug‘ unuvchanligi hamda introduksiya sharoitidagi reproduktiv xususiyatlari bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilgan.

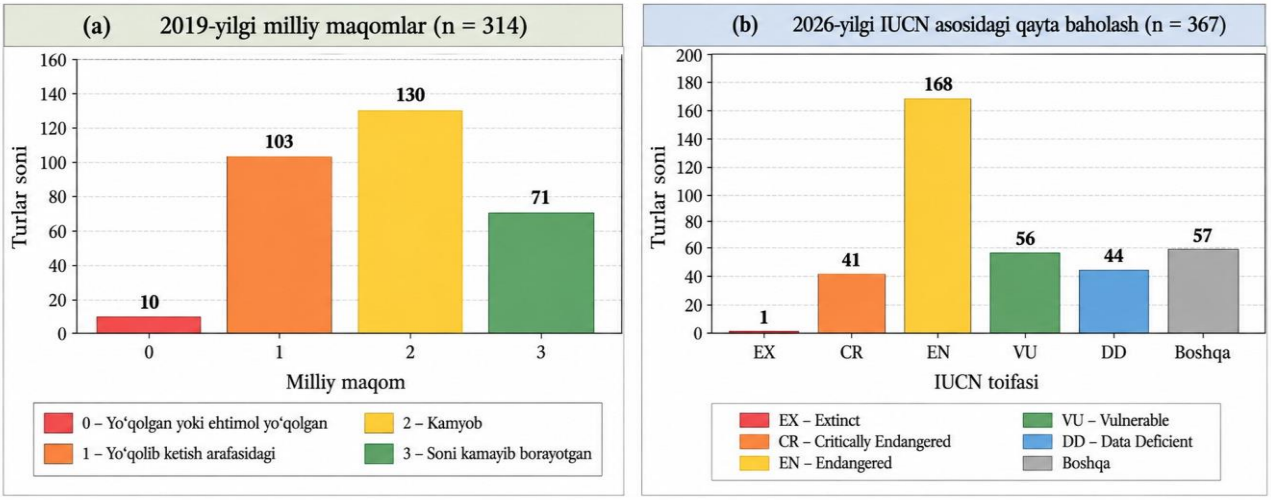
Tadqiqotning maqsadi O‘zbekiston Qizil kitobiga kiritilgan o‘simlik turlarining 1984–2019-yillardagi nashrlarda qayd etilgan tarkibini, 2019-yilgi ro‘yxat bilan 2026-yilda IUCN mezonlari asosida o‘tkazilgan qayta baholash natijalarini qiyosiy tahlil qilish, turlarning geografik tarqalishi va muhofaza etiladigan hududlarda tarqalishini baholash hamda Toshkent Botanika bog‘ining *ex situ* tajribasi asosida noyob turlarni saqlash va ko‘paytirish imkoniyatlarini aniqlashdan iborat. *Ex situ* ma’lumotlar bazasi Toshkent Botanika bog‘ida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijalari asosida shakllantirildi. Tahlilda *Cercis griffithii*ning urug‘ mahsuldorligi va fenologik xususiyatlari, *Diospyros lotus*ning introduksiya va urug‘ unuvchanligi ko‘rsatkichlari, *Ziziphus jujuba*ning generativ ko‘payish xususiyatlari, shuningdek, 2022-yilda Qizil kitobga kiritilgan ayrim turlarni urug‘ va qalamcha orqali ko‘paytirish bo‘yicha olingan natijalardan foydalanildi [6, 7]. Foiz ko‘rsatkichlari n/N×100 formulasi asosida hisoblandi. Turli tadqiqotlarda namuna hajmi, substrat tarkibi, urug‘larning kelib chiqishi, ishlov berish muddati va takrorlar soni bir xil bo‘lmaganligi sababli, *ex situ* natijalari yagona statistik taqqoslash doirasida emas, balki har bir tur va qo‘llanilgan usul kesimida olingan amaliy natijalar sifatida tahlil qilindi.

O‘zR Qizil kitobida qayd etilgan o‘simlik turlari soni 1984-yildagi 163 tadan 1998-yilda 301 taga, 2006-yilda 305 taga, 2009-yilda 324 taga va 2019-yilda 314 taga yetgan. 1984–2019-yillar oralig‘ida qayd etilgan turlar sonining sof o‘sishi 151 tani tashkil etib, dastlabki ko‘rsatkichga nisbatan 92,6 % ga teng bo‘lgan. 2009–2019-yillarda qayd etilgan turlar sonining kamayishi Qizil

kitob ro‘yxati tarkibidagi o‘zgarishni aks ettiradi va tabiiy populyatsiyalardagi miqdoriy o‘zgarishlarni bevosita ifodalamaydi. Qizil kitobning turli nashrlaridagi turlar tarkibi taksonomik qayta ko‘rib chiqishlar, yangi dala va gerbariy ma’lumotlarining kiritilishi, turlarning tarqalish areallari hamda tabiiy populyatsiyalari holatining qayta baholanishi asosida shakllanganligi sababli, nashrlar o‘rtasidagi son farqlari mazkur baholash jarayonlari bilan bog‘liq holda izohlanadi [1–3]. Qizil kitob nashrlari bo‘yicha turlar sonidagi o‘zgarishlar davrlar kesimida bir xil bo‘lmagan. 1984–1998-yillarda turlar soni 138 taga (84,7 %), 1998–2006-yillarda 4 taga (1,3 %) va 2006–2009-yillarda 19 taga (6,2 %) oshgan bo‘lsa, 2009–2019-yillarda 10 taga (3,1%) kamaygan. Nashrlar o‘rtasidagi ushbu farqlar taksonomik qayta ko‘rib chiqishlar, yangi dala kuzatuvlari, areal ma’lumotlarining yangilanishi hamda turlarning muhofaza maqomini qayta baholash natijalari bilan bog‘liq bo‘lgan.

2019-yilgi Qizil kitobda 2-maqomga kiritilgan kamyob turlar eng yirik guruhni tashkil etib, 130 ta tur yoki umumiy ro‘yxatning 41,4 % ini tashkil qilgan. Keyingi o‘rinda 1-maqomdagi turlar bo‘lib, ular 103 ta turni (32,8 %) qamrab olgan. Mazkur ikki guruh birgalikda 233 ta turni, ya’ni umumiy ro‘yxatning 74,2 % ini tashkil etgan. Bu ko‘rsatkichlar Qizil kitobga kiritilgan o‘simliklarning asosiy qismi kamyob va yo‘qolib ketish xavfi ostidagi turlardan iborat ekanini ko‘rsatadi. 0-maqomga kiritilgan 10 ta tur esa yo‘qolgan yoki ehtimol yo‘qolgan turlar sifatida qayd etilgan. 2026-yilgi qayta baholash O‘zbekiston florasining muhofaza holatini IUCNning xalqaro toifalari va mezonlari asosida baholashga qaratildi. Tadqiqot doirasida jami 367 ta o‘simlik turi baholanib, ulardan 317 tasi yangilangan Qizil kitob tarkibiga kiritildi. IUCN toifalari bo‘yicha 1 ta tur EX (Extinct), 41 tasi CR (Critically Endangered), 168 tasi EN (Endangered), 56 tasi VU (Vulnerable) va 44 tasi DD (Data Deficient) toifalariga ajratildi. CR, EN va VU toifalariga mansub 265 ta tur jami baholangan 367 ta turning 72,2% ini tashkil etdi. Mazkur ko‘rsatkich baholangan turlarning salmoqli qismi yuqori darajadagi muhofaza choralarini talab etuvchi toifalarga kirishini ko‘rsatadi. Yangilangan Qizil kitobga kiritilgan turlarning 207 tasi O‘zbekiston uchun qat’iy endemik, 92 tasi esa Markaziy Osiyoning hududiy endemiklari sifatida qayd etilgan. Qayta baholash natijalariga ko‘ra, tahdid ostidagi turlarning 55 % i hozirgi muhofaza etiladigan hududlardan tashqarida uchrashi aniqlandi. Bunday holat, ayniqsa, Qizilqum va Ustyurtning cho‘l hududlari hamda antropogen bosim kuchli bo‘lgan Farg‘ona vodiysida qayd etilgan. Mazkur natijalar noyob va endemik o‘simlik turlarini saqlashda ularning tabiiy tarqalish hududlari, populyatsiyalari va yashash muhitini hisobga olgan holda hududiy muhofaza choralarini takomillashtirish zarurligini ko‘rsatadi (1-rasm).

Geografik tahlil natijalari noyob o‘simlik turlarining O‘zbekiston hududida bir xil tarqalmaganligini ko‘rsatdi. G‘arbiy Tiyonshon hududlarida tor tarqalish hududiga ega tog‘ endemiklari, ayniqsa qoyalar, daralar va tog‘ vodiylarida uchraydigan turlar ustunlik qiladi. Pomir-Oloy–Hisor–Ko‘hitang hududida qadimiy daraxt va buta turlari, shuningdek, tor tarqalish hududiga ega endemiklar va daryo vodiylari hamda buloqlar bilan bog‘liq turlar ko‘proq uchraydi. Nurota–Zarafshon hududida mahalliy tarqalishga ega endemiklar va toshloq yonbag‘irlarda o‘suvchi turlar ajralib turadi.



1-rasm. 2019-yilgi milliy maqomlar tarkibi va 2026-yilgi IUCN asosidagi qayta baholash natijalarini qiyoslash

Farg‘ona vodiysida noyob o‘simliklar tarqalishiga antropogen bosimning yuqoriligi va hududlarning intensiv o‘zlashtirilishi ta’sir ko‘rsatadi. Qizilqum hududida qumli, gipsli va boshqa o‘ziga xos tuproq va jinslarga moslashgan cho‘l turlari, Ustyurtda esa plato, tik jarliklar, sho‘r va toshloq hududlarda uchraydigan hamda tarqalish hududi cheklangan turlar ko‘proq uchraydi. Shu sababli noyob turlarni muhofaza qilishda har bir hududning tabiiy sharoiti, turlarning tarqalish xususiyatlari va tabiiy populyatsiyalarining holatini hisobga olish muhim [1–5].

Toshkent Botanika bog‘ida ayrim noyob o‘simlik turlarining ex situ sharoitida generativ va vegetativ ko‘paytirish ko‘rsatkichlari aniqlandi. Tadqiqotlarda urug‘ unuvchanligi, urug‘ mahsuldorligi hamda qalamcha orqali ildiz hosil bo‘lish darajasi o‘rganildi. *Cercis griffithii* bo‘yicha 2022-yilda olib borilgan introduksiya va ko‘paytirish tadqiqotida urug‘ unuvchanligi 76,52 % ni tashkil etganligi aniqlandi. 2025-yilda turning urug‘ mahsuldorligi turli yorug‘lik sharoitlarida baholanib, quyoshli sharoitda 96,7 %, soyali sharoitda esa 90,7 % ko‘rsatkich qayd etildi. Quyoshli va soyali sharoitlar o‘rtasidagi farq 6,0 foiz punktni tashkil etdi. *Diospyros lotus* bo‘yicha 2024-yilda olib borilgan introduksiya va generativ ko‘paytirish tadqiqotida urug‘ unuvchanligi 88–90 % oralig‘ida qayd etildi. *Ziziphus jujuba* bo‘yicha 2025-yilda olib borilgan introduksiya va generativ ko‘paytirish tadqiqotida urug‘ unuvchanligi 65–70 % oralig‘ida ekanligi aniqlandi. Vegetativ ko‘paytirish bo‘yicha 2022-yilda *Vitis vinifera* va *Punica granatum* turlarida qalamcha orqali ildiz hosil bo‘lish darajasi 71,8–80,34 % oralig‘ida qayd etildi. Ushbu natija mazkur turlarda qalamcha orqali vegetativ ko‘paytirishda ildiz hosil bo‘lish darajasi yuqori ekanini ko‘rsatdi.

Xulosa qilib aytganda, tadqiqot natijalari O‘zbekiston florasining kamyob turlarini muhofaza qilishda geografik tarqalish, endemizm, muhofaza maqomi, populyatsiya holati va ex situ saqlash imkoniyatlarini kompleks baholash zarurligini ko‘rsatdi. 2026-yilda 367 ta takson qayta baholanib, 317 tasi yangilangan milliy ro‘yxatga kiritilgan, shundan 265 tasi CR, EN va VU toifalariga mansub. Tahdid ostidagi taksonlarning qariyb 55 %i muhofaza etiladigan hududlardan tashqarida uchrashi muhofaza qamrovini kengaytirish zarurligini ko‘rsatadi. Samarali muhofaza uchun muntazam monitoring, muhim o‘simlik hududlarini saqlash, ex situ kolleksiyalarni shakllantirish va zarur hollarda tabiiy areallarga qaytarish choralarini yagona tizimda amalga oshirish maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Hasanov F.O. (umumiy tahrir). O‘zbekiston Respublikasining Qizil kitobi. I jild: O‘simliklar. – Toshkent: Chinor ENK, 2019.

2. IUCN. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. 2nd ed. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012.

3. Shomurodov K., Fenu G., Khabibullaev B., Beshko N., Adilov B., Karimov F. va boshq. Red list of the threatened vascular plants of Uzbekistan. Biological Conservation. 2026. Vol. 322. 112024. DOI: 10.1016/j.biocon.2026.112024.

4. Tojibaev K.Sh., Karimov F.I., Hoshimov H.R., Jang C.-G., Na N.-R., Park M.-S. va boshq. Important plant areas (IPAs) in the Fergana Valley (Central Asia): the badlands of the northern foothills. Nature Conservation. 2022. Vol. 49. P. 1–30. DOI: 10.3897/natureconservation.49.84834.

5. Tojibaev K.Sh., Karimov F.I., Hoshimov H.R., Gulomov R., Lazkov G.A., Jang C.-G. va boshq. Important plant areas (IPAs) in the Fergana Valley (Central Asia): the Bozbu-Too-Ungortepa massif. Nature Conservation. 2023. Vol. 51. P. 13–70. DOI: 10.3897/natureconservation.51.94477.

6. Temirov E.E., Raximova N.K., Raxmatillayev M.S. O‘zbekiston Respublikasi “Qizil kitobi”ga kiritilgan ayrim turlarning Toshkent Botanika bog‘iga introduksiyasi //Science and Innovation. Maxsus son “Barqaror o‘rmonchilik”. 2022. DOI: 10.5281/zenodo.7211834.

7. Raxmatillayev M.S., Raximova N.K., Temirov E.E. O‘zbekiston Respublikasi Qizil kitobiga kiritilgan yovvoyi chilonjiyda (Ziziphus jujuba Mill.)ning Toshkent Botanika bog‘iga introduksiyasi //Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi. – Xiva, 2025. – № 11/1.

UDC 597.2/.5 + 591.1

LENGTH–WEIGHT RELATIONSHIP AND CONDITION INDICES OF THE INVASIVE CHINESE HOOK SNOUT *OPSARIICHTHYS BIDENS* (GÜNTHER, 1873) IN THE TUYABUGUZ RESERVOIR, UZBEKISTAN

N. Sagindikova, researcher, Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

J. Sobirov, researcher, Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Annotatsiya. *Opsariichthys bidens (Günther, 1873) – yirtqich Xenocyprididae vakili bo'lib, Orol dengizi havzasiga tasodifan introduksiya qilingan va hozirda O'zbekistonning ichki suv havzalarida keng tarqalgan. Ushbu tadqiqotda Tuyabo'g'iz suv omborining lentik sharoitida tana o'lchamlarining o'zgaruvchanligi, uzunlik–og'irlik munosabati (LWR) va konditsiya ko'rsatkichlarini tavsiflash maqsadida 19 ta individ o'rganildi. Umumiy uzunlik (TL) 9,0–20,5 cm, tana og'irligi (W) esa 5,0–155,0 g oralig'ida o'zgardi. Uzunlik–og'irlik munosabati* $W = 0{,}000923 \times TL^{3{,}904}$ *($R^2 = 0{,}972$) tenglamasi bilan ifodalandi; b koeffitsiyenti 3 dan statistik jihatdan sezilarli darajada yuqori bo'ldi (95% CI: 3,567–4,240; $p < 0{,}001$), bu musbat allometrik o'sishni ko'rsatadi. Fultonning konditsiya koeffitsiyenti (K) 0,658–1,799 oralig'ida bo'lib, o'rtacha qiymati 1,045 ± 0,242 ni tashkil etdi; nisbiy konditsiya koeffitsiyenti (Kn) esa 0,784–1,328 oralig'ida bo'lib, o'rtacha 1,008 ± 0,135 ga teng bo'ldi. K koeffitsiyenti TL bilan kuchli korrelyatsiyaga ega bo'lganligi sababli ($r = 0{,}809$; $p < 0{,}001$), Kn ushbu namunada nisbiy konditsiyani tana o'lchamiga kamroq bog'liq holda tavsiflaydi. Aniqlangan b qiymati FishBase bazasidagi tur darajasidagi Bayes bahosidan (3,11) yuqori bo'ldi, biroq namuna hajmining kichikligi natijalarni ehtiyotkorlik bilan talqin qilishni talab etadi. Olingan natijalar Sirdaryo havzasi suv omborlarida O. bidens populyatsiyasini monitoring qilish uchun dastlabki bazaviy ma'lumotlarni taqdim etadi.*

Kalit so'zlar: *Opsariichthys bidens, uzunlik–og'irlik munosabati, nisbiy konditsiya koeffitsiyenti, musbat allometriya, Tuyabo'g'iz suv ombori, invaziv tur, Sirdaryo havzasi.*

Аннотация. *Opsariichthys bidens (Günther, 1873) – хищный представитель семейства Xenocyprididae, случайно интродуцированный в бассейн Аральского моря и в настоящее время широко распространившийся во внутренних водоёмах Узбекистана. В настоящем исследовании было изучено 19 особей из Туябугузского водохранилища с целью характеристики изменчивости размеров тела, соотношения длина–масса (LWR) и показателей упитанности в условиях лентического водоёма. Общая длина тела (TL) варьировала от 9,0 до 20,5 см, а масса тела (W) – от 5,0 до 155,0 г. Соотношение длина–масса описывалось уравнением* $W = 0{,}000923 \times TL^{3{,}904}$ *($R^2 = 0{,}972$); показатель b был статистически значимо выше 3 (95% ДИ: 3,567–4,240; $p < 0{,}001$), что свидетельствует о положительном аллометрическом росте. Коэффициент упитанности Фултона (K) варьировал от 0,658 до 1,799 при среднем значении 1,045 ± 0,242, тогда как относительный коэффициент упитанности (Kn) составлял 0,784–1,328 при среднем значении 1,008 ± 0,135. Поскольку коэффициент K был сильно коррелирован с TL ($r = 0{,}809$; $p < 0{,}001$), показатель Kn обеспечивает менее зависимую от размеров тела характеристику относительной упитанности особей в данной выборке. Полученное значение b превышало байесовскую видовую оценку, приведённую в базе FishBase (3,11), однако небольшой объём выборки требует осторожной интерпретации данного результата. Полученные данные представляют собой предварительную базовую информацию для мониторинга O. bidens в водохранилищах бассейна Сырдарьи.*

Ключевые слова: *Opsariichthys bidens, соотношение длина–масса, относительный коэффициент упитанности, положительная аллометрия, Туябугузское водохранилище, инвазивный вид, бассейн Сырдарьи.*

Abstract. *The Chinese hook snout Opsariichthys bidens (Günther, 1873) is a predatory xenocypridid that was accidentally introduced into the Aral Sea basin and is now established in inland waters of Uzbekistan. We examined 19 specimens from the Tuyabuguz Reservoir to*

characterize body-size variation, the length–weight relationship (LWR), and condition indices in a lentic habitat. Total length (TL) ranged from 9.0 to 20.5 cm and body weight (W) from 5.0 to 155.0 g. The LWR was $W = 0.000923 \times TL^{3.904}$ *(*$R^2 = 0.972$*); the exponent b was significantly greater than 3 (95% CI: 3.567–4.240;* $p < 0.001$*), indicating positive allometric growth. Fulton's condition factor (K) ranged from 0.658 to 1.799 (1.045 ± 0.242), whereas the relative condition factor (Kn) ranged from 0.784 to 1.328 (1.008 ± 0.135). Because K was strongly correlated with TL (*$r = 0.809$*,* $p < 0.001$*), Kn provides a less size-dependent description of relative condition in this sample. The estimated b exceeded the FishBase Bayesian species-level estimate (3.11), but the small sample size requires cautious interpretation. These results provide preliminary baseline data for monitoring O. bidens in reservoir habitats of the Syr Darya basin.*

Key words: *Opsariichthys bidens, length–weight relationship, relative condition factor, positive allometry, Tuyabuguz Reservoir, invasive species, Syr Darya basin*

Introduction. Length–weight relationships are widely used in fish ecology to describe proportional changes in body mass with length, compare growth patterns among populations, and support biomass estimation and population monitoring. Condition indices provide complementary information on relative body robustness, although their interpretation depends on body form, size structure, season, reproductive state, and the allometric characteristics of the population [Namozov et al., 2025; Rozimov et al., 2025].

The Chinese hook snout *Opsariichthys bidens* (Günther, 1873; Cypriniformes: Xenocyprididae) is native to East Asia and was accidentally introduced into the Aral Sea basin with fish stocking material. In Uzbekistan it is regarded as a non-native invasive species and has become established in several rivers and reservoirs [Rozimov, 2023; Umarov et al., 2023]. Its predatory feeding and continued spread make basic population-level biometric information relevant for assessing establishment and for long-term ecological monitoring.

Most available Uzbek records concern riverine habitats, whereas quantitative LWR data from reservoir conditions remain limited. Reservoir and river populations may differ in size structure and body condition, but apparent contrasts can also arise from differences in sampling season, gear selectivity, sex or maturity composition, and sample size. Reservoir-specific baseline estimates are therefore useful, provided that ecological causes are not inferred from LWR parameters alone [Azamov et al., 2024; Rozimov et al., 2025].

The aim of the present study was to estimate the length–weight relationship and condition indices of *O. bidens* from the Tuyabuguz Reservoir, quantify size-related variation in Fulton's condition factor, and compare the allometric exponent b with published reference values for the species and available Uzbek riverine data. Given the small sample size, the analyses are treated as preliminary.

Materials and Methods. The study was based on *O. bidens* specimens collected from the Tuyabuguz Reservoir, a lentic waterbody in the Syr Darya basin, Uzbekistan. A total of 19 specimens were examined.

For each specimen, total length (TL, cm) and body weight (W, g) were recorded. Minimum and maximum values, arithmetic mean (M), standard deviation (SD), and coefficient of variation (Cv, %) were calculated following standard biometric procedures [Lakin, 1990]. The length–weight relationship (LWR) was estimated using $W = a \times TL^b$ after $\log^{10}$ transformation: $\log^{10}W = \log^{10}a + b \log^{10}TL$, where a is the intercept and b is the allometric exponent. Departure of b from the isometric value of 3 was evaluated from its standard error using a two-sided t test ($df = n - 2$) and the corresponding 95% confidence interval. Fulton's condition factor was calculated as $K = 100 \times W / TL^3$, and the relative condition factor as $Kn = Wobs / Wpred$, where Wobs and Wpred are the observed and LWR-predicted weights, respectively [Rozimov et al., 2025]. Because Fulton's K may vary systematically with length when b differs from 3, Pearson's correlation between K and TL was calculated. A sensitivity analysis was also performed by repeating the LWR after excluding the largest specimen (20.5 cm, 155 g) to assess its leverage on the estimated slope. All statistical analyses were performed in the R software environment [Karimov et al., 2024].

Results and Discussion

Size composition and condition. According to Table 1, total length of *O. bidens* ranged from 9.0 to 20.5 cm and body weight from 5.0 to 155.0 g. Mean TL was 14.55 ± 2.72 cm and mean W was 38.95 ± 32.26 g. Relative variability was substantially greater for body weight (Cv = 82.8%) than for total length (Cv = 18.7%). Fulton's condition factor (K) ranged from 0.658 to 1.799, with a mean of 1.045 ± 0.242, whereas Kn ranged from 0.784 to 1.328, with a mean of 1.008 ± 0.135. Fulton's K was strongly positively correlated with TL ($r = 0.809$, $p < 0.001$), demonstrating appreciable size dependence in this sample. Consequently, K should be interpreted cautiously, and Kn is used here primarily as the relative condition descriptor.

Table 1.

Descriptive statistics of length, weight, and condition indices of *O. bidens* from the Tuyabuguz Reservoir.

Parameter	n	Min	Max	M ± SD
Total length, TL (cm)	19	9.0	20.5	14.55 ± 2.72
Body weight, W (g)	19	5.0	155.0	38.95 ± 32.26
Fulton's condition factor, K	19	0.658	1.799	1.045 ± 0.242
Relative condition factor, Kn	19	0.784	1.328	1.008 ± 0.135

Length–weight relationship. The relationship between total length and body weight of *O. bidens* in the Tuyabuguz Reservoir was strong (Figure 1). The fitted equation was $W = 0.000923 \times TL^{3.904}$, with $R^2 = 0.972$. The allometric exponent $b = 3.904$ was significantly greater than the isometric value of 3 (95% CI: 3.567–4.240; $t^{17} = 5.67$; $p < 0.001$), indicating positive allometric growth. In the sensitivity analysis, removal of the largest specimen yielded $b = 3.740$ (95% CI: 3.405–4.076; $R^2 = 0.972$), showing that the positive allometric pattern was not solely driven by that observation.

The FishBase Bayesian species-level estimate for *O. bidens* is b = 3.11 (95% CI: 3.07–3.15; Table 2), which is lower than the estimate obtained for the Tuyabuguz sample. This reference is model-based and is not a direct test of habitat differences. The higher value observed here may reflect population-specific conditions, size structure, sampling season, sex or maturity composition, or other sources of sampling variation. Accordingly, the estimate should be confirmed using substantially larger, seasonally stratified samples.

Table 2.

Comparison of the present length–weight relationship with the FishBase Bayesian species-level estimate for *O. bidens*.

Source	n	*a*	*b*	95% CI (*b*)	R^2	Note
This study (Tuyabuguz)	19	0.000923	3.904	3.567–4.240	0.972	Positive allometric
FishBase (Froese & Pauly, 2024)	-	0.00832	3.11	3.07–3.15	-	Bayesian estimate

Individual relative condition. Table 3 presents observed and LWR-predicted weights for each specimen together with Fulton's K and the relative condition factor Kn. Values of Kn > 1 indicate individuals heavier than predicted by the sample-specific LWR, whereas Kn < 1 indicates individuals lighter than predicted. These relative deviations should not, by themselves, be interpreted as evidence of good or poor physiological condition, food shortage, or environmental stress.

Table 3.

Individual morphometric and condition statistics of *O. bidens* from the Tuyabuguz Reservoir.

Fish #	TL (cm)	W obs (g)	W pred (g)	Fulton K	Relative Kn	Relative to prediction
1	20.5	155.0	121.8	1.799	1.272	Above
2	17.0	55.0	58.7	1.119	0.938	Below
3	15.0	40.0	36.0	1.185	1.112	Above
4	15.7	40.0	43.0	1.034	0.930	Below
5	15.5	40.0	40.9	1.074	0.978	Below
6	15.0	40.0	36.0	1.185	1.112	Above
7	15.5	35.0	40.9	0.940	0.856	Below
8	14.5	30.0	31.5	0.984	0.952	Below
9	12.0	15.0	15.1	0.868	0.996	Below
10	9.0	5.0	4.9	0.686	1.021	Above

11	17.0	55.0	58.7	1.119	0.938	Below
12	16.5	45.0	52.2	1.002	0.862	Below
13	16.0	45.0	46.3	1.099	0.972	Below
14	16.5	55.0	52.2	1.224	1.054	Above
15	13.8	25.0	26.0	0.951	0.962	Below
16	13.0	20.0	20.6	0.910	0.972	Below
17	11.5	10.0	12.8	0.658	0.784	Below
18	12.0	20.0	15.1	1.157	1.328	Above
19	10.5	10.0	8.9	0.864	1.118	Above

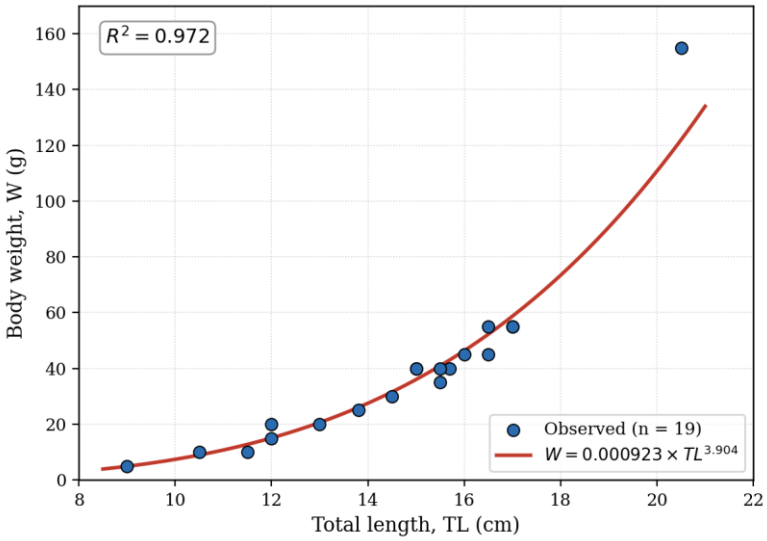


Figure 1. Relationship between total length and body weight of *O. bidens* in the Tuyabuguz Reservoir ($W = 0.000923 \times TL^{3.904}$; $R^2 = 0.972$).

Comparison with published data. For context, published LWR parameters for *O. bidens* compiled in FishBase are summarized in Table 4. Reported b values range from approximately 2.95 to 3.47 across the listed datasets. The present estimate (b = 3.904) is above this range. However, direct comparison requires caution because the published records differ in sample size, size range, population composition, and length type (TL versus SL). The Tuyabuguz estimate therefore indicates pronounced positive allometry within the present sample, but a larger and seasonally resolved dataset is needed to establish how representative this value is for the reservoir population.

Table 4.

Published length–weight relationships for *O. bidens* compiled in FishBase; length type is shown because equations based on TL and SL are not directly interchangeable.

n	TL min (cm)	TL max (cm)	Length type	*a*	*b*	R^2
105	8.8	17.8	TL	0.004	3.40	0.96
767	4.7	16.3	SL	0.010	3.25	0.98
20	10.5	19.6	TL	0.006	3.22	0.99
391	6.1	16.4	SL	0.011	3.17	0.98
12	9.0	16.6	TL	0.010	2.95	0.98
54	7.2	19.6	TL	0.007	3.03	0.96
270	5.1	20.5	TL	0.005	3.26	0.98
18	14.5	21.9	TL	0.002	3.47	0.96
46	8.1	20.4	TL	0.005	3.24	0.97
883	6.1	17.3	SL	0.010	3.20	0.99
208	4.6	26.1	TL	0.004	3.34	0.99

Comparison with available Uzbek riverine data. Among directly comparable Uzbek TL-based data, Azamov et al. (2024) reported *O. bidens* from the Kara Darya River (n = 45) with b = 3.077 (95% CI: 3.014–3.139; $R^2 = 0.996$), whereas the present Tuyabuguz estimate was b = 3.904 (95% CI: 3.567–4.240; $R^2 = 0.972$) (Table 5, Figure 2). The FishBase Bayesian species-level estimate is b = 3.11 (95% CI: 3.07–3.15). Thus, the Tuyabuguz sample shows a substantially steeper length–weight slope than the available riverine and species-level reference values.

The higher b value in the Tuyabuguz sample may reflect a genuine population or habitat-related difference, but the present design does not permit causal attribution to reservoir conditions. LWR parameters are sensitive to size range, season, sex and maturity composition, nutritional state, and sampling selectivity. The observed reservoir–river contrast should therefore be regarded as a descriptive pattern requiring confirmation with larger, seasonally stratified samples from multiple lentic and lotic sites. The sensitivity analysis indicates that positive allometry within the Tuyabuguz sample persists after removal of the largest fish, but it does not by itself establish a habitat effect.

Table 5.

Length–weight relationship parameters of *O. bidens* in the Tuyabuguz Reservoir, the Kara Darya River, and the FishBase Bayesian species-level reference.

Water body / reference	Habitat	n	b	95% CI (b)	R^2	Source
Tuyabuguz Reservoir	Lentic	19	3.904	3.567–4.240	0.972	This study
Kara Darya River	Lotic	45	3.077	3.014–3.139	0.996	Azamov et al. (2024)
FishBase Bayesian species-level estimate	-	-	3.11	3.07–3.15	-	Froese & Pauly (2024)

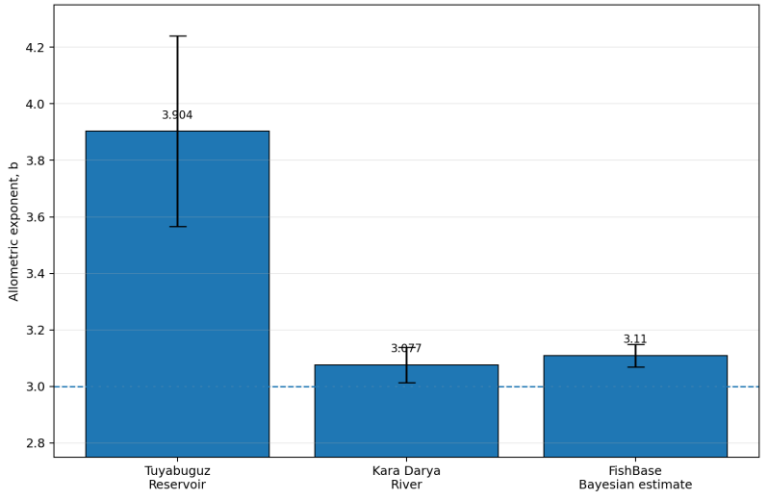


Figure 2. Allometric exponent (b) of *O. bidens* in the Tuyabuguz Reservoir compared with the Kara Darya River and the FishBase Bayesian species-level estimate. Error bars show 95% confidence intervals; the dashed line marks isometric growth (b = 3).

Conclusion. The *Opsariichthys bidens* specimens examined from the Tuyabuguz Reservoir ranged from 9.0 to 20.5 cm TL and from 5.0 to 155.0 g. The length–weight relationship was $W = 0.000923 \times TL^{3.904}$ ($R^2 = 0.972$), and b was significantly greater than 3, indicating positive allometric growth. Fulton's K ranged from 0.658 to 1.799 (mean 1.045), while Kn ranged from 0.784 to 1.328 (mean 1.008). Because K increased strongly with TL, Kn provides the more appropriate size-adjusted description of relative condition in this sample. Individual Kn values above or below 1 indicate deviations from LWR-predicted weight and should not be interpreted alone as evidence of good or poor physiological condition.

The estimated b value was higher than the Kara Darya and FishBase reference values; however, with n = 19 this result should be treated as preliminary rather than as evidence that reservoir habitats intrinsically produce stronger positive allometry. Larger seasonal samples, broader size ranges, sex and maturity data, age structure, and concurrent environmental measurements are needed to test habitat-related hypotheses. The present dataset nevertheless provides a useful baseline for monitoring the establishment and population characteristics of this invasive species in the Tuyabuguz Reservoir.

Acknowledgements. The authors thank colleagues at the Institute of Zoology, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, for their assistance in field sampling and laboratory processing of the specimens.

REFERENCES:

1. Azamov, O., Khalimov, S., Gulomov, S., Komilova, D., Kayumova, Y., Rakhmonov, M., et al. (2024). Length-weight relationships and condition factors of 30 species from the Upper Syr Darya drainage, Uzbekistan. *Turkish Journal of Zoology*, *48*(7), 685–691. https://doi.org/10.55730/1300-0179.3206

2. Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2024). *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org

3. Karimov, E., Zeiringer, B., Coeck, J., Verhelst, P., Karimov, B., et al. (2024). Length-weight-age relationship of *Schizothorax eurystomus* Kessler, 1872 and comparison to other snow trout species in Central Asia. *Fishes, 9*, 94. https://doi.org/10.3390/fishes9030094

4. Lakin, G.F. (1990). *Biometriya* [Biometry]: A textbook for biological specialties of higher institutions (4th ed.). Moscow: Vysshaya Shkola. (in Russian)

5. Namozov, S., Sobirov, J., Kamilov, B., Sobirov, B., Atamuratova, M., & Dekhkonova, D. (2025). Length–weight relationship and condition factor of roach *Rutilus rutilus* in lentic waterbodies of Uzbekistan. *Biosystems Diversity, 33*(3). https://doi.org/10.15421/012547

6. Rozimov, A.D. (2023). Morphometric features of the Chinese hook snout *Opsariichthys bidens* Günther, 1873 (Teleostei: Xenocyprididae) from the Chirchik River. *Bulletin of Khorezm Mamun Academy, 5-1*(101), 73–76.

7. Rozimov, A., Turaev, L., Namozov, S., Agzamov, F., Sobirov, J., Wang, C., & Guo, B. (2025). Implications for habitat suitability using length–weight relationships and condition factors in the Chirchik River, Syr Darya basin. *Journal of Applied Ichthyology, 2025*(1), 6648940.

8. Sheraliev, B., Kayumova, Y., Allayarov, S., Rozimov, A., Komilova, D., Urmonova, D., & Peng, Z. (2022). Length-weight relations of 14 endemic and indigenous freshwater fish species (Actinopterygii) from the Aral Sea basin, Uzbekistan. *Acta Ichthyologica et Piscatoria, 52*(4), 239–243. https://doi.org/10.3897/aiep.52.89279

9. Umarov, F.A., Nazarov, M.Sh., Mukimov, M.A., & Ruzimov, A. (2023). Morphometric and meristic indicators of *Opsariichthys bidens* in the conditions of the reservoirs of the Fergana Valley. *The Way of Science, 5*(111), 20–23.

UO'K: 633.34:581.132:539.166

SOYA O'SIMLIGI BO'YINING TURLI KUCHLANISHDAGI Ɣ-NURLAR TA'SIRIDA O'ZGARISHI

F.B. Soatova, mustaqil izlanuvchi, O'zR FA Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi instituti, Alfraganus Universiteti, Toshkent

I.J. Kurbanbayev, laboratoriya mudiri, O'zR FA Genetika va o'simliklar eksperimental biologiyasi instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Maqolada soya (Glycine max L.) Merr) o'simligining dukkaklash davrida 11 ta nav va namunalari (Nafis, Genetik-1, Selekta-302, Sochilmas, Xotira, Ehtiyoj, Gen-8, Gen-9, Gen-25, BK-6, Kollektsiya 17) γ -nurlarning turli kuchlanishlari (50, 100, 200, 300, 400 Grey) ta'sirida morfoxo'jalik belgilaridan o'simlik bo'yi ko'rsatkichining o'zgarishi o'rganilgan. Nazorat guruhi nurlanishga uchramaganligi kuzatilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, nurlanish kuchayishi bilan soya o'simligining bo'y uzunligi o'zgaruvchan ko'rsatkichga ega bo'lib 300 Grey kuchlanish ko'pchilik namunalar uchun optimalligi, o'simlik bo'yining maksimal o'sishiga olib kelgan. Gen-25 (115,81 sm) va BK-6 (117,21 sm) namunalari eng yuqori ko'rsatkichlarni qayd etgan. Genetik-1 namunasi esa radiatsiyaga nisbatan o'ta sezuvchan bo'lib, barcha nurlangan variantlarda o'sish to'xtagan. 400 Grey kuchlanishida Gen-8 va BK-6 namunalari nisbatan yuqori bo'y ko'rsatkichlarini saqlab qolgan, bu ularning radiatsiyaga chidamliligini ko'rsatgan.*

Kalit so'zlar: *soya, γ -nurlar, mutatsion seleksiya, morfoxo'jalik belgilar, bo'y.*

Аннотация. *в статье изучена изменении морфологических и экономических характеристик высоты растений в период образования стручков у 11 сортов и образцов сои (Glycine max L.) Merr) под воздействием гамма-излучения различной интенсивности (50, 100, 200, 300, 400 Грей). Контрольная группа не подвергалась облучению. По результатам исследования, с увеличением интенсивности облучения высота растения сои имела переменный показатель, а интенсивность 300 Грей оказалась оптимальной для большинства образцов, приводя к максимальному росту высоты растения. Наибольшие темпы роста были зафиксированы у Gen-25 (115,81 см) и BK-6 (117,21 см). Образец Genetic-1 оказался крайне чувствительным к облучению, рост остановился у всех облученных вариантов. При мощности 400 Грей образцы Gen-8 и BK-6 сохранили относительно высокие темпы роста, что свидетельствует об их устойчивости к облучению.*

Ключевые слова: *соя, гамма-излучение, мутационный отбор, морфологические признаки, рост.*

Abstract. *The article examines changes in the morphological and economic characteristics of plant height during pod formation in 11 soybeans (Glycine max L.) Merr varieties and accessions exposed to gamma radiation of varying intensities (50, 100, 200, 300, and 400 Gray). The control*

group was not exposed to irradiation. The study revealed that soybean plant height varied with increasing irradiation intensity, with 300 Gray proving optimal for most accessions, resulting in maximum plant height. Gen-25 (115.81 cm) and BK-6 (117.21 cm) demonstrated the highest growth rates. Genetic-1 proved to be extremely sensitive to irradiation, with growth cessation in all irradiated accessions. At 400 Gray, Gen-8 and BK-6 maintained relatively high growth rates, indicating their resistance to irradiation.

Key words: *soybean, gamma radiation, mutation selection, morphological characteristics, growth.*

Kirish. Soya (Glycine max (L.) Merr) dunyo miqyosida eng muhim moyli va oqsilga boy ekinlardan biri hisoblanadi. Uning tarkibida 24-45% oqsil, 13-37% moy, 20-32% uglevodlar hamda D, V, E vitaminlari mavjud [5]. Soya donidan 400 dan ortiq turli xil mahsulotlar ishlab chiqariladi, shu jumladan oziq-ovqat sanoati, chorvachilik uchun ozuqa va texnik maqsadlarda foydalaniladi [5]. O‘zbekiston sharoitida soya takroriy ekin sifatida ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, bug‘doydan keyin ekilganda tuproq unumdorligini oshiradi va keyingi ekinlarning hosildorligini 20-30% ga ko‘taradi [5]. Mutatsion seleksiya, ayniqsa genetik bazasi tor bo‘lgan ekinlarda, istiqbolli belgilarni yaxshilashning samarali usuli hisoblanadi [2]. Ɣ-nurlar yordamida o‘simliklarda o‘sish, hosildorlik, oqsil va yog‘ miqdori kabi xo‘jalik ahamiyatiga ega belgilarni oshirish mumkin [2, 6]. Ɣ-nurlarning turli kuchlanishlari soya o‘simligining morfologik va agronomik belgilariga turlicha ta’sir ko‘rsatadi [3, 7].

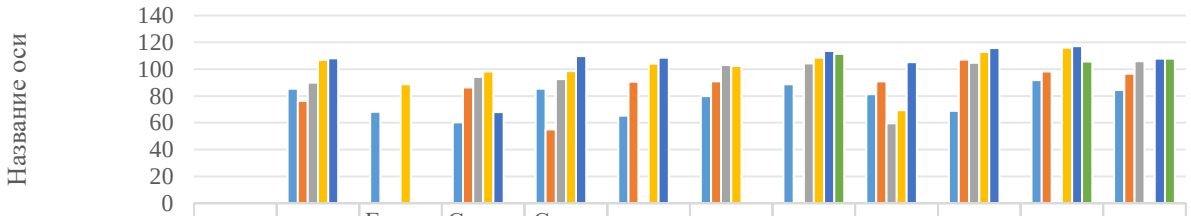
Ushbu tadqiqotning maqsadi – soyaning 11 xil namunalarida γ -nurlarning 50-400 Grey oralig‘idagi dozalari ta’sirida o‘simlik bo‘yining o‘zgarish qonuniyatlarini o‘rganish, radiatsiyaga sezgir va chidamli genotiplarni identifikatsiya qilish hamda optimal nurlanish dozalarini aniqlashdan iborat.

Gamma-nurlanishning o‘simliklarga ta’siri ko‘plab olimlar tomonidan o‘rganilgan. Xalqaro tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, gamma-nurlar dozasining oshishi bilan M1 avlod o‘simliklarida o‘sishning ingibirlanishi kuzatiladi [4]. Xususan, 100-300 Grey oralig‘idagi dozalar mutatsion o‘zgarishlarni qo‘zg‘atish uchun samarali hisoblanadi [4]. Mohsen va boshqalar (2023) tomonidan olib borilgan tadqiqotda Misr soya genotiplari (Giza 21, Giza 22, Giza 82, Giza 83 va 117) 50-300 Grey γ -nurlar bilan davolangan. Ushbu ishda 100 Grey dozasi dukkaklar soni, shoxlar soni va oqsil miqdoriga eng yuqori ijobiy ta’sir ko‘rsatgan bo‘lsa, 200 Grey dozasi o‘simlik bo‘yi va moy miqdorini oshirishda samaraliroq ekanligi aniqlangan [2, 5]. Shuningdek, tadqiqotda moy va oqsil miqdori o‘rtasida teskari bog‘liqlik qayd etilgan, biroq to‘rtta mutant liniyada ikkala ko‘rsatkich ham yuqori bo‘lgan [2, 6]. Justin va boshqalar (2012) gamma-nurlarning 0.2 kGy va 0.4 kGy (200-400 Grey) dozalari M1 avlodda aksariyat agronomik va morfologik belgilarni sezilarli darajada kamaytirishini aniqlagan. Ammo, M2 avlodda ikkala dozada ham hosildorlik va hosil tarkibiy qismlarining sezilarli o‘sishi kuzatilgan [7]. Cheban va Malii (2017) gamma-nurlanishning optimal dozalari (100-200 Grey) ta’sirida olingan 10 ta istiqbolli soya formasida M6-M8 avlodlarda morfofiziologik va biokimyoviy belgilar bo‘yicha o‘zgaruvchanlik aniqlangan. O‘simlik bo‘yi 50.5 dan 84.5 sm gacha, kurtaklar soni 2-5 dona, internodiyalar soni 9-17 donani tashkil etgan [6]. Indoneziyada Detam-2 qora soya navida olib borilgan tadqiqotda (2025) γ -nurlanish (50-250 Grey) o‘simlik bo‘yi, barglar soni, gullash davri, hosil yig‘ish davri, hosildor shoxlar soni, to‘ldirilgan dukkaklar soni va urug‘ vazniga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan, ammo poya diametri, gul rangi, stomatalar soni va uzunligiga ta’sir sezilarli bo‘lmagan [3]. O‘zbekiston olimlaridan Xoliqova va boshqalar (2021) Samarqand viloyatida takroriy ekin sifatida ekilgan mahalliy va xorijiy soya navlarining morfoxo‘jalik belgilarini o‘rgangan. Ular Selekta-302, Sochilmas kabi navlarda dukkaklanish davrida morfologik belgilarni tahlil qilganlar [5]. Shuningdek, soya genetik kolleksiyasi namunalarida barglar soni va o‘simlik bo‘yi bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgan bo‘lib, Gen-190 namunasida barglar soni nazoratda 9.4±0.13 donadan tajribada 12.6±0.86 donagacha oshgani qayd etilgan [1].

Tadqiqot materiallari va usullari: Tadqiqot obyekti sifatida soyaning 11 ta navlari olingan bo‘lib, bularga: Nafis, Genetik-1, Selekta-302, Sochilmas, Xotira, Ehtiyoj, Gen-8, Gen-9, Gen-25, BK-6 va Kolleksiya -17 kabilar kiradi.

Urug‘lar γ -nurlarning 50, 100, 200, 300 va 400 Grey dozalarida nurlantirilgan. Nazorat guruhi namunalari esa nurlantirilmagan holatda izlanishlar olib borilgan. Tajriba dalada takroriy ekish sharoitida o‘tkazilgan.

O‘simliklarning bo‘yi (sm) vegetatsiya davrida o‘lchangan. Natijalar o‘rtacha qiymat (± o‘rtacha xatolik) ko‘rinishida ifodalangan. Ma’lumotlarni tahlil qilishda taqqoslash usuli qo‘llanilgan.



		Нафис 1	Генетик -1 2	Селекта-302 3	Сочилмас 4	Хотира 5	Эхтиёж 6	Ген-8 7	Ген-9 8	Ген-25 9	БК-6 10	Кол-17 11
Nazorat x̄±s x̄ Mean±se		85,41	68,21	60,41	85,41	65,4	80,01	88,81	81,41	69,01	91,81	84,41
50 grey x̄±s x̄ Mean±se		76,41	0	86,41	55,01	90,61	90,81	0	90,81	107,21	98,41	96,61
100 grey x̄±s x̄ Mean±se		90,01	0	94,21	92,61	0	103,01	104,21	59,61	104,81	0	106,01
200 grey x̄±s x̄ Mean±se		107,01	88,81	98,21	98,51	104,01	102,41	108,61	69,41	112,81	116,01	0
300 grey x̄±s x̄ Mean±se		108,01		68,01	109,81	108,61	0	113,61	105,21	115,81	117,21	107,81
400 grey x±s x̄ Mean±se								111,33			105,81	107,81

1-rasm. Soya namunalarining dukkaklash davrida nazorat va turli xil kuchlanishdagi nurlar ta’sirida morfoxo‘jalik belgilaridan bo‘yi ko‘rsatkichlari (sm).

Natijalar va ularning muhokamasi:

Y-nurlarning turli dozalarining o‘simlik bo‘yiga umumiy ta’siri: Tadqiqot natijalariga ko‘ra, γ -nurlanish soya o‘simliklarining bo‘yiga turlicha ta’sir ko‘rsatgan. Past dozalarda (50-100 Grey) ba’zi namunalarda o‘sishning rag‘batlanishi kuzatilgan bo‘lsa, yuqori dozalarda (300-400 Grey) genotipga qarab o‘sishning maksimal darajaga chiqishi yoki to‘liq ingibirlanishi qayd etilgan. Bu holat γ-nurlarning o‘simliklarga ta’siri dozaga va genotipga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi (1-rasm) [3, 7].

Genotiplararo farqlar: Gen-25 genotipi 50 Grey kuchlanishida nazoratga nisbatan 55.4% ga (69.01 dan 107.21 sm gacha), 300 Grey dozasida esa 67.8% ga (115.81 sm gacha) o‘sgan. Bu ko‘rsatkich barcha namunalar orasida eng yuqori o‘sish sur’atlaridan biridir.

Mohsen va boshqalar (2023) ham ma’lum genotiplarda gamma-nurlanish ta’sirida o‘simlik bo‘yi sezilarli oshishini qayd etgan [2, 6].

BK-6 namunasi 200 Grey kuchlanishida maksimal bo‘yga (116.01 sm) erishgan bo‘lib, bu nazoratdagi 91.81 sm dan 26.4% ga yuqori. 300 Grey da 117.21 sm (27.7% o‘sish), 400 Grey da esa 105.81 sm (15.3% o‘sish) qayd etilgan. BK-6 namunasining 400 Gy kuchlanishida ham nisbatan yuqori bo‘y ko‘rsatkichi saqlanishi ushbu namunaning radiatsiyaga chidamliligini ko‘rsatadi.

Gen-8 namunasi ham 400 Grey kuchlanishida 111.33 sm bo‘y ko‘rsatgan (nazorat 88.81 sm, 25.4% o‘sish). Cheban va Malii (2017) tomonidan olingan istiqbolli formalar ham 100-200 Gy oralig‘ida yuqori o‘sish ko‘rsatkichlarini namoyish etgan [7].

Gen-9 namunasida gamma-nurlanishga nisbatan murakkab javob kuzatilgan: 100 Grey da bo‘y keskin pasaygan (59.61 sm), 200 Grey da biroz o‘sgan (69.41 sm), 300 Grey da esa maksimal darajaga (105.21 sm) erishgan. Bu holat γ -nurlarning turli dozalari bir xil genotipda antagonistik ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Genetik-1 navi eng sezgir genotip bo‘lib chiqdi. 50, 100 va 200 Grey dozalarida o‘simliklar o‘sishdan to‘xtagan (“0” qiymat). Faqat 300 Grey dozasida o‘sish qayd etilgan (88.81 sm). Bu

genotipning radiatsiyaga o‘ta sezgirligi uni mutatsion tadqiqotlar uchun maxsus obyekt sifatida tavsiya etish imkonini beradi.

Ehtiyoj navida 100 Grey dozasida maksimal bo‘y (103.01 sm) kuzatilgan, 300 Grey dozasida esa o‘simliklar nobud bo‘lgan. Bu γ -nurlanishning yuqori dozalari ba’zi genotiplar uchun letal ta’sir ko‘rsatishi mumkinligini tasdiqlaydi [7].

Dozaga bog‘liqlik qonuniyatlari: Ko‘pgina nav va namunalarida (Nafis, Sochilmas, Xotira, Gen-25, Kolleksiya-17) o‘simlik bo‘yi 300 Grey gacha dozaning oshishi bilan progressiv ravishda ortgan. Bu γ -nurlarning o‘rta dozalarining o‘sishni rag‘batlantiruvchi ta’siri “hormezis” hodisasi bilan izohlanishi mumkin. Past dozali radiatsiyaning stimulyator ta’siri adabiyotlarda ham qayd etilgan [2; 4]. 300 Grey dan yuqori dozalarda (400 Grey) ma’lumotlar faqat ikkala genotip (Gen-8 va BK-6) namunalari uchun mavjud bo‘lib, ikkala holatda ham bo‘y 300 Grey dagi maksimal darajaga nisbatan kamaygan, ammo nazoratdan yuqoriligicha qolgan. Bu radiatsiyaga chidamli genotiplarning mavjudligini ko‘rsatadi.

Optimal dozalarni aniqlash: Tadqiqot natijalariga ko‘ra, soyaning ko‘pchilik genotiplari uchun 300 Grey kuchlanish o‘simlik bo‘yining maksimal o‘sishini ta’minlovchi optimal doza hisoblanadi. 300 Grey da 11 ta namunalarning 9 tasida (81.8%) bo‘y nazoratdan yuqori bo‘lgan. Bu ko‘rsatkich Mohsen va boshqalar (2023) tomonidan 200 Grey o‘simlik bo‘yini oshirishda samarali deb topilgan natijalardan farq qiladi [2, 6]. Bu farq o‘rganilgan genotiplarning genetik xususiyatlari va ekologik sharoitlarning turliligi bilan izohlanishi mumkin. 50-100 Grey past dozalar ba’zi namunalarida (Gen-25, Ehtiyoj) stimulyator ta’sir ko‘rsatgan bo‘lsa, boshqa namunalarda (Genetik-1, Gen-9 100 Grey) ingibirlovchi ta’sir qilgan.

Xulosa: Soya o‘simligining bo‘yi ko‘rsatkichiga turli kuchlanishdagi ɣ -nurlar ta’siri quyidagicha bo‘ldi:

Ɣ-nurlarning soya o‘simliklari bo‘yiga ta’siri dozaga va genotipga bog‘liq. 300 Grey dozasi o‘rganilgan genotiplarning aksariyati uchun optimal bo‘lib, maksimal o‘sishni ta’minlagan. Gen-25 va BK-6 namunalari radiatsiyaga nisbatan yuqori chidamlilik va o‘sish potensialini namoyish etgan (300 Grey da mos ravishda 115,81 sm va 117,21 sm). Genetik-1 navi radiatsiyaga o‘ta sezgirligi bilan ajralib turadi (50-200 Gy dozalarida o‘sish to‘xtagan). 400 Grey dozasida faqat Gen-8 va BK-6 na’munalari o‘sishni saqlab qolgan, bu ularning radiatsiyaga chidamli genotiplar sifatida seleksiyadagi ahamiyatini ko‘rsatadi.

Ɣ-nurlanishning past dozalari (50-100 Grey) ayrim genotiplarda o‘sishni rag‘batlantiruvchi “hormezis” effektini ko‘rsatgan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Soya navlar kolleksiyasining morfologik belgilarini o‘rganish // Pedagog respublika ilmiy jurnali. – 2024. – 7-Tom, 2-Son. – B. 530-533.

2. Mohsen G., Soliman S.S., Mahgoub E.I., Ismail T.A., Mansour E., Alwutayd K.M., Safhi F.A., El-Moneim D.A., Alshamrani R., Atallah O.O., Shehata W.F., Hassanin A.A. Gamma-rays induced mutations increase soybean oil and protein contents // PeerJ. – 2023. – Vol. 11. – P. e16395.

3. Morphological and Agronomic Changes as a Result of Gamma Irradiation on Black Soybean [Glycine max (L.) Merrill] Detam-2 Variety in the M1 Generation // CORE. – 2025.

4. Effect of gamma irradiation on M1 seedling growth in three soybean varieties // IAEA INIS. – 2012.

5. Xoliqova M.A., Matniyazova X.X., Hamroyev R.J. Soya o‘simligining ahamiyati va takroriy ekin sifatida ekilgandagi afzalliklari // Academic Research in Educational Sciences. – 2021. – Vol. 2, Issue 1. – B. 2181-1385.

6. Justin M., Kabwe K.C., Adrien K.-M., Roger V.K. Effect of gamma irradiation on morpho-agronomic characteristics of soybeans (Glycine max L.) // American Journal of Plant Sciences. – 2012. – Vol. 2012.

7. Cheban A.N., Malii A.P. Variability of some morphophysiological and biochemical signs in seeds of promising forms of soya obtained by the impact of γ-radiation // Uspekhi sovremennoy nauki. – 2017. – P. 160-167.

UO'K 615.217.2:547.94

N-DEATSETILLAPPAKONITIN (N-DEZ) VA CAM-68 ALKALOIDLARINING ANTIGIPERTENZIV FAOLLIGINI O'RGANISH

S.B. Sobirov, tayanch doktorant, Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus
A.A. Zaripov, PhD, kat.i.x., O'zMU huzuridagi Biofizika va biokimyo instituti, Toshkent
A.T. Esimbetov, b.f.d., prof., Qoraqalpoq davlat universiteti, Nukus
I.Z. Jumaev, b.f.d., kat.i.x., O'zMU huzuridagi Biofizika va biokimyo instituti, Toshkent
S.N. Boboyev, PhD, O'zMU huzuridagi Biofizika va biokimyo instituti, Toshkent
M.I. Xolilayeva, o'qituvchi, O'zMU huzuridagi Biofizika va biokimyo instituti, Toshkent
Sh.N. Jo'raqulov, k.f.d., kat.i.x., O'zR FA O'simliklar moddalari kimyosi instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Tadqiqotlarda N-deatsetillappakonitin (N-DEZ) va CAM-68 alkaloidlarini eksperimental gipertenziya sharoitidagi antigipertenziv ta'siri kalamushlarda sistolik va diastolik arterial qon bosimi dinamikasini baholash orqali o'rganildi. Eksperimental gipertenziyani modellashtirish maqsadida kalamushlarga adrenalin gidroxlorid 0, 25 mg/kg dozada yuborildi. Olingan natijalar N-DEZ va CAM-68 alkaloidining eksperimental gipertenziyadagi farmakologik ta'sirini tavsiflash hamda ularning antigipertenziv potensialini baholash uchun asos bo'lib xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar: *Antigipertenziv ta'sir, sistolik arterial qon bosimi (SAQB), diastolik arterial qon bosimi (DAQB), in vivo, eksperimental gipertenziya, N-deatsetillappakonitin (N-DEZ), adrenalin.*

Аннотация. *В исследованиях изучалось антигипертензивное действие алкалоидов N-дезацетилаппаконитина (N-DEZ) и CAM-68 при экспериментальной гипертензии путем оценки динамики систолического и диастолического артериального давления у крыс. Для моделирования экспериментальной гипертензии крысам вводили гидрохлорид адреналина в дозе 0, 25 мг/кг. Полученные результаты служат основой для описания фармакологических эффектов алкалоидов N-DEZ и CAM-68 при экспериментальной гипертензии и оценки их антигипертензивного потенциала.*

Ключевые слова: *Антигипертензивный эффект, систолическое артериальное кровяное давление (САД), (диастолическое артериальное кровяное давление) ДАД, in vivo, экспериментальная гипертензия, N-дезацетилаппаконитин (N-DEZ), адреналин*

Abstract. *The antihypertensive effects of the alkaloids N-deacetyllappaconitine (N-DEZ) and CAM-68 under conditions of experimental hypertension were investigated in rats by evaluating changes in systolic and diastolic arterial blood pressure. Experimental hypertension was induced by administering adrenaline hydrochloride to the rats at a dose of 0.25 mg/kg. The obtained results serve as a basis for characterizing the pharmacological effects of the N-DEZ and CAM-68 alkaloids in experimental hypertension and for assessing their antihypertensive potential.*

Key words: *Antihypertensive effect, systolic arterial blood pressure (SABP), diastolic arterial blood pressure (DABP), in vivo, experimental hypertension, N-deacetyllappaconitine (N-DEZ), adrenaline.*

Yurak-qon tomir asoratlari rivojlanishining asosiy xavf omili bo'lgan arterial gipertenziya global miqyosda keng tarqalgan sog'liqni saqlash muammosi bo'lib qolmoqda [1]. Arterial qon bosimining uzoq muddat yuqori darajada saqlanishi yurak, bosh miya va qon-tomirlarda turli xil funksional va struktur o'zgarishlarga olib keladi [2]. Arterial qon bosimini boshqarishda qon tomirlar tonusi muhim ahamiyatga ega bo'lib, uning o'zgarishida qon tomir silliq muskul hujayralaridagi Ca^{2+} ionlari almashinuvi va hujayra ichki signal tizimlari muhim rol o'ynaydi[3,4]. Gipertenziya sharoitida Ca^{2+} gomeostazining buzilishi qon-tomir silliq muskullarining qisqaruvchanligi va periferik tomir qarshiligining ortishiga sabab bo'lishi mumkin [5]. Hozirgi vaqtda arterial gipertenziyani samarali nazorat qilishga qodir yangi farmakologik vositalarni izlash, ayniqsa, tabiiy manbalardan ajratib olinadigan biologik faol birikmalarning antigipertenziv xususiyatlarini o'rganish muhim ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi [6]. Shu nuqtayi nazardan tabiiy o'simliklardan ajratib olinadigan

diterpenoid alkaloidlar, jumladan lappakonitin hosilalari (N-DEZ va CAM-68) farmakologik jihatdan istiqbolli birikmalar sifatida qiziqish uyg'otadi. Ushbu birikmalarning qon-tomir tonusi hamda arterial qon bosimiga ta'sirini o'rganish, ularning antigipertenziv faolligini baholash va ta'sir mexanizmlarini aniqlash uchun muhim ahamiyatga ega. Shu sababli ushbu tadqiqotda lappakonitin alkaloidlarining eksperimental arterial gipertenziya sharoitidagi antigipertenziv faolligini *in vivo* sharoitida o'rganish maqsad qilib olindi.

Tadqiqot materiali va usullari. Tadqiqotlarda tana vazni 190±15,0 g har ikkala jinsdagi (♂/♀) oq, zotsiz kalamushlaridan (xona harorati +20±5°C, havoning nisbiy namligi 75 ± 10%, yorug'lik rejimi (12:12 soat) standart ozuqa (suv) bilan boqilgan, hayvonlardan foydalanildi [7]. Kalamushlarda arterial qon bosimini qayd qilish standart uslubda, dum arteriya qon tomirida noinvaziv usulda "Sistola" (Neurobotics, RF) eksperimental qurilmasi yordamida amalga oshirildi va natijalar "AcqKnowledge 4.2 for MP150" maxsus dasturi yordamida tahlil qilindi [8,9] (1-rasm).



1-rasm. Kalamushlarda dum arteriya qon tomirida noinvaziv usulda arterial qon bosimini qayd qilish "Sistola" ("Neurobotics", RF) eksperimental qurilmasi.

Tajriba guruhidagi kalamushlarga N-DEZ va CAM-68 moddalarining 10–20 mg/kg dozadagi eritmalari bir marta, og'iz orqali maxsus zond yordamida oshqozonga yuborildi. Eksperimental gipertenziya holatining 180 minut davomida barqaror saqlanishi kuzatildi.

1-jadval

N-DEZ alkaloidining dozaga bog'liq *in vivo* sharoitda adrenalinga nisbatan antigipertenziv faolligi (*M*±*m*=n4)

Arterial qon bosimi (mm s.u.)		Nazorat	N-DEZ 10 mg/kg	N-DEZ 20 mg/kg
Boshlang'ich	**SAQB** (mm s.u.)	122,3 ± 5,5	117,8±5,6	114,8±4,4
	DAQB (mm s.u.)	96,8± 5,4	91,1±4,3	89,8± 6,2
Adrenalin 30-minut	**SAQB** (mm s.u.)	152,5± 6,1	148,1±5,3	140,6±4,8
	DAQB (mm s.u.)	117,5± 4,6	110,1±6,8	104,3±4,3
1- soat	**SAQB** (mm s.u.)	157,8± 5,6	138,5±4,5	129,8±4,1
	DAQB (mm s.u.)	128,8 ± 4,8	104,0±4,3	97,8±3,6
2- soat	**SAQB** (mm s.u.)	145,5± 4,5	128,2±4,0	118,0±3,7
	DAQB (mm s.u.)	116,0± 6,7	95,3±3,0	90,8±5,0
3- soat	**SAQB** (mm s.u.)	139,3±3,8	114,3±5,3	102,8±7,6
	DAQB (mm s.u.)	101,9± 5,7	91,0±3,3	85,1±4,7

Olingan natijalar va ularning tahlili. Tajribalarning dastlabki bosqichida kalamushlarda fiziologik me'yor holatidagi arterial qon bosimi ko'rsatkichlari aniqlandi. Bunda sistolik arterial qon bosimi (SAQB) o'rtacha 122,3±5,5 mm sim. ust**.**, diastolik arterial qon bosimi (DAQB) esa 96,8±5,4

mm sim. ust. ni tashkil etdi. Eksperimental gipertenziyani modellashtirish maqsadida kalamushlarga adrenalin gidroxlorid 0,25 mg/kg dozada yuborildi. Adrenalin kalamush dum venasiga yuborilgandan 30 daqiqa o‘tgach, nazorat guruhida SAQB ko‘rsatkichi boshlang‘ich 122,3±5,5 mm sim. ust**.** dan 152,5±6,1 mm sim. ust**.** gacha, DAQB esa 96,8±5,4 mm sim. ust**.** dan 117,5±4,6 mm sim. ust**.** gacha oshganligi qayd etildi. Mazkur model N-DEZ va CAM-68 alkaloidlarining eksperimental gipertenziya sharoitidagi gipotenziv ta’sirini baholash uchun asos sifatida qo‘llanildi. Adrenalin ta’siridan keyingi 1 soatda nazorat guruhida SAQB 157,8±5,6 mm sim. ust. gacha saqlangan bo‘lsa, N-DEZning 10 mg/kg dozasi ta’sirida mazkur ko‘rsatkich 138,5±4,5 mm sim. ust. gacha pasaydi. Bu nazorat qiymatiga nisbatan taxminan 12,2 % kamayishni tashkil etdi. DAQB ham nazoratdagi 128,8±4,8 mm sim. ust. dan N-DEZ ta’sirida 104,0±4,3 mm sim. ust. gacha pasayib, taxminan 19,2% ga kamaydi. 20 mg/kg dozada esa SAQB 129,8±4,1, DAQB 97,8±3,6 mm sim. ust. ni tashkil etib, nazoratga nisbatan mos ravishda taxminan 17,7 % va 24 % pasayish kuzatildi. Tajribalarning keyingi 2-3 soatlarida SAQB va DAQB ko‘rsatkichlar chaqirilgan eksperimental gipertenziya sharoitida arterial qon bosimini pasaytiruvchi ta’sirga ega ekanligini ko‘rsatadi (1-jadval).

Olingan natijalar N-DEZ alkaloidi adrenalin bilan chaqirilgan eksperimental gipertenziya sharoitida arterial qon bosimini pasaytiruvchi ta’sirga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Keyingi tajribalarda CAM-68 alkaloidining eksperimental gipertenziya sharoitidagi antigipertenziv ta’siri kalamushlarda sistolik va diastolik arterial qon bosimi dinamikasini baholash orqali o‘rganildi. CAM-68 ning 10 va 20 mg/kg dozalari qo‘llanilgan guruhlarda boshlang‘ich qon bosimi ko‘rsatkichlari mos ravishda SAQB 119,8±3,8 va 115,5±2,1 mm sim. ust. hamda DAQB 92,5±4,9 va 90,8±3,2 mm sim. ust. ni tashkil etib, guruhlar o‘rtasida yaqqol farq kuzatilmadi. Adrenalin gidroxlorid 0,25 mg/kg dozada yuborilganidan 30 daqiqa o‘tgach, nazorat guruhida SAQB 152,5±6,1 mm sim. ust.**,** DAQB esa 117,5±4,6 mm sim. ust. gacha oshdi. CAM-68 ning 10 mg/kg dozasi ta’sirida ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 146,9±4,3 va 118,0±5,6 mm sim. ust.**,** 20 mg/kg dozada esa 140,8±4,2 va 114,3±4,3 mm sim. ust. ni tashkil etdi. Adrenalin ta’siridan keyingi 1-soatda nazorat guruhida SAQB 157,8±5,6 mm sim. ust.**,** DAQB 128,8±4,8 mm sim. ust. ni tashkil etgan bo‘lsa, CAM-68 ning 10 mg/kg dozasi ta’sirida mazkur ko‘rsatkichlar mos ravishda 140,5±3,2 va 109,0±4,1 mm sim. ust. gacha pasaydi. Bu nazorat qiymatiga nisbatan SAQBning taxminan 10,96 %, DAQBning esa 15,37 % ga kamayganini ko‘rsatdi.

20 mg/kg dozada esa SAQB 130,3±5,7, DAQB 98,4±4,96 mm sim. ust**.** ni tashkil etib, nazoratga nisbatan mos ravishda 17,4 % va 19 % ga pasayish kuzatildi. Tadqiqotning 3-soatida CAM-68 ning gipotenziv ta’siri yanada yaqqolroq namoyon bo‘ldi. (2-jadval).

2-jadval

CAM-68 alkaloidining dozaga bog‘liq in vivo sharoitda adrenalinga nisbatan antigipertenziv faolligi (M±m=n4)

Arterial qon bosimi (mm s.u.)		**Nazorat**	**CAM-68 10 mg/kg**	**CAM-68 20 mg/kg**
Boshlang‘ich	**SAQB** (mm s.u.)	122,3 ± 5,5	119,8± 3,8	115,5± 2,1
	DAQB (mm s.u.)	96,8± 5,4	92,5± 4,9	90,8± 3,2
Adrenalin 30-minut	**SAQB** (mm s.u.)	152,5± 6,1	146,9±4,3	140,8± 4,2
	DAQB (mm s.u.)	117,5± 4,6	118,0±5,6	114,3± 4,3
1- soat	**SAQB** (mm s.u.)	157,8± 5,6	140,5± 3,2	130,3± 5,7
	DAQB (mm s.u.)	128,8 ± 4,8	109,0± 4,1	104,4± 4,96
2- soat	**SAQB** (mm s.u.)	145,5± 4,5	123,5± 3,4	114,0± 3,7
	DAQB (mm s.u.)	116,0± 6,7	98,3± 4,7	92,1± 3,4
3- soat	**SAQB** (mm s.u.)	139,3±3,8	115,3± 3,5	105,6± 4,0
	DAQB (mm s.u.)	101,9± 5,7	97,8± 5,8	77,5± 3,0

Keltirilgan ma'lumotlarga asoslanib CAM-68 alkaloidi adrenalin bilan chaqirilgan eksperimental gipertenziya sharoitida arterial qon bosimini pasaytiruvchi ta'sirga ega ekanligini ko'rsatdi. Uning gipotenziv ta'siri adrenalin yuborilganidan keyingi 1-soatdan boshlab yaqqol namoyon bo'lib, 20 mg/kg dozada 2–3 soat davomida yanada kuchaygan.

Olingan eksperimental natijalar va mavjud adabiyot ma'lumotlari tahlili asosida, N-DEZ va CAM-68 alkaloidlarining gipotenziv faolligi qon tomir silliq mushak hujayralarida β-AR–AS–sAMF–PKA reaksiya kaskadining modulyatsiyasi, adrenergik vazokonstriktor reaksiyalarning susayishi va qon tomirlar tonusining pasayishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin, deb taxmin qilindi.

Xulosa. Umuman olganda, tadqiqot natijalari o'rganilgan N-DEZ va CAM-68 alkaloidlari adrenalin bilan chaqirilgan arterial gipertenziya modelida sezilarli antigipertenziv faollik namoyon qilishini ko'rsatdi. Ushbu moddalarning ta'siri vaqtga bog'liq ravishda kuchayib borishi hamda sistolik va diastolik qon bosimining fiziologik ko'rsatkichlarga yaqinlashishi kuzatildi. Olingan natijalar alkaloidlarning qon tomir silliq muskullarining bo'shashishi, periferik tomir qarshiligining kamayishi va gemodinamik ko'rsatkichlarning me'yorlashuvi bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Shu sababli, mazkur N-DEZ va CAM-68 alkaloidlari kelgusida yangi avlod tabiiy kelib chiqishli antigipertenziv dori vositalarini yaratishda istiqbolli biologik faol manba sifatida ilmiy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Masenga SK, Kirabo A. Hypertensive heart disease: risk factors, complications and mechanisms. Front Cardiovasc Med. 2023 Jun 5;10:1205475.

2. Kim HL. Arterial stiffness and hypertension. Clin Hypertens. 2023 Dec 1;29(1):31.

3. Suzuki Y, Giles WR, Zamponi GW, Kondo R, Imaizumi Y, Yamamura H. Ca^{2+} signaling in vascular smooth muscle and endothelial cells in blood vessel remodeling: a review. Inflamm Regen. 2024 Dec 27;44(1):50.

4. Jackson WF. Ion channels and vascular tone. Hypertension. 2000 Jan;35(1 Pt 2):173-8.

5. Touyz RM, Alves-Lopes R, Rios FJ, Camargo LL, Anagnostopoulou A, Arner A, Montezano AC. Vascular smooth muscle contraction in hypertension. Cardiovasc Res. 2018 Mar 15;114(4):529-539.

6. Ojha U, Ruddaraju S, Sabapathy N, Ravindran V, Worapongsatitaya P, Haq J, Mohammed R, Patel V. Current and Emerging Classes of Pharmacological Agents for the Management of Hypertension. Am J Cardiovasc Drugs. 2022 May;22(3):271-285.

7. Oketch-Rabah HA, Roe AL, Rider CV, Bonkovsky HL, Giancaspro GI, Navarro V, Paine MF, Betz JM, Marles RJ, Casper S, Gurley B, Jordan SA, He K, Kapoor MP, Rao TP, Sherker AH, Fontana RJ, Rossi S, Vuppalanchi R, Seeff LB, Stolz A, Ahmad J, Koh C, Serrano J, Low Dog T, Ko R. United States Pharmacopeia (USP) comprehensive review of the hepatotoxicity of green tea extracts. Toxicol Rep. 2020 Feb 15;7:386-402.

8. Kapsdorferová V, Grešová S, Švorc P. Measurement of blood pressure in rats: Invasive or noninvasive methods? Physiol Rep. 2024 Sep;12(17):e70041.

9. Jiang T, Cheng Y, Xiao L, Wang N. Continuous Arterial Pressure Monitoring in Conscious Rodents Using Implantable Telemetry and Comparison with the Tail-Cuff Method. J Vis Exp. 2025 Nov 14;(225).

UO'K 633.511:577.218

OZIQ-OVQAT MAHSULOTLARIDA GMONI GENOM TEXNALOGIYALARI ORQALI ANIQLASH USULLARI

D.Sh. Sultonov, kich.i.x., Genomika va bioinformatika markazi, Toshkent
N.N. Xusenov, PhD, bo'lim mudiri, Genomika va bioinformatika markazi, Toshkent
J.K. Norbekov, PhD, bo'lim mudiri, Genomika va bioinformatika markazi, Toshkent
M.I. Sobirjonov, markaz xodim, Genomika va bioinformatika markazi, Toshkent

Annotatsiya. *So'nggi yillarda GMO mahsulotlari qishloq xo'jaligi va oziq-ovqat sanoatida keng tarqalgan bo'lib, ularning miqdori va turlari yildan-yilga ortib bormoqda. Iste'molchi huquqlarini himoya qilish, yorliqlash talablariga rioya etish va xalqaro savdoni ta'minlash uchun GMO mahsulotlarini ishonchli aniqlash va miqdorini baholash zarur. Ushbu sharh maqolada oziq-ovqat namunalarida GMOni DNK asosida aniqlashning to'liq analitik zanjiri namuna tayyorlash, DNK ajratishdan tortib, PZR yordamida tahlili va identifikatsiyalash, kapillyar elektroforezga asoslangan fragment tahlili hamda Sanger sekvenslash orqali tasdiqlashgacha ko'rib chiqilgan. Turli usullarning afzalliklari va cheklovlari solishtirilishi bilan birga laboratoriya tadqiqotlari ham yoritilgan.*

Kalit so'zlar: *GMO, DNK ajratish, PZR, kapillyar elektroforez, Sanger sekvenslash, SeqStudio, genom tahrirlash.*

Аннотация. *В последние годы ГМО-продукция получила широкое распространение в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, при этом её объёмы и разнообразие ежегодно увеличиваются. Для защиты прав потребителей, соблюдения требований к маркировке и обеспечения международной торговли необходимы надёжное выявление ГМО и количественная оценка их содержания в продукции. В данной обзорной статье рассмотрена полная аналитическая цепочка обнаружения ГМО в пищевых образцах на основе анализа ДНК: от подготовки проб и выделения ДНК до анализа и идентификации методом полимеразной цепной реакции (ПЦР), фрагментного анализа на основе капиллярного электрофореза и подтверждения результатов секвенированием по Сэнгеру. Наряду с сопоставлением преимуществ и ограничений различных методов освещены лабораторные исследования.*

Ключевые слова: *ГМО, выделение ДНК, ПЦР, капиллярный электрофорез, секвенирование по Сэнгеру, SeqStudio, редактирование генома.*

Abstract. *In recent years, GMO products have become widespread in agriculture and the food industry, with their quantity and diversity increasing annually. Reliable detection and quantification of GMOs are essential for protecting consumer rights, meeting labeling requirements, and facilitating international trade. This review examines the complete analytical workflow for DNA-based GMO detection in food samples, from sample preparation and DNA isolation to analysis and identification using polymerase chain reaction (PCR), capillary electrophoresis-based fragment analysis, and confirmation by Sanger sequencing. The advantages and limitations of these methods are compared, and laboratory studies are also discussed.*

Key words: *GMO, DNA isolation, PCR, capillary electrophoresis, Sanger sequencing, SeqStudio, genome editing.*

Kirish. Genetik jihatdan o'zgartirilgan organizmlar (GMO) genetik materiali tabiiy chatishtirish yoki rekombinatsiya yo'li bilan yuzaga kelmaydigan sun'iy o'zgartirilgan o'simlik, hayvon yoki mikroorganizmlardir. Qishloq xo'jaligida GMO texnologiyasi ekinlarning zararkunandalarga va gerbitsidlarga chidamligini oshirish yoki mahsulotlarning saqlash muddatini uzayish kabi foydali xususiyatlarni oshirish uchun qo'llaniladi. 1994 -yil AQSh birinchilardan bo'lib, pishish muddati kechiktirilgan genetik o'zgartirilgan FlavrSavr pomidori oziq-ovqat bozorga sotuvga chiqargan [2]. Shundan so'ng, GM ekinlarning turlari va maydonlari maydoni yillar davomida o'sib kelmoqda. 2024-yilga kelib transgen ekin turlari dunyo bo'yicha 27 mamlakatda taxminan 206 million gektar maydonni egallagan bo'lib, ularning katta qismini soya (~105 million gektar), makkajo'xori (~68 million gektar) va raps (~10 million gektar) tashkil etadi [1]. Hozirgi kunga qadar turli agrobiotexnologiya kompaniyalari tomonidan 32 ekin turi bo'yicha jami 645 dan ortiq GM mahsulotlari olingan [12].

So'nggi yillarda genom tahrirlash texnologiyalari, xususan, CRISPR/Cas texnologiyalari, qishloq xo'jaligida yangi bosqichni boshlab berdi. Genom tahrirlash ko'pincha begona DNKni doimiy kiritmasdan, genomning aniq nuqtalarida nishonli mutatsiyalar (nukleotid almashinuvi, kichik qo'shilish yoki yo'qotish) hosil qiladi. Bu holatni aniqlash yanada murakkablashtiradi, chunki bunday o'zgarishlar tabiiy mutatsiyalardan deyarli farq qilmasligi mumkin [9, 11]. Ba'zi mamlakatlar (AQSh, Argentina, Kanada, Braziliya) mahsulotga asoslangan yondashuvni qo'llab, begona DNK bo'lmagan genom-tahrirlangan ekinlarni GMO deb hisoblamasa-da, Yevropa Ittifoqi jarayonga asoslangan yondashuvni saqlab, ularni ham GMO sifatida baholaydi [5, 6, 7].

GMOni aniqlash usullari, umuman olganda, ikki asosiy yo'nalishga bo'linadi. Bular oqsil asosidagi usullar (ELISA, lateral oqim testlari) va genom DNK asosida aniqlash usullar hisoblanadi. Oqsil asosidagi usullar bir muncha oson va tez bo'lsa-da, issiqlik ta'sirida oqsilning denaturatsiyaga uchrashi sababli qayta ishlangan mahsulotlarda samarasiz bo'lib qoladi. Genom DNK usuli issiqlikka nisbatan ancha chidamli va deyarli barcha biologik to'qimalarda mavjud bo'lgani uchun, yuqori darajada qayta ishlangan oziq-ovqat mahsulotlarida ham GMOni aniqlashning ishonchli usuli bo'lib

xizmat qiladi. Genom DNK asosidagi usullar orasida polimeraza zanjir reaksiyasiga (PZR) asoslangan texnologiyalar yuqori sezuvchanligi, ishonchliligi va takrorlanuvchanligi tufayli eng keng qo‘llaniladigan yondashuv hisoblanadi. Real vaqtga asoslangan (Real time) RT-PZR esa GMOni miqdoriy baholashning “oltin standarti” maqomiga ega deb baholanadi[2].

Ushbu sharh maqolaning maqsadi oziq-ovqat mahsulotlarida GMO ni aniqlashda qo‘llaniladigan usullar va ularning afzalliklari yoritilgan. Shu bilan birga, GMO tahlillarini olib borishda laboratoriya tahlillari haqida ham so‘z yuritilgan. Yakunda kichik va o‘rta laboratoriyalar uchun tahlildan tasdiqlashgacha bo‘lgan bosqichma-bosqich tahlil ketma-ketligi yoritiladi.

Namuna tayyorlash va DNK ajratish. GMO tahlilining ishonchliligi ko‘p jihatdan namuna olish bosqichiga bog‘liq bo‘ladi. Katta hajmdagi mahsulotlarni tahlil qilishda GM bir tekis taqsimlanmasligi mumkin. Shuning uchun kichik namuna ko‘p miqdordagi mahsulotga to‘g‘ri tashxis qo‘yishda noaniqliklarni keltirib chiqaradi[2]. Bunday geterogenlik muammosini bartaraf etish uchun Namuna Olish Nazariyasi (Theory of Sampling) asosida statistik jihatdan asoslangan namuna olish rejalaridan foydalaniladi. Yevropa GMO laboratoriyalari tarmog‘i tomonidan ishlab chiqilgan uslubiy tavsiyalarga [8] ko‘ra, laboratoriya namunasi avvalo to‘liq gomogenlashtiriladi. So‘ngra kichikroq quyi namunalarga bo‘linib, ulardan sinov qismi ajratiladi va aynan shu qism keyingi DNK ajratish uchun to‘liq hajmda ishlatiladi. Bu yondashuv namunaning ifloslanishini oldini olish va nishon analitning (DNK yoki oqsil) parchalanishini minimallashtirish uchun xizmat qiladi.

Genom DNK ajratishda asosan, hujayra devori va membranasini buzish (lizis), DNKni boshqa hujayra tarkibiy qismlaridan ajratish va tozalashdan iborat. Oziq-ovqat mahsulotlari odatda mexanik, termal va kimyoviy qayta ishlovdan o‘tadi. Bu jarayonlar DNKning yaxlitligini va umumiy miqdorini sezilarli darajada pasaytiradi va buning natijasida DNK ko‘pincha qisqa fragmentlarga bo‘linib qoladi. Bundan tashqari, murakkab oziq-ovqat matritsasida uchraydigan oqsillar, polisaxaridlar, fenol birikmalari va boshqa metabolitlar keyingi PZR ni me’yorida ketishiga to‘sqinlik qiluvchi ingibitor sifatida ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli, DNK ajratish usulini tanlashda mahsulot matritsasining tarkibi va qayta ishlanganlik darajasi hisobga olinishi shart [10, 16].

Klassik setiltrimetilammoniy bromid (CTAB) usuli o‘simlik materialidan DNK ajratishda eng ko‘p qo‘llaniladigan yondashuvlardan biri bo‘lib qolmoqda. Ushbu usul nisbatan arzon, maxsus jihoz talab qilmaydi va katta hajmdagi namunalar bilan ishlashga imkon beradi. Biroq usul, ko‘p bosqichli, uzoq vaqt talab qilib, ba’zan xloroform kabi organik erituvchilardan foydalanishni talab etadi [10, 14]. Muqobil sifatida NucleoSpin Food (Macherey-Nagel), DNeasy mericon Food Kit (Qiagen) va Wizard Magnetic DNA Purification System for Food (Promega) kabi tijorat kitlari murakkab va qattiq qayta ishlangan oziq-ovqat matritsalaridan tez, yuqori unumli va toza DNK olishda yuqori samaradorlik ko‘rsatgan [14, 17]. Ko‘p sonli namunalarni bir vaqtda qayta ishlash zarur bo‘lgan laboratoriyalarda esa Maxwell RSC (Promega) va KingFisher (ThermoFisher) kabi avtomatlashtirilgan ajratuvchilar qo‘llaniladi. Bu tizimlar magnit donachalarga asoslangan texnologiya yordamida qo‘l bilan bajariladigan amallarni kamaytiradi, natijalarning bir xilligini oshiradi va xatoliklarni kamaytiradi [17].

DNK ajratishidan so‘ng olingan namunaning sifati va miqdori keyingi PZR tahlilining muvaffaqiyatini belgilaydi. Amalda spektrofotometrik o‘lchov va agaroza gel elektroforezi birgalikda qo‘llaniladi. Yuqori darajada qayta ishlangan yoki geterogen matritsalar uchun DNK ajratish usulini har bir mahsulot turiga moslab tasdiqlash tavsiya etiladi. Chunki bitta universal usul barcha oziq-ovqat turlari uchun bir xil natija bermasligi mumkin [17].

PZR tahlili va identifikatsiyalash. GMO transformatsiyasi jarayonida kiritiladigan genetik konstruksiya kamida target gen, uni tartibga soluvchi promotor va terminator elementlaridan iborat bo‘ladi. Nishon tanlangan DNK elementiga qarab, GMOni aniqlashning PZR asosidagi usullari to‘rt darajali spetsifiklikka bo‘linadi. Eng past daraja element-specific tahlil usullari bo‘lib, ko‘plab GMOlarda uchraydigan umumiy tartibga soluvchi ketma-ketliklarni, masalan gulkaram mozaika virusining 35S promotorini (P-35S) va Agrobacterium tumefaciens bakteriyasidan olingan nopalin sintaza terminatorini (T-nos), nishonga oladi. Keyingi daraja gene-specific usullar bo‘lib, kiritilgan aniq genni masalan, gerbitsidga chidamlilik uchun CP4-EPSPS aniqlaydi. Konstruksiyaga xos (construct-specific) usullar promotor va funksional gen o‘rtasidagi qo‘shilish nuqtasini nishonga

oladi. Eng yuqori spetsifiklik darajasi event-specific usullar bo‘lib, kiritilgan DNK bilan host genomi o‘rtasidagi integratsiya nuqtasidagi noyob ketma-ketlikni aniqlaydi [15].

RT-PZR amplifikatsiya jarayonining har bir siklida hosil bo‘layotgan mahsulot miqdorini flyuorestsent signal orqali uzluksiz kuzatish imkonini beradi. Bunda ikki asosiy kimyoviy yondashuv qo‘llanilib, bular qo‘shqator DNKga interkalyatsiyalanuvchi bo‘yoqlar (SYBR green I) va gidroliz zondlari hisoblanadi. Xususan SYBR Green usuli sodda va arzon bo‘lsa-da, spetsifik bo‘lmagan mahsulotlarni ham aniqlashi mumkin. TaqMan zondlari esa nishon ketma-ketlikka to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘lanib, yuqori spetsifiklikni ta’minlaydi va shu bois GMO tahlilida ishonchli ekanligini anglatadi. Signal ma’lum chegara darajasidan o‘tgan sikl raqami (Ct yoki Cq qiymati) namunadagi nishon DNK miqdoriga teskari proporsional bo‘lib, bu qiymat orqali sifat (bor/yo‘q) va miqdoriy (nechcha foiz GM material) xulosalar chiqariladi [2].

RT-PZR imkoniyatlari va cheklovlari. RT-PZR yuqori spetsifiklik, sezuvchanlik va “maqsadga muvofiqlik” tufayli GMOni miqdoriy aniqlashning oltin standarti maqomini saqlab qolmoqda va nazorat laboratoriyalarida kundalik amaliyotda eng ko‘p qo‘llaniladigan usuldir. Biroq bir reaksiyada aniqlanadigan nishonlar soni cheklangan (odatda 4–5 tagacha), ko‘p sonli namunalarni tekshirish uchun ko‘p marta takroriy tahlil talab etilishi mumkin. Bundan tashqari, miqdoriy aniqlik ko‘pincha diqqat bilan tayyorlangan standart egri chiziqqa bog‘liq bo‘lib, bu laboratoriyalararo taqqoslanishni murakkablashtiradi va tahlil xarajatlarini oshiradi. So‘nggi yillarda raqamli PZR (digital PCR, dPCR) kalibrlash egri chizig‘isiz mutlaq miqdorlashni ta’minlovchi istiqbolli muqobil sifatida rivojlanmoqda [13]. Biroq ushbu uskuna ancha qimmatligi bois, ko‘p namunalarni tahlil qilishda RT-PZR asosiy vosita bo‘lib xizmat qilmoqda. [3].

Fragment tahlili. Fragment tahlili PZR mahsulotlarini (amplikonlarni) kapillyar elektroforez yordamida ularning o‘lchamiga (baza juftligi bo‘yicha) ko‘ra ajratish va aniqlash usulidir. Bunda flyuorestsent bo‘yoq bilan belgilangan primerlar yordamida hosil qilingan amplikonlar tor kapillyar ichida elektr maydoni ta’sirida harakatlanadi, kichikroq fragmentlar tezroq, kattaroq fragmentlar sekinroq harakatlanadi. Lazer nurlanishi orqali qo‘zg‘atilgan flyuorestsent signal detektor tomonidan qayd etiladi va dastur avtomatik ravishda har bir fragmentning aniq o‘lchamini hisoblab chiqadi. Ushbu yondashuv, ayniqsa multipleks PZR bilan birlashtirilganda, turli o‘lchamdagi amplikonlar orqali bir nechta GM hodisani bitta reaksiyada bir vaqtning o‘zida ajratib olishga va tasdiqlashga imkon beradi. An’anaviy agaroza gel elektroforeziga nisbatan kapillyar elektroforezga asoslangan fragment tahlili sezilarli darajada yuqori o‘lcham aniqligi (ba’zan bir nechta nukleotid farqini ham ajrata olishi), tezlik va avtomatlashtirish darajasiga ega, shuningdek etidium bromid kabi xavfli reagentlarni talab qilmaydi [2].

Sanger sekvenslash usuli va GMO tahlilidagi o‘rni. Sanger sekvenslash zanjir uzilishi (dideoksi) usuliga asoslanadi. Reaksiya aralashmasiga oddiy deoksinukleotidlar bilan bir qatorda fluoresens bo‘yoq bilan belgilangan deoksinukleotidlar (ddNTP) qo‘shiladi. Ular tasodifiy nuqtalarda DNK zanjirining uzayishini to‘xtatadi. Natijada hosil bo‘lgan turli uzunlikdagi fragmentlar kapillyar elektroforez orqali o‘lchamiga ko‘ra ajratiladi. Har bir fragmentning oxiridagi asos turiga qarab turli rangdagi signal qayd etiladi va bu ma’lumotlar asosida nukleotidlar ketma-ketligi (elektroferogramma shaklida) tiklanadi. Yuqori o‘qish aniqligi va nisbatan uzun o‘qish uzunligi (taxminan 800–1000 nukleotidgacha) tufayli Sanger sekvenslash xozirgi kunda ham keng qo‘llanilib kelmoqda [2].

GMO tahlilida Sanger sekvenslash bir necha muhim vazifani bajaradi. U hodisaga xos (event-specific) integratsiya nuqtasi ketma-ketligini tasdiqlashda qo‘llaniladi. RT-PZR yoki fragment tahlili orqali olingan ijobiy natija kutilgan chegara ketma-ketligi bilan mos kelishini tekshirish orqali soxta ijobiy natijalar ehtimoli kamaytiriladi. Bundan tashqari, ruxsat etilmagan yoki hujjatlashtirilmagan GMOlarni aniqlashda, masalan, tahlil natijalari ma’lum bazadagi hodisalar bilan mos kelmaganda, noma’lum amplikonni sekvenslash orqali uning tabiatini identifikatsiya qilishga yordam beradi. Shu bilan birga, genom tahrirlangan ekinlarni tahlil qilishda, xususan SDN-1 va SDN-2 turidagi kichik nukleotid o‘zgarishlarini (yagona nukleotid variantlari, kichik qo‘shilish yoki yo‘qotishlar) aniqlash va tasdiqlashda muhim rol o‘ynaydi [11]. Bunda alohida klonlangan fragmentlar, yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri amplikon aralashmasi sekvenslanadi. Poliploid yoki geterozigota holatidagi namunalarda bir

nechta alel bir vaqtda sekvenslanganda elektroferogrammada bir-birining ustiga tushgan cho‘qqilar hosil bo‘lishi mumkin. Bunday holatlarda TIDE, DSDecode va CRISPResso2 kabi bioinformatika vositalari yordamida ustma-ust tushgan signallarni avtomatik dekodlash orqali mutatsiya turi va chastotasini aniqlash talab etiladi [4, 18].

Hozirgi vaqtda Genomika va bioinformatika markazida ham GMO mahsulotlarini aniqlash bo‘yicha, akkreditatsiyadan o‘tgan laboratoriya mavjud bo‘lib, ushbu laboratoriya RT-PZR usuli asosida molekulyar identifikatsiyalash yo‘lga qo‘yilgan. Xususan, xorijdan kirib kelayotgan GMO mahsulotlari, ayniqsa g‘o‘za urug‘lik namunalarni tekshiruvlari amalga oshirilmoqda. Bunda olingan namunalarni 35S promotori, T-nos, gerbitsidga chidamlilik uchun CP4-EPSPS genlari mavjud yoki mavjud emasligi aniqlanadi.

Xulosa. Oziq-ovqat mahsulotlarida GMOni ishonchli aniqlash bir necha bosqichni o‘zaro uyg‘unlashtirilgan tezkor va o‘ta aniqlikdagi yondashuvni talab qiladi. Hozirgi kunda raqamli PZR, izotermal amplifikatsiya texnologiyalari va biosensorlar yanada rivojlanmoqda. Ular GMO tahlilini tezroq, arzonroq va dala sharoitida amalga oshirish imkoniyatini berishi ko‘zda tutilgan. Shunga qaramay, yaqin istiqbolda PZR asosidagi usullar, ayniqsa tartibga solish va sertifikatlash maqsadlarida, markaziy o‘rinni saqlab qolmoqda. Ushbu sohada usullarni standartlashtirish, tasdiqlash va laboratoriyalararo sinovlarni muntazam o‘tkazib borish, shuningdek yangi GM va genom-tahrirlangan hodisalar uchun referens materiallar bazasini kengaytirish davom etayotgan ustuvor vazifalar bo‘lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. AgbioInvestor. Global GM Crop Area Review. AgbioInvestor GM Monitor. 2025.

2. Brara Z., Madani K., Costa J., Taouzinet L., Djaoudene O., Amrane-Abider M., Bougherra H., Mouhoubi K., Brahimi N., Bouiche C., Meghlaoui Z., Mafra I. Current Progress on the Detection of Genetically Modified Organisms in Food: From Transgenic Towards Genome-Edited Crops // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2025. – Vol. 24, e70243. https://doi.org/10.1111/1541-4337.70243

3. Chhalliyil P., Ilves H., Kazakov S.A., Howard S.J., Johnston B.H., Fagan J. A Real-Time Quantitative PCR Method Specific for Detection and Quantification of the First Commercialized Genome-Edited Plant // Foods. 2020. Vol.9, No.9,1245.

4. Clement K., Rees H., Canver M.C., et al. CRISPResso2 Provides Accurate and Rapid Genome Editing Sequence Analysis // Nature Biotechnology. – 2019. – Vol. 37, No. 3. – P. 224–226.

5. European Commission. Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council on the Deliberate Release Into the Environment of Genetically Modified Organisms // Official Journal of the European Union. 2001. L106.- P.1-38.

6. European Commission. Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council on Genetically Modified Food and Feed // Official Journal of the European Union. – 2003. – L 268. – P. 1–37.

7. European Commission. Proposal for a Regulation on Plants Obtained by Certain New Genomic Techniques and Their Food and Feed. – Brussels, 2023.

8. European Network of GMO Laboratories (ENGL). Guidelines for Sample Preparation Procedures in GMO Analysis. Joint Research Centre, EURL. – 2014.

9. European Network of GMO Laboratories (ENGL). Detection of Food and Feed Plant Products Obtained by New Mutagenesis Techniques. Joint Research Centre, EURL. – 2019.

10. Fernandes T.J.R., Costa J., Plácido A., et al. Genetically Modified Organism Analysis as Affected by DNA Degradation // Genetically Modified Organisms in Food: Production, Safety, Regulation, and Public Health. – Elsevier, 2016. – P. 111–118.

11. Grohmann L., Keilwagen J., Duensing N., et al. Detection and Identification of Genome Editing in Plants: Challenges and Opportunities // Frontiers in Plant Science. – 2019. – Vol. 10, 236.

12. ISAAA. GM Approval Database. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. – 2025. https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/

13. Iwobi A., Gerdes L., Busch U., Pecoraro S. Droplet Digital PCR for Routine Analysis of Genetically Modified Foods (GMO) — A Comparison with Real-Time Quantitative PCR // Food Control. – 2016. – Vol. 69. – P. 205–213.

14. Mafra I., Silva S.A., Moreira E.J., da Silva C.S.F., Oliveira M.B.P.P. Comparative Study of DNA Extraction Methods for Soybean Derived Food Products // Food Control. – 2008. – Vol. 19, No. 12. – P. 1183–1190.

15. Mafra I. Current Methods for Detecting Genetically Modified Organisms in Foods // Current Topics on Food Authentication. – 2011. – P. 211–236.

16. Sajali N., Wong S.C., Hanapi U.K., Abu Bakar Jamaluddin S., Tasrip N.A., Mohd Desa M.N. The Challenges of DNA Extraction in Different Assorted Food Matrices: A Review // Journal of Food Science. -2018. Vol.83, No.10. P. 2409-2414.

17. Verginelli D., Spinella K., La Rocca D., et al. Validation and Comparison of Four DNA Extraction Methods for Genetically Modified Organisms Analysis // JSFA Reports. – 2023. – Vol. 3, No. 11. – P. 519–535.

18. Zischewski J., Fischer R., Bortesi L. Detection of On-Target and Off-Target Mutations Generated by CRISPR/Cas9 and Other Sequence-Specific Nucleases // Biotechnology Advances. – 2017. – Vol. 35, No. 1. – P. 95–104.

UO'K 633.511:575.1

G.MUSTELINUM × *G.DARWINII* F_2 AVLOD KOMBINATSIYASIDAN FOYDALANIB SHO'RLANISH STRESSIGA CHIDAMLILIK BILAN BOG'LIQ QTL LARNI IDENTIFIKATSIYA QILISH

A.X. Toshpulatov, kich.i.x., assistent o'qituvchi, Genetika va O'EBI, Toshkent davlat tibbiyot universiteti, Toshkent

A.A. Iskandarov, katta o'qituvchi, Toshkent davlat tibbiyot univeristeti Chirchiq filiali, Chirchiq

M.O'. Muzafarova, "G'o'za genofondi" noyob obyekti rahbari, Genetika va O'EBI, Toshkent

F.U. Rafiyeva, ye.i.x., Genetika va O'EBI, Toshkent

M.Dj. Xolova, kat.i.x., assistent o'qituvchi, Genetika va O'EBI, Toshkent davlat tibbiyot univeristeti Chirchiq filiali, Toshkent

D.Q. Ernazarova, ye.i.x., Genetika va O'EBI, Toshkent

F.N. Kushanov, prof., laboratoriya mudiri, Genetika va O'EBI, Toshkent

Annotatsiya. *Ushbu maqolada G. mustelinum va G. darwinii yovvoyi g'o'za turlari asosidagi F_2 populyatsiyasida sho'rlanish stressiga chidamlilik bilan bog'liq QTL lokuslarini xaritalash natijalari keltirilgan. Tadqiqotda aniqlangan 7 ta barqaror QTL lokusi, xususan, 8-xromosomadagi ildiz ko'rsatkichlarini boshqaruvchi yuqori effektli regionlar g'o'za genotipini molekulyar markerlar yordamida baholash imkonini beradi. Mazkur natijalar kelgusida sho'rga chidamli g'o'za navlarini yaratishga yo'naltirilgan markerlarga asoslangan seleksiya (MAS) dasturlarida qimmatli vosita sifatida qo'llanilishi mumkin*

Kalit so'zlar. *Gossypium L, yovvoyi turlar, F_2 populyatsiya, sho'rlanish stressi, SSR markerlar, birikkanlik guruhi, QTL xaritalash*

Аннотация. *В данной статье представлены результаты картирования локусов QTL, связанных с солевой стрессоустойчивостью в популяции F_2, на основе дикорастущих видов хлопчатника G. mustelinum и G. darwinii. Выявленные в исследовании 7 QTL-локусов, а именно высокоэффективные участки на 8-й хромосоме, регулирующие параметры корней, позволяют оценивать генотипы хлопчатника с помощью молекулярных маркеров. Эти результаты могут быть использованы в качестве ценного инструмента в будущих программах маркерной селекции (MAS), направленных на создание солеустойчивых сортов хлопчатника.*

Ключевые слова. *Gossypium L., дикие виды, популяция F_2, стресс от засоления, маркеры SSR, ассоциативная группа, картирование QTL*

Abstract. *This article presents the results of mapping QTL loci related to salinity stress resistance in the F_2 population based on wild cotton species G. mustelinum and G. darwinii. The 7 stable QTL loci identified in the study, specifically the highly effective regions on chromosome 8 that regulate root parameters, allow for the evaluation of cotton genotypes using molecular markers. These results can be used as a valuable tool in future marker-based breeding (MAS) programs aimed at creating salt-tolerant cotton varieties.*

Key words. *Gossypium, wild species, F_2 population, salinity stress, SSR markers, association group, QTL mapping.*

Kirish. Miqdoriy belgilarning namoyon bo'lishi genom ichidagi turli lokuslarning murakkab o'zaro ta'siri natijasidir. Bu genetik mintaqalar miqdoriy belgi lokuslari (QTL – Quantitative trait locus) deb ataladi [1]. QTLlar individual gen yoki bog'langan genlar guruhi shaklida bo'ladi [2]. Ularni xaritalash genlarning joylashuvini, ta'sirini va irsiylanish mexanizmlarini aniqlash imkonini

beradi [3]. Bugungi kunga qadar g'o'za DNK markerlaridan foydalangan holda yuzlab genetik xaritalar yaratilgan va ko'plab iqtisodiy belgilar uchun QTLlar aniqlangan [4].

Shuni ta'kidlash joizki, an'anaviy genetik xaritalash tadqiqotlarining aksariyatida ko'proq hosildorlik va tola sifati belgilariga urg'u berilgan bo'lib, abiotik stress omillari, xususan, sho'rlanishga chidamlilikning genetik asoslari kam o'rganilgan [5]. Jumladan, Oluoch va boshq. (2016) tomonidan *G.hirsutum* va *G.tomentosum* $F_{2,3}$ avlod populyatsiyasida SSR markerlar yordamida 8 ta xromosoma bo'ylab tarqalgan 11 ta QTL identifikatsiya qilindi [6]. Guo va boshqalar (2022) esa RIL (rekombinant inbred liniya) (*G.hirsutum*) populyatsiyasida 2859 ta SSR va SNP (*Single nucleotide polymorphism* – yagona nukleotid polimorfizmi) markerlar asosida 127 ta QTL ni aniqlashdi [7]. Bu olimlar tomonidan 2021-yilda ham sho'rlanish stressi va normal sharoitda tolaning turli xususiyatlari bilan bog'liq 159 ta QTL lar identifikatsiya qilingan edi [8]. Shuningdek, Diouf va boshqalar (2017) tomonidan *G.hirsutum* ga oid $F_{2,3}$ duragaylarida 5 ta QTL, Abdulraheem va boshqalar (2021) tomonidan esa GWAS yordamida sho'rlanish stressiga chidamlilik bilan bog'liq 15 ta, qurg'oqchilik bilan bog'liq 11 ta QTL lar aniqlangan [9, 10].

Hozirgi vaqtda global g'o'za genomikasida QTL lokuslarini aniqlash samaradorligi butun genom sekvenirlash (WGS), 70 000 va 80 000 assayga ega yuqori zichlikdagi SNP chiplari hamda butun genom bo'yicha assotsiatsiyalarni qidirish (GWAS) kabi ilg'or texnologiyalar hisobiga keskin ortdi. Natijada, klassik RFLP, RAPD yoki SSR kabi marker tizimlaridan foydalanish ko'lami ancha kamaydi. Biroq, Markaziy Osiyo mintaqasidagi kabi reagentlar va moliyaviy resurslar cheklangan laboratoriyalar sharoitida, SSR markerlari o'zining iqtisodiy tejamkorligi, lokus-spesifikligi hamda laboratoriya uskunalariga nisbatan oddiy talabchanligi tufayli hali ham genetik xaritalash va maqsadli QTL hududlarini validatsiya qilishda o'z ahamiyatini yo'qotgani yo'q.

Shuningdek, QTL xaritalash tadqiqotlarining aksariyati *G. hirsutum* turlari bilan cheklangan bo'lib, asosan madaniy navlarning o'zaro duragaylarida yoki ularning yovvoyi turlar bilan chatishtirilishidan turli xil populyatsiyalarida amalga oshirilgan. Bunday populyatsiyalarda uzoq muddatli sun'iy seleksiya bosimi natijasidan chidamlilik genlarining foydali allellari yo'qolgan bo'lishi ehtimoldan holi emas. Yovvoyi allotetraploid turlararo genetik o'zgarishlar esa hamon yetarlicha o'rganilmagan.

Ushbu tadqiqotning o'ziga xos muhim va qiziqarli tomoni shundaki, unda ilk bor madaniy genofond ta'siridan xoli bo'lgan, ikki xil geografik va evolyutsion muhitda shakllangan yovvoyi allotetraploid genomlar - *G.mustelinum* va *G.darwinii* turlarining duragay populyatsiyasidan foydalanildi. Ilmiy manbalarda ushbu ikkala yovvoyi tur ham tabiatan sho'rlanish stressiga yuqori darajada chidamli genotiplar sifatida tasvirlangan [11, 12, 13, 14]. Lekin ularning evolyutsion shakllanish areali turlicha bo'lganligi sababli, sho'rlanishga chidamlilik va moslashuv mexanizmlari hamda bu jarayonni nazorat qiluvchi genlar tizimi o'zaro farq qilishi ehtimoli yuqori. Bunday farqli chidamlilik determinantlariga ega yovvoyi genomlararo gibridizatsiya, ularning duragay avlodlarida genlarning komplementar ta'siri hamda transgressiv parchalanish hodisasi tufayli muayyan belgilar bo'yicha keskin alternativ fenotipik guruhlarning shakllanishiga va QTL lokuslarini samarali xaritalashga imkoniyat yaratadi. Shundan kelib chiqqan holda ushbu tadqiqotning maqsadi *G. mustelinum* va *G. darwinii* turlari asosida yaratilgan F_2 avlod populyatsiyasida erta nihol bosqichida sho'rlanish stressiga chidamlilikni bog'liq QTL larini aniqlash va ularning genetik ta'sirini baholashdir.

Material va metodlar.

O'simlik materiallari va populyatsiya yaratish.

Tadqiqot obyekti sifatida *Gossypium* L. turkumining ikki yovvoyi allotetraploid turi — *G. mustelinum* Miers. Watt (AD_4) va *G. darwinii* Watt $_{AD5}$ hamda ular ishtirokida olingan F_2 avlod (*G.mustelinum* × *G.darwinii*) kombinatsiyasidan foydalanildi. Andoza nav sifatida AN-Bayovut-2 dan foydalanildi. Tadqiqot ishlari O'zR FA Genetika va O'EBI "O'simliklar genom tadqiqotlari" laboratoriyasida olib borilgan.

Sho'rlanish stressi bo'yicha tajriba dizayni va fenotipik baholash.

Urug'larni undirish va ekish sharoiti. F_1 duragaylarini o'z-o'zidan changlantirish orqali olingan F_2 avlod hamda ota-ona shakllari urug'lari +30 °C haroratli termostatda 24 soat davomida undirib

olindi. So‘ngra urug‘lar sterillangan qum, biogumus va tuproq aralashmasidan (1:1:1 nisbatda) iborat substratga ekildi.

Stressni qo‘llash va ko‘rsatkichlarni o‘lchash. Yosh nihollarda chin barg paydo bo‘lgach, 15 kun davomida bosqichma-bosqich ortib boruvchi sho‘rlanish stressi qo‘llanildi. Stressning dastlabki bosqichida 100 mM NaCl eritmasidan foydalanilib, konsentratsiya yakuniy bosqichda 250 mM gacha yetkazildi. Stress davri yakunlangach, namunalar yig‘ib olindi va quyidagi ko‘rsatkichlar bo‘yicha fenotipik o‘lchovlar o‘tkazildi:

Niholning umumiy uzunligi (sm), poya va ildiz qismining uzunligi (sm); Niholning ho‘l (yangi) vazni (g); Niholning quruq vazni (g) (+80 ℃ haroratda quritilgandan so‘ng).

Genotiplash va molekulyar markerlar tahlili

DNK ekstraksiyasi. Tadqiqot obyektlaridan genom DNK sini ajratib olish Paterson va boshqalar (1993) tomonidan tavsiya etilgan CTAB (Setiltrimetilammoniy bromid) usuli yordamida amalga oshirildi [15].

PZR tahlili va SSR markerlar. Polimeraza zanjir reaksiyasi (PZR) tahlillari g‘o‘za genomi uchun o‘ziga xos bo‘lgan SSR markerlari yordamida T100 Thermal Cycler (Bio-Rad, Singapur) qurilmasida o‘tkazildi. Reaksiya jarayoni “Hot Start” protokoli asosida amalga oshirildi.

Elektroforez va natijalarni vizuallashtirish. PZR mahsulotlarini (amplikonlarni) ajratish Zhang va boshqalar (2002) metodikasi bo‘yicha 2,0% li agaroza gelida o‘tkazildi [16]. Amplikonlarning o‘lchami GelAnalyzer v23.1 dasturi yordamida, standart og‘irlik markeri bilan qiyoslagan holda hisoblandi.

Sho‘rlanish stressiga chidamlilik bilan bog‘langan QTL larni xaritalash.

Genetik xarita qurish. Markerlarning birikkanlik guruhlarini (LG — Linkage Groups) aniqlash JoinMap 3.0 dasturi yordamida amalga oshirildi. Birikkanlik guruhlarini shakllantirishda LOD (Logarithm of Odds) koeffitsiyenti 2,0 dan 10,0 gacha bo‘lgan diapazonda tahlil qilindi. Xaritalashda faqat rekombinatsiya chastotasi Rec < 0,40 va LOD > 2,0 bo‘lgan bog‘lanishlardan foydalanildi. Markerlar tartibini optimallashtirish uchun “ripple” algoritmi, genetik masofani (sentimorgan, cM) hisoblash uchun esa Kosambi funksiyasi qo‘llanildi.

QTL identifikatsiyasi. Sho‘rlanish stressiga chidamlilik bilan bog‘liq QTL larni aniqlash WinQTLcart 2.5 dasturi yordamida, F_2 avlodining fenotipik va genotipik ma’lumotlari integratsiyasi asosida bajarildi. QTL larni skanerlash Oddiy interval xaritalash (SIM – simple interval mapping) usulida, 1 cM qadam bilan amalga oshirildi. Statistik ishonchlilikni ta’minlash uchun 1000 takrorli permutatsiya testi o‘tkazildi ($p < 0,05$). QTL larning ishonch intervalini (Confidence Interval, CI) belgilashda LOD Drop-off (1,0 LOD) usuli qo‘llanildi.

Natijalar.

Sho‘rlanish stressi sharoitida morfobiologik belgilarning namoyon bo‘lishi va genetik o‘zgaruvchanligi. Maqsadli QTL lokuslarini identifikatsiya qilishning birlamchi sharti - xaritalash uchun foydalanilayotgan populyatsiyasida yuqori fenotipik o‘zgaruvchanlikni va segregatsiyani aniqlash hisoblanadi. Shu maqsadda, tadqiqot avvalida yovvoyi allotetraploid turlardan olingan F_2 (G.mustelinum ×G.darwinii) populyatsiyasida sho‘rlanish stressi ta’sirida 8 ta morfobiologik belgilarning rivojlanishi va o‘zgaruvchanligi ota-ona genotiplari va andoza nav (AN-Boyovut-2) bilan taqqoslanib, genetik polimorfizm ko‘lami tahlil qilindi (1, 2-jadvallar).

1-jadval

Sho‘rlanish stressi ostida morfobiologik belgilarning o‘zgaruvchanligi

Kombinatsiya nomi	Niholning umumiy uzunligi		Poya uzunligi		Ildiz uzunligi		Umumiy ho‘l vazn	
	X ± Sx	V%	X ± Sx	V%	X ± Sx	V%	X ± Sx	V%
G.mustelinum	18,3 ± 0,5	9,8	7,98 ± 0,09	3,4	10,4±0,4	13,5	0,59 ± 0,05	27,0
G.darwinii	13,9 ± 0,4	8,8	7,67 ± 0,22	9,12	6,3 ± 0,2	10,2	0,24 ± 0,01	8,3
F_2(*G.mustelinum* × *G.darwinii*)	14,9 ± 0,6	29	8,90 ± 0,36	30,3	5,9 ± 0,3	37,1	0,40 ± 0,03	52,2
AN-Boyovut-2	15,3 ± 0,6	13	6,38 ± 0,30	14,5	8,9 ± 0,5	17,9	0,48 ± 0,04	22,9

2-jadval

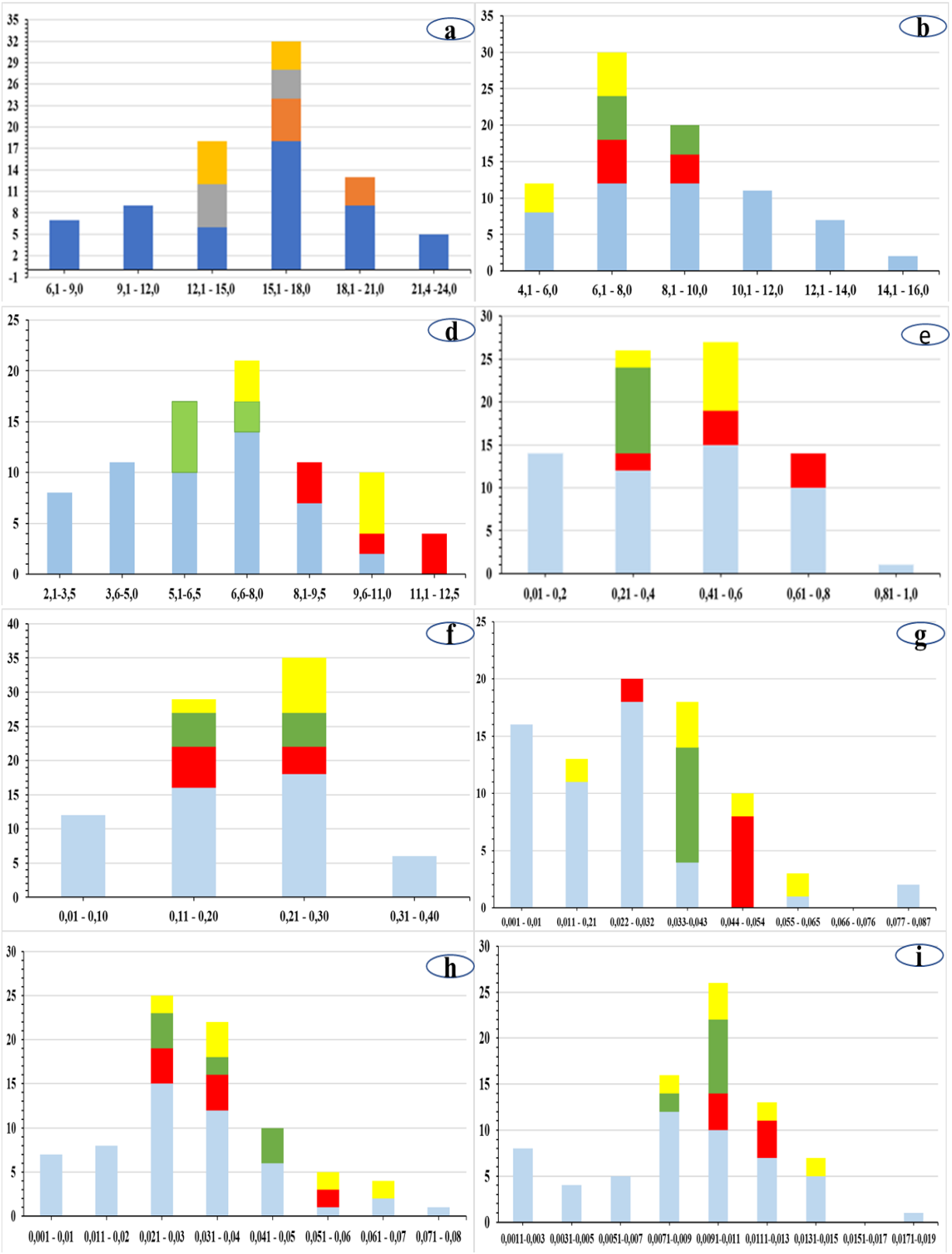
Sho'rlanish stressi ostida morfobiologik belgilarning o'zgaruvchanligi

Kombinatsiya nomi	Poyaning ho'l vazni		Ildizning ho'l vazni		Poyaning quruq		Ildizning quruq vazni	
	X ± Sx	V%	X ± Sx	V%	X ± Sx	V%	X ± Sx	V%
G.mustelinum	0,22 ± 0,01	27,3	0,043 ± 0,0032	23,2	0,038 ± 0,004	32,4	0,0128 ± 0,0006	28,9
G.darvinii	0,21±0,004	4,76	0,038± 0,001	5,26	0,036±0,0014	12,5	0,0101± 0,0003	9,9
F2*(G.mustelinum* × *G.darwinii*)	0,19 ± 0,01	47,4	0,022 ± 0,023	72,7	0,029 ± 0,002	72,7	0,0083 ± 0,0006	50,6
AN-Boyovut-2	0,23 ± 0,01	17,4	0,039 ± 0,004	35,8	0,043 ± 0,005	37,2	0,011 ± 0,0007	20,9

Tahlil natijalari barcha o'rganilgan belgilar bo'yicha duragay populyatsiyada keng diapazondagi fenotipik o'zgaruvchanlik mavjudligini ko'rsatdi. Xususan, nihol va poya uzunligi bo'yicha F_2 genotiplarining katta qismi (mos ravishda 34,28% va 46,14% individlar) ota-ona shakllariga yaqin ko'rsatkichlarni namoyon qilgan bo'lsa-da, populyatsiyaning 26,9% qismida andoza navga nisbatan yuqori transgressiv ko'rsatkichlar qayd etildi (1-"a", 1-"b" rasmlar).

Aksincha, ildiz uzunligi va umumiy ho'l vazn ko'rsatkichlarida duragaylarning o'rtacha qiymati ota-onalarga nisbatan pastroq bo'lib, mos ravishda 38,2% va 52,2% lik yuqori variatsiya koeffitsiyenti (V%) bilan xarakterlandi (1-"d", 1-"e" rasmlar). Vazn ko'rsatkichlarida segregatsion parchalanish xususiyatlari yaqqol ko'zga tashlanadi. Poyaning ho'l vazni bo'yicha individlarning qariyb 65,3% qismi ota-onalar va andoza nav oralig'ida joylashgan bo'lsa (1-"f" rasm), ildizning ho'l va quruq vazni belgilarida o'ta yuqori genetik o'zgaruvchanlik (V% = 72,7%) borligi qayd etildi (1-"g", 1-"h" rasmlar). Bu yerda eng qiziqarli va diqqatga sazovor jihat shundaki, ildizning ho'l vazni bo'yicha guruhlarni sinflarga ajratilganda muayyan oraliq qiymatli variantlarda (masalan, 0,044–0,054 g va 0,66–0,76 g guruhlarda) birorta ham individ aniqlanmadi. Ushbu holat va variatsiyaning keskin yuqoriligi, sho'rlanish stressi ta'sirida yovvoyi genomlararo parchalanish jarayonlari o'ziga xos tarzda buzilganidan yoki kuchli sho'rlanish ta'siri sababli ma'lum bir genotiplarning nobud bo'lganligidan dalolat beradi. Dispersion tahlili (ANOVA) natijalari esa, deyarli barcha o'rganilgan belgilar bo'yicha ota-ona shakllari, F_2 avlod genotiplari va andoza nav o'rtasida statistik jihatdan ishonchli farqlar aniqladi. Xususan, ildiz uzunligi va ildizning ho'l vazni ko'rsatkichlari bo'yicha o'ta yuqori darajadagi ishonchlilik ($p < 0,001$) qayd etildi. Aksincha, poyaning ho'l vazni bo'yicha guruhlararo farqlar statistik jihatdan ahamiyatli emasligi ($p > 0,05$) ma'lum bo'ldi. Guruhlararo farqlarning statistik ishonchliligini aniqlash maqsadida o'tkazilgan Tukey HSD post-hoc testi natijalari o'rganilgan morfologik belgilar bo'yicha genotiplararo sezilarli tafovutlarni tasdiqla Xususan, o'simlikning umumiy uzunligi bo'yicha onalik shakli *G.mustelinum* otalik shakli *G.darwinii* va F_2 avlod kombinatsiyasidan ishonchli darajada ($p < 0,05$) yuqori ko'rsatkich namoyon etdi. Ildiz uzunligi belgisi bo'yicha esa ushbu genotiplar o'rtasidagi farq o'ta yuqori statistik ahamiyatga ($p < 0,0001$) ega ekanligi aniqlandi.

Umumiy ho'l vazn ko'rsatkichiga ko'ra, *G.mustelinum* onalik shakli F_2 avlodidan sezilarli ($p < 0,05$), otalik shaklidan esa yuqori darajada ($p < 0,001$) farq qilishi qayd etildi. Shuningdek, onalik shakli ildizning ho'l va quruq vazni bo'yicha ham barcha o'rganilgan genotiplardan statistik jihatdan ustunlik ko'rsatdi. Umumiy tahlillar natijasiga ko'ra, *G. mustelinum* yovvoyi turi o'rganilgan aksariyat morfobiologik ko'rsatkichlar (nihol uzunligi, ildiz tizimi rivojlanishi va umumiy biomassa) bo'yicha boshqa genotiplarga nisbatan barqaror va statistik ishonchli ustunlik namoyon etdi. Garchi andoza sifatida olingan AN-Boyovut-2 navi ayrim belgilarda (xususan, ildiz uzunligi) ijobiy natijalarni qayd etgan bo'lsa-da, kompleks sho'rlanishga chidamlilik darajasi bo'yicha *G.* mustelinumdan sezilarli darajada ortda qolishi ma'lum bo'ldi. F_2 populyatsiyasida kuzatilgan yuqori fenotipik variatsiya koeffitsiyenti (o'rtacha 45,2%) ushbu xususiyatlarning poligenik tabiatga ega ekanligidan hamda o'rganilayotgan populyatsiyaning sho'rlanishga chidamlilik bilan bog'liq QTL lokuslarini identifikatsiya qilish uchun to'laqonli yaroqliligidan dalolat beradi. Tajribaning yuqori statistik kuchi (o'rtacha 89,2%) esa olingan fenotipik va genetik ma'lumotlarning ishonchliligini kafolatlaydi.



1-rasm. Niholning umumiy uzunligi (a), poya uzunligi (b), ildiz uzunligi (d), umumiy ho'l vazn (e), poyaning ho'l vazni (f), ildizning ho'l vazni (g), poyaning quruq vazni (h), ildizning quruq vazni (i) quruq vazni belgisi bo'yicha tadqiqot namunalarining sinflanishi: F_2 (G.mustelinum × G.darwinii) — havorang, G.mustelinum — qizil rang, G.darwinii — yashil rang, AN-Bayovut-2 — sariq rang.

Ota-ona genotiplari va F_2 avlod populyatsiyasida genotipik polimorfizmni baholash hamda sho'rlanish stressiga chidamlilik bilan bog'liq QTL larni identifikatsiya qilish. Tadqiqot davomida boshlang'ich ota-ona genotiplari o'rtasidagi genetik polimorfizmini baholash maqsadida NAU, BNL, CGR, CIR, DPL, Gh, HAU, JESPR va TMB kabi xalqaro miqyosda tan olingan marker kolleksiyalariga mansub 276 ta SSR markerlari yordamida PZR tahlillari amalga oshirildi. Bu

mikrosatellitlarning 23 tasi (8,33 %) boshlang'ich ota-ona genotiplar orasida hamda F_2 (G.mustelinum × G.darwinii) populyatsiyasida genetik polimorfizmni namoyon qildi. F_2 avlod duragay individlari polimorf marker lokuslari bo'yicha ota-onalik shakllari va standart og'irlik markeriga taqqoslanib vizual va GelAnalyzer 23.0 dasturi yordamida genotiplandi. Genotiplash ma'lumotlari markerlarning birikkanlik guruhlarini – LG (Linkage group) aniqlash maqsadida Join Map 3.0 dasturiga yuklandi. Dastlab, markerlarning F_2 individlardagi segregatsiyasi va ushbu segregatsiyaning Mendel qonuniyatlariga moslik darajasi tahlil qilindi. X^2 testi asosida markerlarning genotipik segregatsiyasi 1:2:1 nisbatga mosligi baholandi (6-jadvalga qarang) [17.]. Unga ko'ra, 23 ta SSR markerning 21 tasida allellarning individlarda taqsimlanishi nazariy kutilgan nisbatdan deyarli farq qilmadi. 2 ta marker lokusi bo'yicha esa segregatsiyaning buzilganligi kuzatildi (bu sho'rlanish stressi ta'sirida ba'zi urug'larning unib chiqmaganligi yoki ayrim individlarning stress ta'sirida erta nobud bo'lganligi tufayli ushbu individlarni molekulyar tadqiqotlarga jalb etish imkoniyati bo'lmaganligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin) va ushbu markerlardan birikkanlik guruhlarini aniqlash uchun foydalanilmadi.Join Map 3.0 dasturida LOD > 2 va rekombinatsiyasi chastotasi (rec) < 40 % mezonlari asosida olib borilgan tahlillar natijasida 8 ta SSR marker 4 birikkanlik guruhida joylashganligi qayd etildi: Birinchi birikkanlik guruhi LG1 da NAU7049 va TMB0119 markerlari o'zaro 23,160 cM genetik masofa bilan bog'langan bo'lsa (LOD = 2,8; rec = 0,1854), CGR5732 va NAU1269 markerlari ikkinchi birikkanlik guruhidan LG2 dan o'rin oldi (LOD = 7,31; rec = 0,1711). Ular o'rtasidagi genetik masofa 20.950 cM ni tashkil etdi. LG3 da esa TMB1922 va CGR5758 markerlari joylashgan bo'lib (LOD = 2,49, rec = 0,34), ular o'rtasidagi genetik masofada 58,933 cM. va nihoyat 4 guruh LG4 da BNL3792 va DPL0457 markerlari 52,824 cM genetik masofada joylashdi (LOD = 12,59; rec = 31,22).

Markerlarning joylashuvi https://www.cottongen.org/ ma'lumotlar bazasida keltirilgan bir qator yuqori zichlikdagi xaritalar bilan taqqoslanganda, NAU7049 va TMB0119 markerlari A01/D01 xromosomada, CGR5732 va NAU1269 markerlari A05 xromosomada, BNL3792 va DPL0457 markerlari A08 xromosomada birgalikda joylashganligi qayd etildi. LG3 dan o'rin olgan CGR5758 (D09) va TMB1922 (A06) SSR markerlari esa alohida xromosomalarda joylashganligi aniqlandi. Shuningdek, ushbu markerlarning fizik joylashuvini aniqlash uchun tegishli turlar genomida amalga oshirilgan in-silico PZR tahlillari natijasi markerlarning joylashuvini yanada aniqlashtirdi (3-jadvalga qarang).

3-jadval

SSR markerlarning in-silico PZR tahlillariga ko'ra genomdagi joylashuvi (juft asos)

SSR marker nomi	Xromosoma	SSR markerning g'o'za genomidagi fizik joylashuvi			Adabiyot
		G.mustelinum	*G.darwinii*	*G.hirsutum*	
NAU7049	A01	117 232 486 — 117 232 742	108 928 463 — 108 928 722	116 717 434 — 116 717 699	[18]
	D01	63 218 920 — 63 219 167	60 963 352 — 60 963 599	62 590 234 — 62 590 478	[19]
TMB0119	A01	10 259 568 — 10 259 816	10 345 977 — 10 346 150	10 394 418 — 10 394 605	[18]
	D01	9 222 344 — 9 222 562	8 979 204 — 8 979 416	9 291 093 — 9 291 310	-
CGR5732	A05	-	-	15 810 127 — 15 810 290	[20]
NAU1269	A05	15 436 709 — 15 436 862	15 055 142 — 15 055 283	15 810 138 — 15 810 297	[21]
TMB1922	A06	101 607 024 — 101 607 196	96 160 067 — 96 160 243	103 183 170 — 103 183 348	[22]
CGR5758	A09	-	68 594 425 — 68 549 537	-	[20]
	D09	43 207 985 — 43 208 106	42 256 126 — 42 256 247	74 035 969 — 74 036 078	-
BNL3792	A08	83 416 167 — 83 416 384	75 478 020 — 75 478 229	80 101 745 — 80 101 974	[18]
DLP0457	A08	-	-	-	[23]

Birikkanlik guruhlari aniqlangandan so'ng, sho'rlanish stressiga chidamlilik bilan bog'liq

bo‘lgan QTL larni aniqlash maqsadida WinQTLCart 2.5 dasturida simple interval mapping (SIM) usuli qo‘llanildi. Buning uchun F_2 avlod populyatsiyasida tuzli stress sharoitida o‘lchangan 8 ta (niholning umumiy uzunligi, poya uzunligi, ildiz uzunligi, poyaning ho‘l va quruq vazni, ildizning ho‘l va quruq vazni) belgi asosida tahlillar olib borildi. F_2 avlod populyatsiyasida kuzatilgan genotipik va fenotipik polimorfizm ma’lumotlari asosida amalga oshirilgan genetik xaritalash tahlili natijasida LOD qiymati 2,5 va undan baland bo‘lgan jami 7 QTL lar aniqlandi (4-jadvalga qarang).

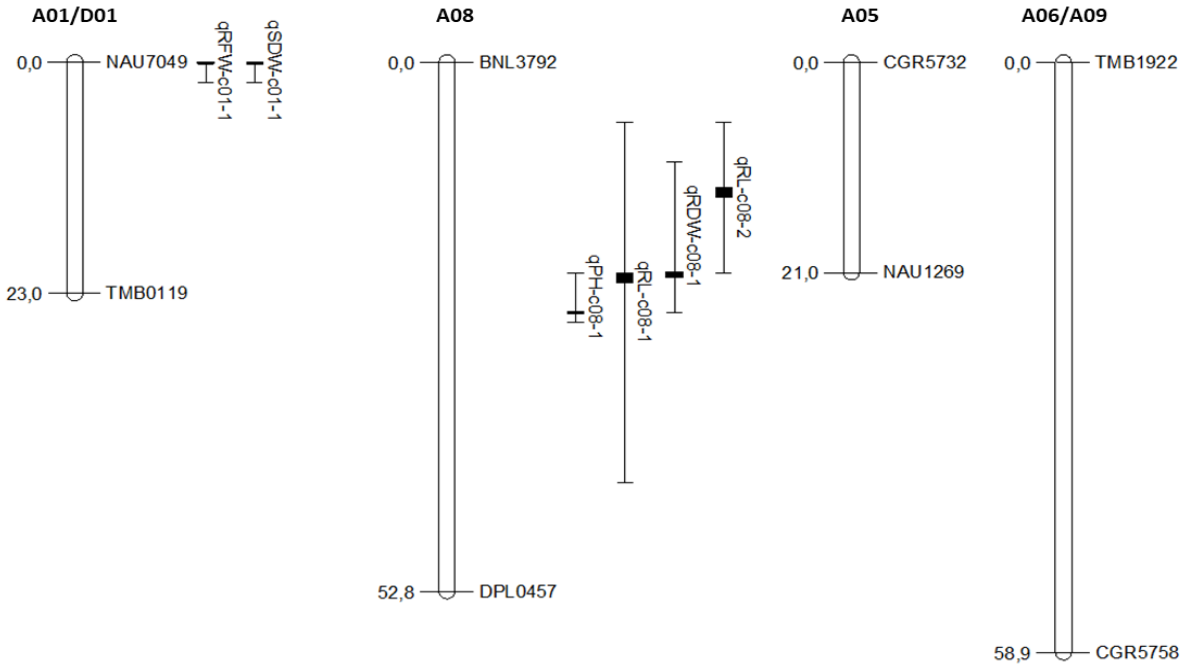
Statistik ahamiyatlilik ko‘rsatkichi (LOD) va tushuntirilgan fenotipik variatsiya ulushi (R^2) asosida eng muhim va ishonchli QTLlar ildiz uzunligi bilan bog‘liqligi aniqlandi. Xususan, qRL-c08-2 (LOD=3,9) va qRL-c08-1 (LOD=4,0) lokuslari fenotipik o‘zgaruvchanlikning mos ravishda 34% va 26% ini tashkil etdi. Bu natijalar 8-xromosoma ildiz uzunligini boshqaruvchi bir yoki bir nechta genlar uchun asosiy hudud ekanligini ko‘rsatadi.

4-jadval

Morfologik xususiyatlari bo‘yicha aniqlangan QTL lar va ularning statistik ko‘rsatkichlari

QTL nomi	Belgi	Joylashgan intervali	QTL ning eng ishonchli joylashuvi	LOD	R^2	Qo‘shimcha ta’sir (Additive effect)	Dominant ta’sir (Dominant effect)
qPH-c08-1	O‘simlikning umumiy uzunligi	21,0 — 26,0	25	2,8	0,2	-2,39	-7,8
qRL-c08-1	Ildiz uzunligi	6,0 — 42,0	21	4	0,26	0,67	-3,79
qRFW-c01-1	Ildizning ho‘l vazni	0,0 — 2,0	0	2,6	0,31	-0,82	-23,3
qSDW-c01-1	Poyaning quruq vazni	0,0 — 2,0	0	2,7	0,17	-11,3	-9,95
qSDW-LG1-1	Poyaning quruq vazni	12,0 — 41,0	23	3,3	0,2	-0,66	-7,27
qRDW-c08-1	Ildizning quruq vazni	10,0 — 25,0	21	2,5	0,19	-2,31	-7,26
qRL-c08-2	Ildiz uzunligi	6,0 -21,0	13	3,9	0,34	0,84	-1,75

Bundan tashqari, ildiz va poyaning quruq va ho‘l massasi xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatuvchi QTLlar ham aniqlandi. qRFW-c01-1 (ildizning ho‘l vazni) va qSDW-LG1-1 (poyaning quruq quruq) kabi lokuslar nafaqat sezilarli LOD qiymatlariga (2,6 va 3,3), balki kuchli dominant ta’sirga ham ega. Bu holat ushbu belgilarni boshqarishda dominantlik hodisasining keng tarqalganligini va seleksiya dasturlarida uni hisobga olish muhimligini ko‘rsatadi.



2-rasm. Sho‘rlanish stressiga chidamlilik bilan bog‘liq QTL larning xromosomalar bo‘ylab lokalizatsiyasi (F_2 *G. mustelinum* × *G. darwinii*)

QTLlarning belgilar bo‘yicha joylashuvi genetik korrelyatsiya haqida ham ma’lumot beradi. Masalan, 8-xromosomaning 21 cM atrofidagi qismida bir vaqtning o‘zida ildiz uzunligi (qRL-c08-1) va ildizning quruq og‘irligi (qRDW-c08-1) uchun QTLlar mavjud. Bu ildizning o‘sishi va biomassasi o‘rtasidagi yaqin fiziologik va genetik bog‘liqlikni aks ettiradi, ya’ni bu xususiyatlar uchun

"pleyotrop" gen(lar) mavjud bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, ildiz va poyaning quruq va ho'l massasi xususiyatlariga ta'sir ko'rsatuvchi QTLlar ham aniqlandi. qRFW-c01-1 (ildizning ho'l vazni) va qSDW-LG1-1 (poyaning quruq quruq) kabi lokuslar nafaqat sezilarli LOD qiymatlariga (2,6 va 3,3), balki kuchli dominant ta'sirga ham ega. Bu holat ushbu belgilarni boshqarishda dominantlik hodisasining keng tarqalganligini va seleksiya dasturlarida uni hisobga olish muhimligini ko'rsatadi.

QTLarning belgilar bo'yicha joylashuvi genetik korrelyatsiya haqida ham ma'lumot beradi. Masalan, 8-xromosomaning 21 cM atrofidagi qismida bir vaqtning o'zida ildiz uzunligi (qRL-c08-1) va ildizning quruq og'irligi (qRDW-c08-1) uchun QTLlar mavjud. Bu ildizning o'sishi va biomassasi o'rtasidagi yaqin fiziologik va genetik bog'liqlikni aks ettiradi, ya'ni bu xususiyatlar uchun "pleyotrop" gen(lar) mavjud bo'lishi mumkin (2-rasmga qarang).

Xulosa. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida ilk bor madaniy seleksiya ta'siridan xoli bo'lgan ikki yovvoyi allotetraploid tur — *G.mustelinum* va *G.darwinii* asosidagi F_2 xaritalash populyatsiyasida sho'rlanish stressiga chidamlilikni nazorat qiluvchi QTL hududlari aniqlandi. Duragay avlodda morfobiologik belgilar bo'yicha kuzatilgan yuqori fenotipik variatsiya (o'rtacha 45,2%) ushbu xususiyatlarning poligenik tabiatini va populyatsiyaning genetik xaritalash uchun to'laqonli yaroqliligini ko'rsatdi. Tadqiqotda xaritalash guruhining hajmi nisbatan kichik (52 ta individ) hamda polimorf SSR markerlar soni cheklangan (23 ta) bo'lsa-da, olingan QTL xaritalash natijalarining ishonchliligi va validligi yuqoridir. JoinMap 3.0 dasturi orqali bitta birikkanlik guruhiga (LG) kiritilgan markerlarning xalqaro CottonGen ma'lumotlar bazasi va *in-silico* PZR tahlillari bo'yicha haqiqatdan ham umumiy xromosomalarda (A01/D01, A05 va A08) fizik jihatdan birga joylashganligi buni to'laqonli tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Myles S, Peiffer J, Brown PJ et al (2009) Association mapping: critical considerations shift from genotyping to experimental design. Plant Cell 21:2194–2202.

2. Khan S. (2015). QTL mapping: a tool for improvement in crop plants. Res. J. Recent Sci. 2277, 2502.

3. Paterson, A. H. (2002). What has QTL mapping taught us about plant domestication?. New Phytologist, 154(3), 591-608

4. Kushanov, F. N., Turaev, O. S., Ernazarova, D. K., Gapparov, B. M., Oripova, B. B., Kudratova, M. K., Rafieva, F. U., Khalikov, K. K., Erjigitov, D. S., Khidirov, M. T., Kholova, M. D., Khusenov, N. N., Amanboyeva, R. S., Saha, S., Yu, J. Z., Abdurakhmonov, I. Y. Genetic diversity, QTL mapping, and marker-assisted selection technology in cotton (Gossypium spp.) //Frontiers in Plant Science. – 2021. – 12. – P. 779386

5. Abdelraheem, A., Fang, D. D., Zhang, J. Quantitative trait locus mapping of drought and salt tolerance in an introgressed recombinant inbred line population of Upland cotton under the greenhouse and field conditions //Euphytica. – 2018. – 214. – P. 1–20

6. Oluoch, G., Zheng, J., Wang, X., Khan, M. K. R., Zhou, Z., Cai, X., Wang, K. QTL mapping for salt tolerance at seedling stage in the interspecific cross of Gossypium tomentosum with Gossypium hirsutum //Euphytica. – 2016. – 209. – P. 223–235.

7. Guo, A., Su, Y., Nie, H., Li, B., Ma, X., Hua, J. Identification of candidate genes involved in salt stress response at germination and seedling stages by QTL mapping in upland cotton //G3: Genes, Genomes, Genetics. – 2022. – 12(6). – P. jkac099

8. Guo, A., Su, Y., Huang, Y., Wang, Y., Nie, H., Zhao, N., Hua, J. QTL controlling fiber quality traits under salt stress in upland cotton (Gossypium hirsutum L.) //Theoretical and Applied Genetics. – 2021. – 134. – P. 661–685.

9. Diouf, L., Pan, Z., He, S. P., Gong, W. F., Jia, Y. H., Magwanga, R. O., Du, X. High-density linkage map construction and mapping of salt-tolerant QTLs at seedling stage in upland cotton using genotyping by sequencing (GBS) //International Journal of Molecular Sciences. – 2017. – 18. – P. 2622.

10. Abdelraheem, A., Thyssen, G. N., Fang, D. D., Jenkins, J. N., McCarty, J. C., Wedegaertner, T., Zhang, J. GWAS reveals consistent QTL for drought and salt tolerance in a MAGIC population of 550 lines derived from intermating of 11 upland cotton (Gossypium hirsutum) parents //Molecular Genetics and Genomics. – 2021. – 296. – P. 119–129.

11. Yang, Y., You, C., Wang, N., et al. Gossypium mustelinum genome and an introgression population enrich interspecific genetics and breeding in cotton //Theoretical and Applied Genetics. – 2023. – 136. – P. 130.

12. Dong, Y., Hu, G., Grover, C. E., Miller, E. R., Zhu, S., Wendel, J. F. Parental legacy versus regulatory innovation in salt stress responsiveness of allopolyploid cotton (Gossypium) species //The Plant Journal. – 2022. – 111(3). – P. 872–887.

13. Liu, F., Zhou, Z. L., Wang, C. Y., Wang, Y. H., Cai, X. Y., Wang, X. X., et al. Collinearity analysis of allotetraploid *Gossypium tomentosum* and *Gossypium darwinii* //Genetics and Molecular Research. – 2015. – 15(3). – gmr.15038417.

14. Shehzad, M., Ditta, A., Cai, X., Ur Rahman, S., Xu, Y., Wang, K., Zhou, Z., Fang, L. Identification of salt stress-tolerant candidate genes in the BC2F2 population at the seedling stages of G. hirsutum and G. darwinii using NGS-

based bulked segregant analysis //Frontiers in Plant Science. – 2023. – 14. – P. 1125805.

15. Paterson, A. H., Brubaker, C., Wendel, J. F. A rapid method for extraction of cotton (Gossypium spp.) genomic DNA suitable for RFLP or PCR analysis //Plant Molecular Biology Reporter. – 1993. – 11. – P. 122–127.

16. Zhang, J., Guo, W. Z., Zhang, T. Z. Molecular linkage map of allotetraploid cotton (Gossypium hirsutum L. × Gossypium barbadense L.) with a haploid population //Theoretical and Applied Genetics. – 2002. – 105. – P. 1166–1174.

17. Stam P. Construction of integrated genetic linkage maps by means of a new computer package: Join Map //The plant journal. – 1993. – T. 3. – №. 5. – P. 739-744.

18. Du, L., Cai, C., Wu, S., Zhang, F., Hou, S., & Guo, W. (2016). Evaluation and exploration of favorable QTL alleles for salt stress related traits in cotton cultivars (G. hirsutum L.). PLoS One, 11(3), e0151076.

19. Zhao L. et al. Toward allotetraploid cotton genome assembly: integration of a high-density molecular genetic linkage map with DNA sequence information //BMC genomics. – 2012. – T. 13. – №. 1. – C. 539.

20. Xiao J. et al. New SSR markers for use in cotton (Gossypium spp.) improvement // The Journal of Cotton Science. – 2009. 13: C. 75–157.

21. Kuang Z. et al. Use of SSR markers for the exploration of genetic diversity and DNA finger-printing in early-maturing upland cotton (Gossypium hirsutum L.) for future breeding program //Agronomy. – 2022. – T. 12. – №. 7. – C. 1513.

22. Zhang W. QTL Mapping of Yield and Earliness-related Traits in Sea-island Cotton //Journal of Plant Genetic Resources. – 2012. – T. 13. – №. 4. – C. 614-621.

23. Abdelraheem, A., Fang, D. D., Zhang, J. Quantitative trait locus mapping of drought and salt tolerance in an introgressed recombinant inbred line population of Upland cotton under the greenhouse and field conditions //Euphytica. – 2018. – 214. – P. 1–20.

UO'K:597.553.2:574.2

IQLIM O'ZGARISHINING ZARAFSHON DARYOSI HAVZASI BIOTOPLARIGA TA'SIRI

Z.S. Turayeva, mustaqil izlanuvchi, Samarqand davlat veterinariya meditsinasi, chorvachilik va biotexnologiyalar universiteti, Samarqand

Annotatsiya. *Ushbu maqolada ilk marotaba Zarafshon daryosining biotoplarini rivojlanishiga iqlim o'zgarishlarining ta'siri o'rganildi. Tadqiqotlarimiz davomida olingan ilmiy natijalarga asoslanib Zarafshon daryosi sharoitida iqlim omillarining o'zgarishi natijasida biotoplarning xususiyatlari to'g'risida ilmiy ma'lumotlar keltirilgan.*

Kalit so'zlar. *Biotop, Zarafshon daryosi, iqlim omili, zog'ora baliq, morfometrik ko'rsatkichlar.*

Аннотация. *В этой статье впервые было изучено влияние климатических изменений на развитие биотопов реки Зарафшан. На основе научных результатов, полученных в ходе наших исследований, приведены научные данные о свойствах биотопов в результате изменения климатических факторов в условиях реки Зарафшан.*

Ключевые слова. *Биотоп, река Зарафшан, климатический фактор, рыба зебра, морфометрические показатели.*

Abstract. *For the first time in this article, the impact of climate change on the development of the biotopes of the Zarafshan River was studied. Based on the scientific results obtained during our studies, scientific data on the characteristics of biotopes as a result of changes in Climatic Factors in the conditions of the Zarafshan River are presented.*

Key words: *Biotope, Zarafshan River, climate factor, algae, morphometric indicators.*

Kirish. So'nggi yillarda aholi soni o'sishi bilan oqsilli mahsulotlarga bo'lgan talab ham oshib bormoqda. Baliq esa iqtisodiy jihatdan samarali, parhezbop va aholi salomatligi uchun foydali ozuqa manbaidir. Baliqchilik oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash, qishloq aholisi daromadlarini oshirish va suv resurslaridan samarali foydalanishda muhim yo'nalish hisoblanadi. Dunyoda akvakultura jadal rivojlanmoqda. Ilk bor yetishtirilgan baliq hajmi tabiiy suv havzalarida ovlangan baliq miqdoridan oshib ketdi [4].

Zarafshon daryosining o'rta oqimi iqlim o'zgarishlari va antropogen omillar ta'siri sezilarli darajada kesishgan hudud sanaladi. Ko'p yillik meteorologik kuzatuv ma'lumotlariga ko'ra, o'rta oqimdagi o'rtacha yillik havo harorati 2016-yildagi 11,4°C dan 2026-yilga kelib 13,6°C gacha ko'tarilgan. Shuningdek, hudud bo'ylab yillik yog'in taqsimotining keskin notekisligi (Samarqandda

~382 mm, Navoiyda ~177 mm) va uning atigi 2-4 foizi yoz oyiga to‘g‘ri kelishi sug‘oriladigan mavsumda daryo rejimining o‘ta taqchillashishiga olib kelmoqda [1].

Ushbu ekologik o‘zgarishlar daryo va unga tutash suv omborlari (Kattaqo‘rg‘on, Oqdaryo) suv biotoplariga, xususan, mahalliy ixtiofaunaning dominant turi sanalgan **zog‘ora baliq (*Cyprinus carpio*)** populyatsiyasiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Suv sathining mavsumiy keskin pasayishi, suvda erigan kislorod miqdorining kamayishi hamda sayoz suvlardagi haroratning normadan oshib ketishi zog‘ora baliqning tabiiy uvuldiriq tashlash (ko‘payish) maydonlarini qisqartirib yubormoqda. Natijada, so‘nggi yillarda ushbu turning tabiiy ko‘payish samaradorligi pasayib, o‘rta oqimdagi populyatsiya zichligi va yosh tarkibida salbiy strukturaviy o‘zgarishlar kuzatilmoqda.

Materiallar va usullar. Tadqiqotlar Zarafshon daryosining o‘rta oqimi (Samarqand va Navoiy viloyatlari hududi) bo‘ylab joylashgan daryo va undan chiquvchi kanallar va ariqlar suv biotoplarida hamda daryo bo‘yi to‘qayzorlarida olib borildi. Tadqiqotning asosiy biologik obyekti sifatida suv biotopning dominant turlaridan biri bo‘lmish zog‘ora baliq (Cyprinus carpio L., 1758) populyatsiyasi va uning yashash muhitini tashkil etuvchi biotoplar tanlab olindi. Iqlim o‘zgarishi ko‘rsatkichlarini tahlil qilish uchun Samarqand viloyati, Ekologiya, atrof muhit muhofazasi va iqlim o‘zgarishi foydalanildi. Tahlilda quyidagi parametrlardan foydalanildi: O‘rtacha yillik va mavsumiy havo harorati (^{0}C); Suvdagi kislorod miqdori; Minerallanish darajasi va boshqa ekologik omillar, to‘plangan barcha iqlimiy, gidrologik va biologik ma’lumotlar Microsoft Excel va SPSS (v. 26.0) dasturlari yordamida statistik qayta ishlandi. Iqlim omillari hamda zog‘ora baliq populyatsiyasining ko‘rsatkichlari (biomassa va uchraydi ko‘rsatkichi) o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik Pirson korrelyatsiya koeffitsiyenti va chiziqli regressiya modellashtirish usullari orqali baholandi.

Iqlim o‘zgarishi Zarafshon daryosi biotoplariga (ekotizimlariga) kuchli ta’sir ko‘rsatib, to‘qay o‘rmonlarining qisqarishiga, suv rejimining o‘zgarishiga va noyob biologik xilma-xillikning kamayishiga olib kelmoqda. Asosiy ta’sirlar quyidagilardan iborat: Suv oqimining buzilishi: Haroratning ko‘tarilishi muzliklarning tez erishiga olib keladi. Natijada yozda suv ko‘payib, qurg‘oqchilik davrida oqim keskin kamayadi. To‘qayzorlarning yo‘qolishi: Suv tanqisligi va yer osti suvlari sathining pasayishi noyob to‘qay ekotizimlarini quritib, hayvon va o‘simliklarning yashash joylarini qisqartiradi [2].

Bioxilma-xillikning kamayishi: Suv harorati va minerallashuv darajasining oshishi baliqlar va boshqa suv organizmlari uchun noqulay sharoit yaratadi. Tuproq sho‘rlanishi: Bug‘lanishning kuchayishi voha tuproqlarining sho‘rlanishini tezlashtiradi, bu esa flora va faunaga salbiy ta’sir qiladi [8].

So‘nggi yillarda yoz oylarida (iyun-avgust) havo haroratining yuqori bo‘lishi daryoning sayoz qismlari hamda Oqdaryo va Kattaqo‘rg‘on suv omborlarining qirg‘oqbo‘yi zonalarida suv haroratini normadan ortiq darajagacha oshirib yubormoqda. Agar bahoriy uvuldiriq tashlash davrida suv harorati maqbul darajada saqlansa, yozning issiq kunlarida sayoz suv havzalarida harorat keskin ko‘tarilib ketmoqda. Suv haroratining ko‘tarilishi daryo va suv omborlarida erigan kislorod miqdorining to‘g‘ridan-to‘g‘ri kamayishiga olib kelmoqda. Yoz oylarida suv harorati va organik moddalarning parchalanishi ortishi natijasida erigan kislorod miqdori gidrobiologik normadan ancha past darajaga tushib ketishi kuzatildi. Daryoning o‘rta oqimiga kollektor-drenaj suvlarining tashlanishi va sug‘orish hisobiga daryo suvining kamayishi natijasida minerallanish darajasi (suvdagi tuzlar miqdori) sezilarli darajada ortgan. Zog‘ora baliq gidrobiont sifatida muhit omillariga nisbatan ma’lum darajada moslashuvchan bo‘lsa-da, abiotik omillar ko‘rsatkichlarning keskin cheklanishi uning hayot faoliyatida qator salbiy oqibatlarni keltirib chiqarmoqda.

Zog‘ora baliqlarning tabiiy ko‘payishi uchun suv haroratining muayyan oraliqda bo‘lishi jiddiy masaladir. Bahor mavsumida havo haroratining erta va keskin ko‘tarilishi yoki keskin sovib ketishi uvuldiriq tashlash muddatlarini surib yubormoqda. Sayoz suv zonalari haroratining o‘ta isib ketishi natijasida tashlangan uvuldiriqlarning ko‘p qismi nobud bo‘ladi, yetilib chiqqan kichik va nimjon lichinkalarning yashovchanligi esa keskin pasayadi [5].

Kislorod darajasining pasayishi, ayniqsa, tunda va yozgi dim kunlarda zog‘ora baliqlar uchun gipoksiya (kislorod tanqisligi) holatini yuzaga keltirmoqda. Kislorod yetishmovchiligi sharoitida baliqlarning oziqlanish faolligi susayadi, o‘sish ko‘rsatkichlari sekinlashadi va ularning kasalliklarga

bo‘lgan qarshiligi (immuniteti) tushib ketadi. Suvdagi mineral tuzlar miqdorining ortishi zog‘ora baliqlar organizmidagi osmoregulyatsiya (suv-tuz almashinuvi) jarayonini qiyinlashtiradi. Minerallanish darajasi yuqori bo‘lgan quyi va o‘rta oqim hududlarida tutilgan zog‘ora baliqlarning o‘rtacha tana vazni hamda umumiy biomassa ko‘rsatkichlari minerallanish me’yorida bo‘lgan yuqori oqim nuqtalariga nisbatan pastroq ekanligi aniqlandi.

1-jadval.

Iqlim o‘zgarishining zarafshon daryosi havzasi biotoplariga ta’siri

Abiotik omil	Maqbul (optimal) daraja	Cheklovchi (kritik) daraja	Zarafshon daryosi o‘rta oqimidagi holat	Zog‘ora baliq populyatsiyasiga ta’siri
Suv harorati	18-25 daraja (o‘sish va ko‘payish uchun)	10 darajadan past yoki 30 darajadan yuqori	Yoz oylarida sayoz joylarda 28-32 darajagacha ko‘tariladi	Uvuldiriq va lichinkalarning nobud bo‘lishi ortadi, ko‘payish mavsumi suriladi.
Kislorod miqdori	Litriga 6-9 milligramm	Litriga 3 milligrammdan past (gipoksiya)	Yozgi dim kunlarda litriga 2.5-4.0 milligrammgacha tushadi	Oziqlanish faolligi susayadi, o‘sish sekinlashadi, immunitet pasayadi.
Suvning minerallanishi	Litriga 0.5-1.0 gramm (chuchuk suv)	Litriga 2.5-3.0 grammdan yuqori	Navoiy yo‘nalishida litriga 1.5-2.2 grammga yetadi	Suv-tuz almashinuvi buziladi, tana vazni va biomassa kamayadi.
Suv muhiti (pH)	7.0-8.2 (kuchsiz ishqoriy)	6.0 dan past yoki 9.0 dan yuqori	7.5-8.5 oralig‘ida o‘zgaradi	Normal diapazonda, lekin ishqoriylik ortishi shilliq qavatlarga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.
Suv sathining o‘zgarishi	Barqaror (bahor-yoz oylarida)	Kuniga 0.5 metrdan ortiq keskin pasayish	Suv omborlarida va daryoda mavsumiy keskin pasayadi	Qamishzor va to‘qaylardagi uvuldiriq tashlash maydonlari qurib qoladi.

Iqlim o‘zgarishi va ekologik omillarning o‘zgarishi daryo bo‘yi to‘qayzorlari hamda suv-botqoq o‘simliklari (qamishzorlar, rogoz) maydonining qisqarishiga olib kelmoqda. Bu o‘simliklar zog‘ora baliqlar uchun asosiy uvuldiriq tashlash va yosh baliqchalarning yirtqichlardan yashirinish muhiti (substrat) hisoblanadi. Natijada, Zarafshon daryosi o‘rta oqimida zog‘ora baliqlarning yosh guruhlari ulushi kamayib, populyatsiyaning qarish jarayoni kuzatilmoqda. Bu esa kelajakda daryo ihtiofaunasida ushbu tur zaxiralarining yanada qisqarib ketish xavfini tug‘diradi.

Zarafshon daryosining o‘rta oqimi bo‘ylab olib borilgan tadqiqotlar iqlim o‘zgarishi va antropogen omillarning hudud suv biotoplari ixtiofauna holatiga salbiy ta’sir ko‘rsatayotganini tasdiqladi. So‘nggi yillarda havo haroratining ko‘tarilishi, yillik yog‘inlar taqsimotining buzilishi va daryo suvi sarfining keskin kamayishi natijasida suv haroratining ortishi, erigan kislorod miqdorining pasayishi va minerallanish darajasining yuqorilashi kabi abiotik o‘zgarishlar chuchuk suv ekotizimlarining degradatsiyasiga olib kelmoqda.

Ushbu abiotik ko‘rsatkichlarning o‘zgarishi daryo va suv omborlaridagi dominant tur — zog‘ora baliq (*Cyprinus carpio*) populyatsiyasi uchun cheklovchi omilga aylanmoqda. Yozgi mavsumda suv haroratining normadan oshishi va kislorod tanqisligi baliqlarning o‘sish va oziqlanish faolligini susaytirsa, minerallanishning ortishi ularning suv-tuz almashinuvini murakkablashtirib, biomassa ko‘rsatkichlarining qisqarishiga sabab bo‘lmoqda. Shuningdek, suv sathining mavsumiy tebranishi va to‘qay-qamishzor biotoplarining qisqarishi zog‘ora baliqning tabiiy uvuldiriq tashlash maydonlarini toraytirib, populyatsiyada yosh guruhlar ulushining kamayishiga va qarish jarayoniga olib kelmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Абдиева М.Ш., Нишонов Б.Э. Зарафшон дарёси суви минерализациясининг антропоген таъсир остида ўзгариши / Георафия, тупроқшунослик ва экологиянинг долзарб муаммолари илмий-амалий анжуман материаллари. – Самарқанд, 2018. – Б. 180-182.
2. Абдусаматов А.А. Ўзбекистон ички сув ҳавзалари ихтиофаунаси. – Тошкент: Фан, 2016. – 214 б.
3. Axmedov Q.X. Baliqchilik asoslari va akvakultura. – Toshkent: O‘qituvchi, 2018. – 240 b.
4. Alimuhamedov S.B. Oqdaryo havzasida suv sifati monitoringi. – Samarqand, 2019. – 156 b.
5. Allayarov M.A. Cyprinus carpio biologiyasi va ekologiyasi. – Toshkent, 2020. – 198 b.

6. Бабушкин Е.С. Гидробиологические исследования в заповеднике «Юганский». Краткая история и перспективы развития / Мат. науч.-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития ООПТ Урала», Екатеринбург. –2011. – С. 16-18.

7. Бабушкин Е.С. Динамика макрозообентоса в реках заповедника «Юганский» // Мат. II Всерос. конф. молодых ученых «Наука и инновации XXI века», Сургут. – 2014. – С. 34–35.

8. Бабушкин Е.С. К изучению динамики макрозообентоса рек бассейна реки Большой Юган (Среднее Приобье) / Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. – 2015. – Т. 6. – № 2 (12). – С. 44-54

UO'T:631.461.3

BUXORO VILOYATI SUG'ORILADIGAN SUR TUSLI QO'NG'IR-O'TLOQI TUPROQLAR TARKIBIDAGI AKTINOMITSETLAR FAOLLIGIGA SHO'RLANISH TIPI, DARAJASI HAMDA MAVSUMIY DINAMIKANING TA'SIRI

O.R. Umarov, prof., Buxoro davlat universiteti, Buxoro
Z.X. Bafayeva, dots., Buxoro davlat universiteti, Buxoro
M.A. Ochilova, tayanch doktorant (PhD), Buxoro davlat universiteti, Buxoro

Annotatsiya. *Maqolada Buxoro viloyati sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproqlarida aktinomitsetlar sonining sho'rlanish darajasi, tuproq qatlami va mavsumiy sharoitlarga bog'liq o'zgarishi o'rganilgan. Natijalarga ko'ra, aktinomitsetlarning eng yuqori miqdori tuproqning 0-25 sm qatlamida va yoz mavsumida qayd etilgan.*

Kalit so'zlar. *sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproq, aktinomitsetlar, sho'rlanish darajasi, tuproq qatlami, mavsumiy dinamika, mikrobiologik faollik, KHB.*

Аннотация. *В статье изучено изменение численности актиномицетов в орошаемых серо-бурых луговых почвах Бухарской области в зависимости от степени засоления, глубины почвенного слоя и сезонных условий. Наибольшая численность актиномицетов отмечалась в слое 0-25 см в летний период.*

Ключевые слова. *серо-бурые луговые почвы, актиномицеты, степень засоления, почвенный слой, сезонная динамика, микробиологическая активность, КОЕ.*

Abstract. *The study investigated changes in actinomycete abundance in irrigated gray-brown meadow soils of the Bukhara Region depending on salinity level, soil depth, and seasonal conditions. The highest abundance of actinomycetes was recorded in the 0–25 cm soil layer during summer.*

Keywords. *gray-brown meadow soil, actinomycetes, salinity level, soil depth, seasonal dynamics, microbial activity, CFU.*

Kirish. Tuproq mikroorganizmlari uning biologik faolligi, organik moddalarning parchalanishi, oziqa elementlarining aylanishi va umumiy unumdorlikning shakllanishida muhim o'rin tutadi. Tuproq mikrobiotasining asosiy guruhlaridan biri bo'lgan aktinomitsetlar organik qoldiqlarni mineralizatsiyalash, murakkab uglerodli birikmalarni parchalash, gumus hosil bo'lish jarayonlarida ishtirok etish hamda biologik faol metabolitlarni sintez qilish xususiyatiga ega. Shu sababli aktinomitsetlar soni va ularning mavsumiy dinamikasi tuproqning biologik holatini baholovchi muhim mikrobiologik ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi[1,2].

Sug'oriladigan tuproqlarda mikroorganizmlar faoliyati ko'plab ekologik omillar, jumladan tuproq namligi, harorati, aeratsiyasi, organik modda miqdori, muhit reaksiyasi va sho'rlanish darajasiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Ayniqsa, qurg'oqchil hududlarda sho'rlanish mikrobiologik jarayonlarning kechishiga kuchli ta'sir ko'rsatadigan asosiy cheklovchi omillardan biridir. Tuproq eritmasida tuzlar konsentratsiyasining ortishi osmotik bosimni kuchaytirib, mikroorganizmlar hujayralarida suv almashinuvini buzishi, fermentativ jarayonlarni susaytirishi hamda ayrim mikrobiologik guruhlarning soni va faolligini kamaytirishi mumkin[3,4].

Sug'oriladigan sur tusli qo'ng'ir-o'tloqi tuproqlar qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida muhim ahamiyatga ega. Mazkur tuproqlar arid iqlim, yuqori bug'lanish, mineralizatsiyalangan grunt suvlari va sug'orish rejimining ta'siri natijasida turli darajada sho'rlanishga moyil. Sho'rlanishning kuchayishi tuproqning nafaqat fizik-kimyoviy xususiyatlarini, balki uning mikrobiologik faoliyatini ham o'zgartiradi. Bu holat aktinomitsetlarning rivojlanishi, tarqalishi va mavsumiy dinamikasida ham yaqqol namoyon bo'lishi mumkin[5,6].

Sho‘rlanishning tipi ham mikroorganizmlar hayot faoliyatiga turlicha ta’sir etadi. Xloridli, sulfatli yoki aralash tuzlarning ustunligi tuproq eritmasining ion tarkibini o‘zgartirib, aktinomitsetlarning fiziologik moslashuvi va metabolik jarayonlariga turlicha ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu bilan birga, yil fasllari davomida harorat, namlik va oziqa moddalari rejimining o‘zgarishi aktinomitsetlar soni va faolligining mavsumiy dinamikasini shakllantiradi. Shu sababli sho‘rlanish tipi, darajasi va mavsumiy sharoitlarni birgalikda baholash ushbu mikroorganizmlar ekologiyasini chuqurroq tushunish imkonini beradi[7,8].

Aktinomitsetlarning mavsumiy o‘zgarishini o‘rganish tuproqdagi organik moddalarning parchalanish tezligi, gumifikatsiya jarayoni va oziqa elementlarining biogeokimyoviy aylanishi haqida muhim ma’lumot beradi. Ayniqsa, sho‘rlanish darajasi ortgan sharoitda ularning soni yoki faolligining pasayishi tuproq biologik unumdorligining susayganligini ko‘rsatishi mumkin. Aksincha, ayrim sho‘rlanish sharoitlariga moslashgan aktinomitsetlar guruhlarining saqlanib qolishi tuproq mikrobiotasining ekologik barqarorligini aks ettiradi[9,10].

Shu nuqtai nazardan, Buxoro viloyati sug‘oriladigan sur tusli qo‘ng‘ir-o‘tloqi tuproqlarida sho‘rlanish tipi va darajasining aktinomitsetlar soni, faolligi hamda mavsumiy dinamikasiga ta’sirini o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi. Bunday tadqiqotlar sho‘rlangan tuproqlarning mikrobiologik holatini baholash, biologik faollikning pasayish sabablarini aniqlash hamda tuproq unumdorligini saqlashga qaratilgan agrotexnik va meliorativ tadbirlarni ilmiy asoslash uchun muhim ahamiyatga ega.

Materiallar va metodlar. Tadqiqotlar Buxoro viloyati Qorovulbozor tumani Yangi Hayot massivi hududida tarqalgan sug‘oriladigan sur tusli qo‘ng‘ir-o‘tloqi tuproqlar sharoitida olib borildi. Tadqiqot obyekti sifatida sho‘rlanish tipi va darajasi turlicha bo‘lgan sug‘oriladigan tuproqlar tanlab olinib, ularda aktinomitsetlar soni va mavsumiy dinamikasining o‘zgarishi o‘rganildi.

Dala tadqiqotlari davomida tuproq kesmalari qo‘yilib, belgilangan genetik qatlamlar va chuqurliklardan mikrobiologik tahlillar uchun tuproq namunalari olindi. Namunalar bahor, yoz va kuz mavsumlarida olinib, mavsumiy dinamika bo‘yicha qiyosiy tahlil qilindi. Namuna olishda tuproqning tabiiy holatini imkon qadar saqlashga, mikrobiologik ifloslanishning oldini olishga va laboratoriyaga yetkazish jarayonida aseptik talablarga rioya qilishga alohida e’tibor qaratildi.

Aktinomitsetlar sonini aniqlash uchun tuproq namunalaridan mikrobiologik suspenziyalar tayyorlandi. Buning uchun har bir tuproq namunasidan 10 g tortib olinib, 90 ml steril distillangan suv solingan steril idishga joylashtirildi va 5 daqiqa davomida yaxshilab chayqatildi. Natijada birlamchi tuproq suspenziyasi tayyorlandi. Hosil bo‘lgan birlamchi suspenziyadan steril pipetka yordamida 10 ml olinib, 90 ml steril distillangan suv solingan navbatdagi idishga o‘tkazildi va shu tartibda ketma-ket o‘n karra suyultirishlar tayyorlandi. Aktinomitsetlar sonini aniqlash oltinchi suyultirish, ya’ni 10^{-6} darajadagi tuproq suspenziyasidan foydalanilgan holda amalga oshirildi.

Natijalar va ularning tahlili. Tadqiqot natijasi shuni ko‘rsatadiki, sug‘oriladigan sur tusli qo‘ng‘ir o‘tloqi tuproqlarda aktinomitsetlar sonining sho‘rlanish darajasi, tuproq qatlami va mavsumiy sharoitlarga bog‘liq o‘zgarishi aniq qonuniyat asosida namoyon bo‘ldi. Olingan natijalarga ko‘ra, aktinomitsetlarning eng yuqori miqdori tuproqning 0–25 sm qatlamida qayd etilib, profil chuqurlashgani sari ularning soni izchil kamaygan. Shu bilan birga, sho‘rlanish darajasining ortishi ushbu mikroorganizmlar soniga sezilarli salbiy ta’sir ko‘rsatgan.

Sho‘rlanmagan tuproqlarning 0–25 sm qatlamida aktinomitsetlar soni bahorda 5,8, yozda 6,6 va kuzda 5,1 mln KHB/g tuproqni tashkil etgan. 25–50 sm qatlamda ushbu ko‘rsatkichlar mos ravishda 4,1; 5,0 va 4,0 ni, 50–80 sm qatlamda esa 2,0; 2,8 va 1,6 ni tashkil etgan. Bu holat tuproq profili chuqurlashgani sari mikrobiologik faollikning pasayishini ko‘rsatadi.

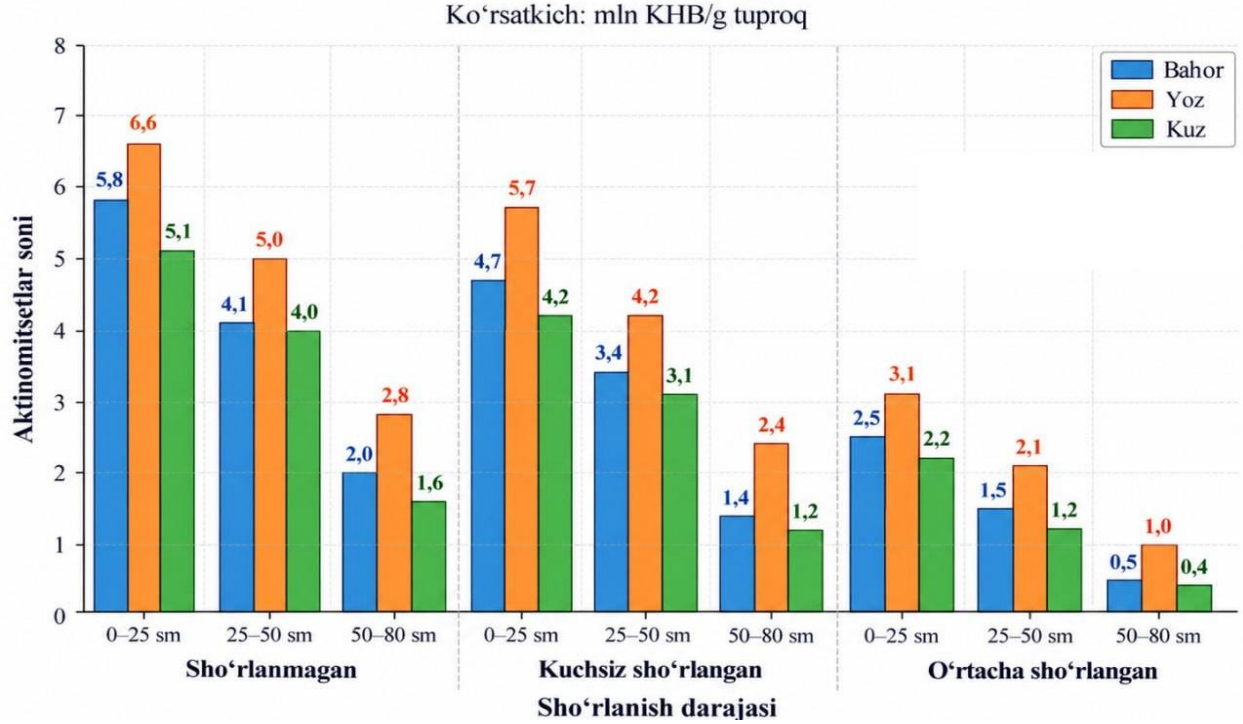
Kuchsiz sho‘rlangan tuproqlarda ham xuddi shunday qonuniyat kuzatilgan. 0–25 sm qatlamda aktinomitsetlar soni bahorda 4,7, yozda 5,7 va kuzda 4,2 bo‘lgan. 25–50 sm qatlamda qiymatlar 3,1–4,2 oralig‘ida, 50–80 sm qatlamda esa 1,2–2,4 oralig‘ida qayd etilgan. Bu natijalar hatto kuchsiz sho‘rlanish sharoitida ham mikrobiologik jarayonlarning ma’lum darajada susayishini ko‘rsatadi.

O‘rtacha sho‘rlangan tuproqlarda aktinomitsetlar soni yanada keskin kamaygan. 0–25 sm qatlamda bahorda 2,5, yozda 3,1 va kuzda 2,2 qiymatlar aniqlangan. 25–50 sm qatlamda ushbu ko‘rsatkichlar 1,5; 2,1 va 1,2, 50–80 sm qatlamda esa 0,5; 1,0 va 0,4 ni tashkil etgan. Bu holat

sho‘rlanish kuchayishi bilan tuproq eritmasining osmotik bosimi ortishi, mikroorganizmlar uchun fiziologik noqulay muhit yuzaga kelishi va organik substratlardan foydalanish imkoniyatining cheklanishi bilan izohlanadi(1-rasm).

Mavsumiy dinamikada barcha variantlarda eng yuqori ko‘rsatkichlar yoz faslida qayd etilgan. Masalan, sho‘rlanmagan tuproqning 0–25 sm qatlamida yozgi qiymat bahorgiga nisbatan 13,8%, kuzgiga nisbatan esa 29,4% yuqori bo‘lgan. Kuchsiz sho‘rlangan tuproqda ushbu farq mos ravishda 21,3 va 35,7% ni, o‘rtacha sho‘rlangan tuproqda esa 24,0 va 40,9% ni tashkil etgan.

Sho‘rlanish ta’siri ayniqsa 0–25 sm qatlamda yaqqol namoyon bo‘lgan. Yoz faslida sho‘rlanmagan tuproqda ko‘rsatkich 6,6 bo‘lgan bo‘lsa, kuchsiz sho‘rlangan sharoitda 5,7 gacha, o‘rtacha sho‘rlangan tuproqda esa 3,1 gacha kamaygan. Shunday qilib, o‘rtacha sho‘rlangan tuproqda sho‘rlanmagan variantga nisbatan aktinomitsetlar soni qariyb 53% ga kamaygan.



1-rasm. Sug‘oriladigan sur tusli qo‘ng‘ir tuproqlarda sho‘rlanish darajasi, tuproq qatlami va yil fasllariga ko‘ra aktinomitsetlar sonining o‘zgarishi.

Tuproq profili bo‘ylab aktinomitsetlar sonining kamayishi yuqori qatlamlarda organik modda, o‘simlik ildizlari qoldiqlari, namlik va aeratsiya sharoitlarining nisbatan qulay bo‘lishi bilan bog‘liq. Chuqur qatlamlarda esa oziqa substratlarining kamayishi va sho‘rlanish ta’sirining kuchayishi biologik faollikni cheklaydi.

Shunday qilib, sug‘oriladigan sur tusli qo‘ng‘ir tuproqlarda aktinomitsetlar sonining shakllanishida sho‘rlanish darajasi, tuproq qatlamining chuqurligi va mavsumiy gidrotermik sharoitlar asosiy omillar sifatida namoyon bo‘lgan. Eng yuqori ko‘rsatkichlar sho‘rlanmagan tuproqlarning 0–25 sm qatlamida, ayniqsa yoz mavsumida qayd etilgan. Sho‘rlanish darajasi ortishi va tuproq qatlami chuqurlashishi bilan aktinomitsetlar sonining izchil kamayishi ularning tuproq ekologik holatiga sezgir mikrobiologik indikator ekanligini ko‘rsatadi.

Xulosalar. Tadqiqot natijalari sug‘oriladigan sur tusli qo‘ng‘ir-o‘tloqi tuproqlarda aktinomitsetlar soni sho‘rlanish darajasi, tuproq qatlami va mavsumiy sharoitlarga bog‘liq holda o‘zgarishini ko‘rsatdi. Eng yuqori ko‘rsatkich sho‘rlanmagan tuproqning 0-25 sm qatlamida yozda 6,6 mln KHB/g tuproqni tashkil etgan, o‘rtacha sho‘rlangan tuproqda esa 3,1 mln KHB/g gacha kamaygan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Sánchez-Marañón M., Miralles I., Aguirre-Garrido J.F., Anguita-Maeso M., Millán V., Ortega R., García-Salcedo J.A., Martínez-Abarca F., Soriano M. Changes in the soil bacterial community along a pedogenic gradient // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – Article 14593. – P. 1–13. – DOI: 10.1038/s41598-017-15133-x.

2. Adnan M., Shah Z., Fahad S., Arif M., Alam M., Khan I.A., Mian I.A., Basir A., Ullah H., Arshad M., Rahman I.-U., Saud S., Ihsan M.Z., Jamal Y., Amanullah, Hammad H.M., Nasim W. Phosphate-solubilizing bacteria nullify the

antagonistic effect of soil calcification on bioavailability of phosphorus in alkaline soils // Scientific Reports. – 2017. – Vol. 7. – Article 16131. – DOI: 10.1038/s41598-017-16537-5.

3. Řezáčová V., Šimon T., Némethová E., Saska P., Mayerová M. Soil cultivation methods rather than catch crop species enhance bacterial diversity in soil over a three-year experiment // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – Article 30630. – 13 p. – DOI: 10.1038/s41598-025-15255-7.

4. Li C., Shi L., Wang K., Liu B., Liao J., An Z., Chang S.X. Crop rotation differentially increases soil bacterial and fungal diversities in global croplands: a meta-analysis // Nature Communications. – 2025. – Vol. 16. – Article 11686. – DOI: 10.1038/s41467-025-66823-4.

5. Fracasso I., Foley L., Tiziani R., Buzzini P., Augusti A., Gavrichkova O., Zucconi L., Montagnani L., Borruso L., Mimmo T. Soil organic carbon fractions and their associated bacterial and fungal abundance in alpine ecosystems // Scientific Reports. – 2026. – Vol. 16. – Article 1680. – DOI: 10.1038/s41598-025-31187-8.

6. Mohd Ngesom A.M., Mohd Lasim A., Abdul Rahim F.A., Abdul Halim M., Mohd-Taib F.S. Bacterial communities profiles of soil in Hulu Langat recreational parks, Selangor // BMC Research Notes. – 2025. – Vol. 18. – Article 324. – DOI: 10.1186/s13104-025-07395-w.

7. Siwek P., Jaźwa M., Niklińska M., Klimek B. Soil bacterial activity and functional diversity as indicators of recultivation of alkaline settlements of a "Solvay" process // Journal of Soils and Sediments. – 2024. – Vol. 24. – P. 2791–2802. – DOI: 10.1007/s11368-024-03814-w.

8. Yang C., Zhang Q., Diao M., Yang G., Liu H., Guo Y., Cong L., Chen Y., Li J., Tang W., Li S., Tao Q., Wang H., Ma L., Wang A., Wu X., Chai M., Zhong S., Ding L., Xu Y., Miao F., Spangenberg G., Wang Z., Sun J. Global and regional soil salinization drives bacterial diversity loss and biogeochemical imbalance // Communications Earth & Environment. – 2026. – Vol. 7. – Article 486. – DOI: 10.1038/s43247-026-03688-5.

9. Mucsi M., Borsodi A.K., Megyes M., Szili-Kovács T. Response of the metabolic activity and taxonomic composition of bacterial communities to mosaically varying soil salinity and alkalinity // Scientific Reports. – 2024. – Vol. 14. – Article 7460. – DOI: 10.1038/s41598-024-57430-2.

10. Laine M.B., Taipale S.J., Tiirola M. Comparison of methods for assessing fungi-to-bacteria ratio of soil // Biology and Fertility of Soils. – 2025. – Vol. 61. – P. 941–954. – DOI: 10.1007/s00374-025-01911-7.

UO'K:57. 575:631.633

G. TOMENTOSUMNING STRESS OMILLARIGA TABIIY CHIDAMLILIK XUSUSIYATLARI VA SELEKSIYADAGI ISTIQBOLLARI

J.Q.Umarova, dots., Navoiy davlat universiteti, Navoiy
Orsid:0009-0001-3250-0785

Annotatsiya. *Ushbu maqolada O'zbekiston va jahon g'o'za seleksiyasida yuqori baholangan allotetraploid Gossypium tomentosum yovvoyi turning genetik imkoniyatlari, seleksiyadagi istiqbollari va ayrim ilmiy tadqiqot natijalari yoritib berilgan.*

Kalit so`zlar: *G.tomentosum, abiotik stresslar, barg tuklanishi, tuklar soni va turning irsiylanishi, seleksiya.*

Аннотация*. В данной статье рассматривается генетический потенциал дикого вида Gossypium tomentosum, аллотетраплоида, высоко ценимого в узбекской и мировой селекции хлопка, его перспективы в селекции, а также некоторые результаты научных исследований.*

Ключевые слова: *G. tomentosum, абиотические стрессы, опушенность листьев, количество волосков и наследственность вида, селекция.*

Abstract. *This article examines the genetic potential of the wild species Gossypium tomentosum—an allotetraploid highly valued in both Uzbek and global cotton breeding—as well as its prospects for breeding programs and certain research findings.*

Keywords: *G. tomentosum, abiotic stresses, leaf pubescence, hair density, species heredity, breeding.*

Kirish. *Gossypium tomentosum* — yo'qolib ketish xavfi ostida turgan, uzoq umr ko'radigan (besh yildan ortiq) buta bo'lib, uning balandligi 0,6–1,8 m. gacha yetadi va u ko'pincha balandligiga qaraganda kengroq shaklga ega bo'ladi. *Gossypium tomentosum Nutt. ex Seem.* (odatda Gavayi paxtasi yoki ma'o nomi bilan tanilgan) barglari 3 yoki 5 bo'lakli bo'lib, yumshoq oq tuklar (trixomalar) bilan zich qoplangan. Lotincha tomentosum epiteti tom ma'noda "zich qoplangan tuklar" (tomentose) degan ma'noni anglatadi. Gavayacha nomlaridan biri bo'lgan hulu hulu "tukli" deb tarjima qilinadi.

Uning 5 ta tojbargdan iborat ikki jinsli gullari och yoki yorqin sariq rangda bo‘lib, diametri taxminan 5 sm tashkil qiladi (1-rasm).



1-rasm. ***Gossypium tomentosum turi.***

Madaniy va aksariyat yovvoyi ma‘o o‘simliklari yil davomida qayta-qayta gullaydi va meva beradi. Mevalari pishganda yashil rangdan och jigarrang tusga kiradi va ochilib, ichidagi bir nechta urug‘ni (taxminan 0,6 sm kattalikdagi) namoyon qiladi; bu urug‘lar qisqa, qizg‘ish-jigarrang yoki och jigarrang tuklar bilan zich qoplangan bo‘ladi.

Genetik ahamiyati shundan iboratki G. tomentosum barglarining pushtlanishi maxsus trixomalarni tartibga soluvchi genlar (masalan, HD-Zip transkripsiya omillari) tomonidan kodlangan. Yovvoyi Gavayi paxtasi pushtlanish xususiyatlari tufayli zararkunandalarga chidamlilik genlarini (masalan, trips va bargxo'rlar) yetishtirilgan paxta navlariga o'tkazish uchun selektsiyada faol qo'llaniladi.

Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi. O‘zbekiston va jahon g‘o‘za seleksiyasida yuqori baholangan allotetraploid *Gossypium tomentosum* yovvoyi tur ko`plab olimlarni qiziqtirib kelgan va ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Xiaoyang Wang va hammualliflarning 2024-yilda “*The Plant”* jurnalida chop etilgan “The genetic basis of leaf hair development in upland cotton (*Gossypium hirsutum*)” maqolasida Gossypium hirsutumda barg tuklari rivojlanishida ko'plab genlar ishtirok etgan bo'lsa-da, o'simliklarda trixomalar hujayralari shakllanishining asosiy molekulyar mexanizmlari to'liq o`rganilmaganligi, A06 (LPA1), A08 (LPA2) va A11 (LPA3) xromosomasida joylashgan barg pubescence (soch) miqdori bilan bog'liq uchta lokusni aniqlash uchun tog'li paxta (Gossypium hirsutum) dagi 1037 xil namunalar bo'yicha genom bo'ylab assotsiatsiya tadqiqotidan (GWAS) foydalanganlar, ilgari tavsiflangan nomzod geni GhHD1 LPA1 da aniqlangan va HD-Zip transkripsiya omilini kodlashi, LPA2 va LPA3 uchun ikkita nomzod genni, GhGIR1 va GhGIR2 ni, ikkalasi ham WD40 va RING domenlari bilan oqsillarni kodlovchi va barg tuklari shakllanishining ingibitorlari vazifasini bajaradigan GhGIR1 va GhGIR2 ni aniqlaganlar. GhHD1, GhGIR1 va GhGIR2 tukli namunalarda ifodalangan. Tukli namunalarda GhHD1 ni sustlashtirish yoki GhGIR1 ni haddan tashqari ifodalash tukli fenotipga olib kelgan, tukli namunalarda esa GhGIR2 ni sustlashtirish tukli fenotipga olib kelgan. Shuningdek, GhHD1 ning ham GhGIR1, ham GhGIR2 bilan o'zaro ta'sir qilishini va GhGIR1 ning GhGIR2 bilan o'zaro ta'sir qilishi mumkinligini ko'rsatganlar. Keyingi tadqiqotlarida GhHD1 transkripsiya aktivatori sifatida ishlashi, GhGIR1 va GhGIR2 promotorlariga bog'lanib, ularning ekspressiyasini faollashtiradi, GhGIR1 va GhGIR2 esa GhHD1 ning transkripsiya faollashuvini bostirishi mumkinligi qayd etilgan. “Bizning topilmalarimiz paxtada

o'simlik epidermal tuklarining paydo bo'lishi va rivojlanishida GhHD1, GhGIR1 va GhGIR2 ishtirok etadigan murakkab tartibga solish tarmog'iga oydinlik kiritadi" deydi- Xiaoyang Wang va boshqalar.

G. tomentosum o'ziga xos qalin, baxmalsimon va kumushrang-kulrang tusdagi yumshoq tukchalar qatlami (unga "tomentoz" — tukli ko'rinish beruvchi xususiyat) bilan ajralib turadi; zararkunandalar va qurg'oqchilikka chidamlilik xususiyatlarini joriy etish maqsadida uni Gossypium hirsutum (Upland paxtasi) kabi madaniy paxta turlari bilan chatishtirish orqali uning genetik xususiyatlari chuqur o'rganilgan (Waghmare VN; Rong J; Rogers CJ; Pirs GJ; Wendel JF; Paterson AH).

Asosiy gen tomonidan boshqariladigan jarayon va to'liq bo'lmagan dominantlik: G. tomentosum turi silliq bargli yoki siyrak tukli paxta liniyasi bilan chatishtirilganda, odatda F_1 avlodida barg tuklari (trixomalar) zichligi bo'yicha oraliq ko'rsatkich kuzatiladi. F_2 avlodida irsiy belgilarning taqsimlanishi: F_2 avlodida ushbu belgi odatda klassik Mendelning monogibrid chatishtirish nisbati — 1:2:1 (zich/tukli : oraliq : siyrak/silliq) tarzida namoyon bo'ladi. Bu holat shuni ko'rsatadiki, kuchli tuklilik xususiyatini belgilovchi asosiy omil yagona boshqaruvchi lokus hisoblanadi (Nausherwan-Nawab va b).

Garchi trixomalar mavjudligining asosi bitta asosiy gen tomonidan belgilansa-da, bargning ustki (adaksial) va pastki (abaksial) yuzalaridagi tuklarning aniq zichligi, uzunligi va taqsimlanishi genlarning murakkab tarmog'i tomonidan boshqarilishi takidlangan. (Xiaoyang Vang va boshqalar)

Poliploid paxta turlarida (masalan, G. tomentosum va G. hirsutum) barglarning tuk bilan qoplanishini boshqaruvchi asosiy lokus 6-xromosomada joylashgan. Ushbu hududda ko'pincha tuklar rivojlanishining boshlanishida asosiy transkripsion faollashtiruvchi vazifasini bajaruvchi homeodomain-leucine zipper (HD-Zip) transkripsiya omillari (masalan, GhHD1 gomologlari) mavjud bo'ladi-deydi Xiaoyang Vang va boshqalar.

Turlararo chatishtirishlar shuni ko'rsatadiki, boshqa xromosomalar bo'ylab tarqalgan qo'shimcha modifikator lokuslar (masalan, A01, D03, C17) trixomlarning umumiy zichligiga dinamik ta'sir ko'rsatib, fenotipni yo qalinroq tuk qoplamasi hosil qilishga yo'naltiradi yoki tuklar rivojlanishini susaytiradi- J.M.Lacape, T.B.Nguyen.

G.H.Saundersning qayd etishicha, g'o'za o'simligi organlarining tuklanganlik belgisi tuksizlik geni allellariga nisbatan dominant yoki epistatik irsiylanish tabiatiga ega.

Natijalar tahlili. *Gossypium tomentosum Nutt. ex Seem*. da barg tukchalari alohida epidermis hujayralaridan hosil bo'ladi. Muayyan protoderma hujayralari ixtisoslashadi va qo'shni epidermis hujayralariga nisbatan kattalasha boshlaydi. Rivojlanayotgan tukcha hujayrasi epidermisdan tashqariga qarab cho'ziladi. Paxtada trixoma (tukcha) asosan yagona epidermis hujayrasi bo'lib qolgan holda sezilarli darajada cho'zilishi mumkin.

Yetilgan tukchalar o'z joylashuvi va rivojlanish bosqichiga qarab qattiq yoki junsimon ko'rinishga ega bo'lishi mumkin.

Tukchalar bargning har ikki tomonida yaqqol namoyon bo'lib, *G. tomentosumga* xos bo'lgan zich, kulrang tusli tukli qatlamni hosil qiladi. Barg tukchalari ayniqsa tomirlar bo'ylab va bargning pastki tomonida yaqqol ko'zga tashlanadi. Bu tukchalarning funksional ahamiyati shundaki trixoma qatlami suv yo'qotilishini kamaytirishi va barg atrofidagi havo qatlamiga (chegara qatlamiga) ta'sir ko'rsatishi, shuningdek, hasharotlar va atrof-muhitdagi noqulay omillarga qarshi fizik to'siq vazifasini o'tashi mumkin. Bu funksiyalar Gavayi orollarining nisbatan quruq va ochiq sharoitlariga moslashgan *G. tomentosum* uchun ayniqsa muhimdir.

G. tomentosum poliploid allotetraploid tur bo'lib, uning genomida A- va D-genomlariga mansub xromosoma to'plamlari mavjud. Shu sababli tuklilik belgilarining genetik nazorati bir nechta genlar va ularning o'zaro ta'siri bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Barg tuklarining zichligi, uzunligi va shakli faqat genotipga emas, balki yorug'lik, harorat, suv ta'minoti va o'simlikning rivojlanish bosqichiga ham bog'liq.

Gossypium tomentosum barglaridagi tukchalar (trixomalar) asosan epidermisdan hosil bo'ladigan bir hujayrali, tuksimon o'simtalar hisoblanadi. Tuzilishini hisobga oladigan bo`lsak asosi — barg epidermisidagi bitta hujayradan boshlanadi. Tana qismi — hujayra tashqarisiga qarab cho'zilib, uzun tuk hosil qiladi. Hujayra devori — sellyulozali devor bilan o'ralgan bo'lib,

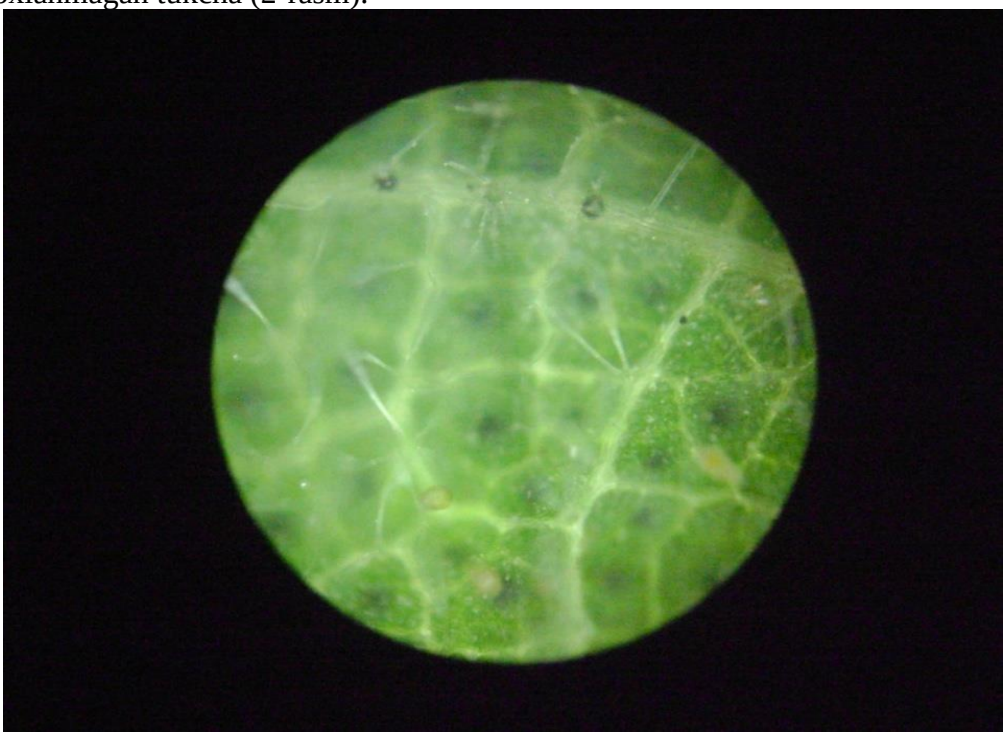
yetilish davomida qalinlashadi. Ichki qismi — sitoplazma va vakuolaga ega; yetilgan tuklarda tirik protoplast kamayishi yoki yo‘qolishi mumkin.

Gossypium tomentosumda tuklar shakli — odatda ingichka, uzun va uchiga tomon torayuvchi bo‘ladi. Joylashish o`rniga ko`ra — bargning epidermisida, ayniqsa tomirlar atrofida va bargning pastki yuzasida zich joylashishi mumkin.

Tukchalar bezli va bezsiz trixomalarga ajratilishi mumkin. *G. tomentosum*ning xarakterli tukli ko‘rinishi asosan bezsiz, himoyalovchi trixomalar bilan bog‘liq.

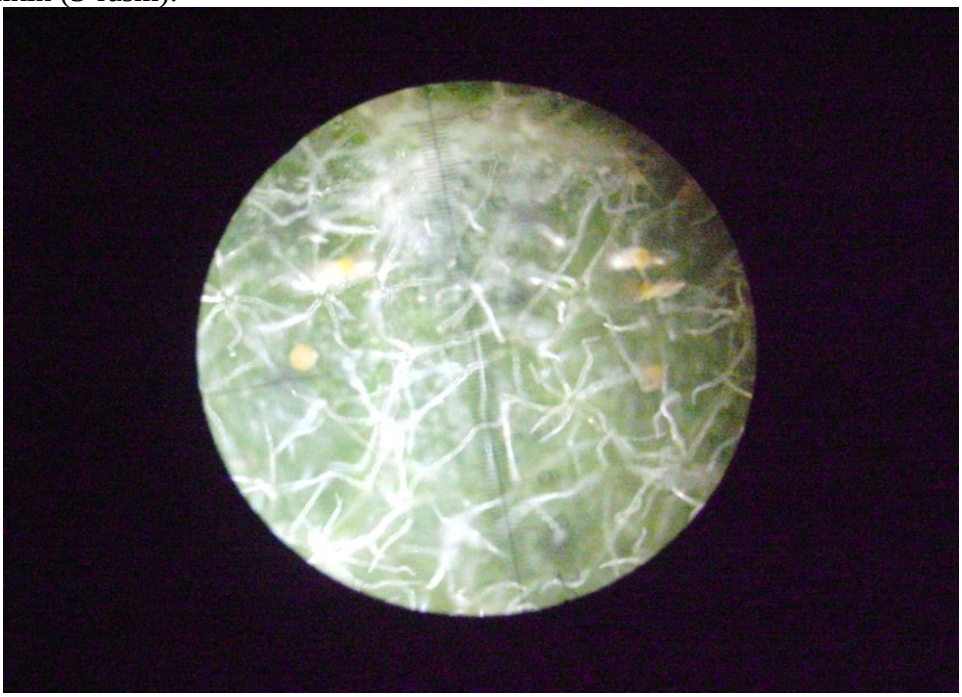
Tukchalar morfologik tuzilishiga ko`ra “oddiy” va “murakkab” bo`ladi.

Oddiy tukcha (simple trichome) — bitta hujayradan yoki bir qator hujayralardan tashkil topgan, shoxlanmagan tukcha (2-rasm).



2-rasm. Oddiy tuklanish (J.Q.Umarova)

Murakkab tukcha (branched/stellate trichome) — bir nechta hujayralarning birikishi yoki shoxlanishi natijasida hosil bo‘lib, yulduzsimon, shoxlangan yoki ko‘p nurlik ko‘rinishga ega bo‘lishi mumkin (3-rasm).



3-rasm. Burama yoki yulduzsimon ko`rinish (J.Q.Umarova)

Gossypium tomentosum barglarida oddiy va yulduzsimon/murakkab trixoma shakllari uchrashi mumkin. Ayniqsa *G. tomentosum*ning kuchli tukliligi yulduzsimon (stellate) trixomalar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. *Gossypium tomentosum* barglaridagi tukchalar (trixomalar) o‘simlik uchun bir necha muhim vazifani bajaradi:

- **Suvni tejash** — barg yuzasida havo qatlamini hosil qilib, transpiratsiya orqali suv yo‘qotilishini kamaytiradi.
- **Issiqlikdan himoya** — zich tukchalar quyosh nurlarini qisman qaytarib, bargning haddan tashqari qizib ketishini kamaytiradi.
- **Kuchli yorug‘likdan himoya** — bargga tushadigan yorug‘lik miqdorini kamaytiradi.
- **So`ruvchi zararkunandalardan himoya** — zich va dag‘al tukchalar hasharotlar hamda boshqa o‘txo‘rlarning bargga yetib borishini qiyinlashtiradi.
- **Atrof-muhitga moslashish** — *G. tomentosum* kabi quruq va quyoshli sharoitlarga moslashgan o‘simliklarda tukchalar ekologik moslanishning muhim belgilaridan biri hisoblanadi.
- **Sistematik ahamiyati** — tukchalarning shakli, zichligi va tuzilishi *Gossypium* turlarini bir-biridan farqlashda morfologik belgi sifatida ham qo‘llanadi.

Shuning uchun ham *G. tomentosum*ning kuchli tukliligi nafaqat tashqi morfologik belgi, balki himoya va ekologik moslanish xususiyatidir.

*G. tomentosum*ning zich barg tukchalari trips va boshqa ayrim so‘ruvchi zararkunandalarga qarshi mexanik himoyada qatnashishi mumkin, ammo o‘rgimchakkanaга ham chidamlilikni anglatmaydi. *Gossypium tomentosum*ning bargidagi tukchalar o‘rgimchakkana uchun to‘siq bo‘lishi mumkin, ammo bundan o‘rgimchakkana umuman zarar yetkaza olmaydi degan xulosa chiqmaydi.

O‘rgimchakkana (*Tetranychus* spp.) juda kichik bo‘lgani uchun barg tuklari orasidan harakatlana oladi va barg epidermisini teshib, hujayra shirasi bilan oziqlanadi. Lekun o‘rgimchakkananing barg yuzasida harakatlanishini qiyinlashtirishi, barg epidermisiga yetib borishini cheklashi, ayrim hollarda uning ko‘payishi va oziqlanishini kamaytirishi mumkin, lekin to‘liq mexanik himoya etmasligi adabiyotlarda qayd etilgan. Bundan tashqari, trixomaning zichligi, uzunligi, shakli va barg yuzasida joylashishi juda muhim. *Gossypium tomentosum* barglarining zich trixomali qoplami o‘rgimchakkana uchun mexanik to‘siq hosil qilishi va uning oziqlanishini cheklashi mumkin, biroq bu xususiyat o‘simlikning o‘rgimchakkanaга to‘liq chidamliligini anglatmaydi.

*G. tomentosum*ning barglaridagi zich tukchalar (T_1 — heavy/dense trichome trait) haqiqatan ham so‘ruvchi zararkunandalarga qarshilik bilan bog‘langanligi adabiyotlarda ta’kidlangan. Bu belgi *G.hirsutum xG. tomentosum* chatishtirishlarida ham xaritalangan.

Xulosa qildanda *G. tomentosum*ning tukchalari o‘rgimchakkana uchun ma'lum darajada mexanik to‘siq bo‘lishi mumkin, lekin hozirgi dalillar asosida uni o‘rgimchakkanaга chidamli tur deb atash to‘g‘ri emas. Uning tuklilik belgisi trips va jassidlarga chidamlilikda ancha yaxshi tasdiqlangan.

*Demak, G. tomentosum*ni bir qator hasharot zararkunandalariga yuqori tabiiy chidamlilik manbai bo`lib hisoblanadi, shuning uchun ham seleksiyada ahamiyati katta.

Ushbu turning qurg‘oqchilik va sho‘rga chidamlilik genlarini introgressiya (duragaylash) orqali madaniy g‘o‘za (*G. hirsutum*) navlariga o‘tkazish, global iqlim o‘zgarishi sharoitida suv tanqisligiga chidamli liniyalar yaratish imkonini beradi.

G. tomentosum barglaridagi tukchalarning irsiylanishi. *Gossypium tomentosum* barglaridagi zich tuklilik (trixoma) T_1 geni orqali irsiylanadi. *G. tomentosum*ning kuchli (zich) barg tukliligi T_1 (T1) lokusi bilan bog‘langan. Tadqiqotda *G. hirsutum* × *G. tomentosum* chatishtirilganda F_2 avlodida:

67 ta o‘simlik — zich, ko‘p tukli;

26 ta o‘simlik — normal yoki siyrak tukli bo‘lgan.

Bu 67:26 ≈ 3:1 nisbat bo‘lib, bitta dominant genning Mendelcha irsiylanishiga mos kelgan. T_1 geni 6-xromosomaning A6 qismiga xaritalangan, ya’ni:

Genotip	Fenotip
T_1T_1	zich tukli
T_1t_1	zich tukli
t_1t_1	siyrak/normal tukli

Demak, T_1 dominant allel sifatida namoyon bo‘ladi.

Turli *Gossypium* turlarida tuklilikni boshqaruvchi bir nechta lokuslar va allellar aniqlangan; *G. tomentosum*ning aynan kuchli tuklilik belgisi uchun esa **T_1** eng muhim klassik lokuslardan biridir.

Xulosa qilganda *G. tomentosum*dagi zich barg tukliligi asosan dominant T_1 geni bilan belgilanadi va F_2 da taxminan 3:1 nisbatda ajraladi; T_1 A6 xromosomasida joylashgan.

Gossypium tomentosum barglaridagi trixomalar (tukchalar)ning zich qoplami irsiyati asosan to‘liq bo‘lmagan dominantlik xususiyatiga ega bo‘lgan asosiy gen (yoki lokus) tomonidan boshqariladi va bu jarayonga ikkilamchi miqdoriy belgi lokuslari (QTL) ham ta’sir ko‘rsatadi (Nausherwan-Nawab va b).

Biz tajribalarimizda *G.tomentosum Nutt. ex Seem.* turga xos bo‘lgan tuklanish tipining irsiylanish tabiatini o‘rganishni maqsad qilgan holda *G. tomentosum* va *G.hirsutum* turlararo olingan duragaylarining yuqori avlodlaridan ajratilgan tizmalarda barg sathidagi tuklanish tipini aniqladik. Tuklanish tiplarini fenotipik namoyon bo‘lishida ishtirok etuvchi genlar $H^S_A - h^s_A$, $H^S_D - h^s_D$ deb belgiladik. Murakkab (burama) tipdagi tuklanish tipining oddiy tipdagi tuklanishga nisbatan to‘liq dominantlik holati kuzatildi. Tuklanishning “burama” tipi genning geterozigota hamda dominant gomozigota holatida namoyon bo‘ladi. Belgi bo‘yicha oraliq irsiylanish kuzatilmadi. F_2 o‘simliklarni mono yoki digeterozigota bo‘lishlariga qarab ajralish 3:1 yoki 15:1 nisbatdagi fenotipda, genotiplari bo‘yicha 1:2:1 hamda 1:2 : 2: 4: 1: 2: 1: 2:1 kuzatildi. F_2 da 3:1 nisbatdan o‘laroq 15:1 nisbatda ajralish kuzatilishi o‘z isbotini topib, tizmalarda tuk tipini ta’minlovchi genlarning dominant allellari bilan farqlanishini ko‘rsatdi.

Demak, bu fenotiplar belgini sifat darajasidagi genetik tahlili bo`lib, allel bo‘lmagan genni holatlari bilan aniqlanishi o‘z isbotini topdi.

Xulosa. *G.tomentosum* turning asosiy genetik imkoniyatlari va seleksiyadagi ahamiyati quyidagi yo‘nalishlarda namoyon bo‘ladi. Biotik stresslar ya’ni, kasallik va zararkunandalarga bardoshlilik, abiotik stresslar, unda qurg‘oqchilikka, issiqqa va tuproq sho‘rlanishiga chidamlilik genlari mavjud. Ushbu genlarni madaniy *G. hirsutum* (Upland) g‘o‘zasiga o‘tkazish global iqlim o‘zgarishi sharoitida juda muhim bo`lib, madaniy g‘o‘za navlarining tor genofondini boyitishda asosiy xomashyo hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Timothy O. Jobe, Ibrokhim Y. Abdurakhmonov, Mauricio Ulloa, Mohamed Fokar va b. Molecular Characterization of Fusarium Isolates from Upland Cotton Roots in Uzbekistan and Whole-Genome Comparison with Isolates from the United States. Amerika Fitopatologik Jamiyati (APS) ®115-jild, 1-son, 2025.

2. Umarova Jumagul Kuzievna. The Nature Of Inheritance Of Leaf Thickness, Type And Number Of Hairs In Cotton. Monograph. Fergana -USA Globel Book Publishing Services (GBPS) USA 2023.

3. Умарова Ж.К., Рахмонова Р.Б. Наследование определенных качественных признаков хлопчатника. Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. April, 2023. 118-124

4.Xiaoyang Vang va boshqalar. “The genetic basis of leaf hair development in upland cotton (Gossypium hirsutum)” *The Plant Journal* **2024.** https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39259840/

5. Nausherwan-Nawab, Qamar Shakil, Shahid Niyoz, Muhammad Munir Iqbol. Genetics_of_trichomes_and_its_association_with_fibre_and_agronomic_traits_in_cotton. May 2011, African Journal of Biotechnology 10(16):3964-3972.https://www.researchgate.net/profile/

6. Waghmare VN; Rong J; Rogers CJ; Pierce GJ; Wendel JF; Paterson AH. Genetic map of the cross between Gossypium hirsutum (cotton) and the Hawaiian endemic Gossypium tomentosum. Theoretical and Applied Genetics. 2005.pp. 665–676.

7. J.M.Lacape, T.B.Nguyen. Mapping of quantitative trait loci associated with leaf and stem pubescence in cotton. Journal of Heredity, Vol. 96, No. 4, July/August 2005, pp. 441–444. Oxford University Press.

UO'T: 631.527:633.11

MINERAL O'G'IT MEYORLARINING *SALVIA OFFICINALIS* L. URUG'KO'CHAT VA QALAMCHALARINING O'SISHI VA RIVOJLANISHIGA TA'SIRI

N.A. Xudayberganov, b.f.f.d., Xorazm Ma'mun akademiyasi, Xiva
Y.O. Xolliyeva, magistrant, Urganch davlat universiteti, Urganch
D.I. Otabayeva, o'qituvchi, Urganch davlat universiteti, Urganch

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Xorazm viloyati sharoitida Salvia officinalis L.ni urug'ko'chat va qalamchalardan yetishtirishda mineral o'g'itlarning samaradorligi yoritilgan. $P_{60}K_{40}$(fon)-N_{30}, $P_{60}K_{40}$(fon)-N_{60} va $P_{60}K_{40}$(fon)-N_{90} me'yorlarining o'simlikning barglar soni, shoxlanishi, ildiz uzunligi va barg yuzasiga ta'siri ikki yillik dala tajribalarida baholandi. Tadqiqot natijalarida o'g'it me'yorining ortishi bilan barcha biometrik ko'rsatkichlarning izchil oshishi aniqlandi. Eng yuqori natijalar $P_{60}K_{40}$(fon)-N_{90} variantida qayd etilib, urug'ko'chat va qalamchalarning vegetativ rivojlanishi jadallashdi. Olingan natijalar mazkur me'yorning Xorazm sharoitida Salvia officinalis L. yetishtirish agrotexnologiyasida samarali ekanligini ko'rsatdi.*

Kalit so'zlar: *Salvia officinalis L., dorivor mavrak, mineral o'g'itlar, urug'ko'chat, qalamcha, azotli o'g'it, biometrik ko'rsatkichlar, vegetativ rivojlanish, barg yuzasi, ildiz uzunligi, Xorazm viloyati.*

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования эффективности применения минеральных удобрений при выращивании Salvia officinalis L. из рассады и черенков в почвенно-климатических условиях Хорезмской области. В двухлетних полевых опытах изучено влияние норм минеральных удобрений $P_{60}K_{40}$ (фон) + N_{30}, $P_{60}K_{40}$ (фон) + N_{60} и $P_{60}K_{40}$ (фон) + N_{90} на основные биометрические показатели растений, включая количество листьев, степень ветвления, длину корней и площадь листовой поверхности. Установлено, что повышение нормы азотных удобрений на фоне P60K40 сопровождалось последовательным увеличением изученных показателей. Наиболее высокие значения отмечены при внесении $P_{60}K_{40}$ (фон) + N_{90}, что обеспечивало более интенсивное вегетативное развитие растений, полученных из рассады и черенков. Полученные результаты подтверждают эффективность данной нормы минерального питания при выращивании Salvia officinalis L. в условиях Хорезмской области.*

Ключевые слова. *Salvia officinalis L., шалфей лекарственный, минеральные удобрения, рассада, черенки, азотные удобрения, биометрические показатели, вегетативное развитие, площадь листовой поверхности, длина корней, Хорезмская область.*

Abstract. *The article presents the results of a study on the effectiveness of mineral fertilizers in growing Salvia officinalis L. from seedlings and cuttings under the soil and climatic conditions of the Khorezm region. A two-year field experiment investigated the effects of $P_{60}K_{40}$ (background) + N_{30}, $P_{60}K_{40}$ (background) + N_{60}, and $P_{60}K_{40}$ (background) + N_{90} fertilizer rates on the main biometric characteristics of the plants, including leaf number, degree of branching, root length, and leaf area. The results demonstrated that increasing the nitrogen fertilizer rate against the $P_{60}K_{40}$ background was accompanied by a consistent increase in the studied biometric parameters. The highest values were recorded under the $P_{60}K_{40}$ (background) + N_{90} treatment, which promoted more intensive vegetative development of plants propagated from seedlings and cuttings. The findings confirm the effectiveness of this mineral nutrition rate for cultivating Salvia officinalis L. under the conditions of the Khorezm region.*

Key words. *Salvia officinalis L., common sage, medicinal sage, mineral fertilizers, seedlings, cuttings, nitrogen fertilizers, biometric parameters, vegetative development, leaf area, root length, Khorezm region.*

Tadqiqotning dolzarbligi. Yer yuzida dorivor o'simliklarning 10-12 ming turi bor. 1000 dan ortiq o'simlik turlarining kimyoviy, farmokologik va dorivorlik xossalari tekshirilgan. O'zbekistonda dorivor o'simliklarning 577 turi mavjud. Shulardan hozirgi vaqtda 250 turi farmasevtika tarmog'ida qo'llanib kelinmoqda.

Ma'lumki, dunyo miqyosida farmatsevtika korxonalarida ishlab chiqarilayotgan dori vositalarining taxminan 50% dorivor o'simliklar xomashyosidan tayyorlanmoqda. Mutlaq ko'pchilik mamlakatlarda, shu jumladan, O'zbekiston Respublikasida farmatsevtika sanoatining jadal rivojlanishi bunday korxonalarning dorivor o'simliklar xomashyosiga bo'lgan talabining keskin ortishiga sabab bo'lmoqda. Shuni ta'kidlash lozimki, tabiiy holda o'suvchi dorivor o'simliklar zaxiralarining chegaralanganligi tufayli farmatsevtika sanoati korxonalarining dorivor o'simliklar xomashyosiga bo'lgan talabini asosan, dorivor o'simliklar o'stirish orqaligina qondirish mumkin.

Farmatsevtika sohasini tabiiy dorivor o'simlik xom ashyosi bilan ta'minlash O'zbekistonda davlat siyosatining strategik ustuvor yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. U aholi salomatligini saqlash, milliy farmatsevtika infrastrukturasini yuksaltirish hamda dorivor o'simliklarning agrosanoat kompleksini yanada rivojlantirish kabi muhim yo'nalishlarni qamrab oladi.

Bu sohada O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi PF-60-sonli, 2022-yil 20 maydagi "Dorivor o'simliklarni madaniy holda yetishtirish va qayta ishlash hamda davolashda ulardan keng foydalanishni tashkil etish chora-tadbirlari strategiyasini 2023 yilda sifatli va o'z vaqtida amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PQ-300-son qarorlari qabul qilindi va ularning ijrosini ta'minlash borasida keng masshtabli ishlar amalga oshirilmoqda. Mazkur dissertatsiya ishi doirasida amalga oshirilgan ilmiy tadqiqotlar sohaga tegishli bo'lgan belgilangan vazifalarni amalga oshirishda muayyan darajada xizmat qiladi[1].

Yuqorida keltirilgan qator farmon va qarorlarini ijrosini ta'minlash maqsadida biz Xorazm viloyatining sharoitida mineral o'g'it meyorlarining *Salvia officinalis* L. ning urug'ko'chat va qalamchalarining o'sishi va rivojlanishiga ta'sirini o'rgangan holda uning yetishtirish agrotexnikasi ishlab chiqiladi.

Materiallar va uslublar. Dala tajribasi, fiziologik kuzatuvlar, tuproq va o'simlik namunalarini olish "Metodika polevых opытov" [3] qo'llanmasi asosida o'tkazildi. Tuproq va o'simlik na'munalarining kimyoviy tahlili "Metodika agroximicheskix analizov pochv i rasteniy Sredney Azii" [4] qo'llanmasi bo'yicha o'rganildi. Ko'chatlarning biometrik ko'rsatkichlarining matematik tahlili B.A. Dospexov [25] uslubi bo'yicha bajarildi.

Fenologik kuzatuvlarni o'tkazish G.I. Zayzevning (1973, 1974, 1978) qabul qilingan uslub bo'yicha amalga oshirildi. Asosiy fenologik fazalarni xisobga olishda alohida e'tibor qaratildi. Masalan: vegetatsiya davri, butonizatsiya, gullashning boshlanishi va oxiri, birinchi pishgan mevalar (urug'lar), ommaviy pishib yetilish va vegetatsiya davri. Bu fenofazalardan tashqari qo'shimcha ravishda barglar va shoxlarning qayta o'sishi, qayta gullashining (boshi va oxiri) aniqlangan [5-7].

Tuproq namligi tushishi bilan sug'orish muddatlari va me'yorlari (50-60%, 60-70%, 70-80% ChDNS), amalga oshirildi. Nazorat variantda esa o'simliklarning talabi bo'yicha amalga oshirildi. Sug'orish rejimi tuproqning namligi 0-45 sm li qatlamlarda A.N.Kostyakovning quyidagi formulasida hisob-kitob ishlari bajarildi [6].

Tadqiqot natijalari va ularning tahlili. *Salvia officinalis* L. ni jadal yetishtirish maqsadida $P_{60}K_{40}$(fon)-N_{30}, $P_{60}K_{40}$(fon)-N_{60} va $P_{60}K_{40}$(fon)-N_{90} mineral o'g'it meyorlari qo'llanildi. Nazorat (o'g'itsiz) varianti sifatida o'g'itsiz dala olindi. Har bir variantda himoya qatorlari, kuzatiladigan model o'simliklar (kamida 10 ta) belgilanib, *Salvia officinalis* L. ning fenologik kuzatuvlar, biometrik o'lchov ishlari olib borildi.

Xorazm viloyati tuproq-iqlim sharoitida *Salvia officinalis* L. ni yetishtirish agrotexnikasi bo'yicha to'liq 2 yillik dala tajribalari olib borildi. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlarimiz natijalariga ko'ra, tadqiqotlarning birinchi (2024) yilida *Salvia officinalis* L. ni urug'ko'chatining vegetatsiyasi davri oxirida nazorat variantda bitta namuna o'simlik uchun barglar soni 23 dona, shoxlanish soni 1 dona, ildiz uzunligi 42 sm va bargning yuzasi 4,2 sm^2 ga yetdi. Bu ko'rsatkichlar to'rtinchi $P_{60}K_{40}$(fon)- N_{90} variantda barglar sonini 64 donani, shoxlanish sonini 3 donaga, ildiz uzunligini 77 sm ga, 6,7 sm^2 bo'lganligi kuzatildi.

Tadqiqotlarning ikkinchi (2025) yilida *Salvia officinalis* L. urug'ko'chatlarining bitta namuna o'simlik uchun mineral o'g'itlar meyorlari bo'yicha qo'llanilganda quyidagicha bo'ldi: o'g'itsiz

nazorat variantda shoxlanish soni 9 dona, barglar soni 158 ta, ildiz uzunligi 142 sm va bargning yuzasi esa 11,4 sm^2 bo‘ldi.

1-jadval

Mineral o‘g‘itlarning dorivor mavrak urug‘ko‘chat o‘simligiga ta’siri

Variantlar	Bitta namuna o‘simlik uchun			
	Barglar soni, dona	Shoxlanish soni, dona	Ildiz Uzunligi, sm	Bargning yuzasi, sm^2
2024 yil				
Nazorat (o‘g‘itsiz)	23	1	42	4,2
$P_{60}K_{40}$(fon) -N_{30}	38	2	51	5,4
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{60}	55	3	65	6,3
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{90}	64	3	77	6,7
2025 yil				
Nazorat (o‘g‘itsiz)	158	9	142	11,4
$P_{60}K_{40}$(fon) -N_{30}	176	10	164	11,9
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{60}	210	10	198	13,8
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{90}	263	11	212	15,7

Ikkinchi variantda esa bu ko‘rsatkichlar shoxlanish sonini 10 dona, barglar soni 176 ta, ildiz uzunligi 164 sm va bargning yuzasi esa 11,9 sm^2 bo‘ldi. Uchinchi variantda shoxlanish soni 10 dona, barglar soni 210 dona, ildiz uzunligi 198 sm va bargning yuzasi 13,8 sm^2 ga teng bo‘ldi. To‘rtinchi variantda esa bu ko‘rsatkichlar shoxlanish sonini 11 dona, barglar soni 263 dona, ildiz uzunligi 212 sm va bargning yuzasi 15,7 sm^2 ni tashkil etdi. Nazoratga nisbatan shoxlanish soni 1,2 ya’ni 122%; barglar soni 1,6 ya’ni 166%; ildiz uzunligini 1,4 ya’ni 149%; bargning yuzasini 1,3 barobarga, ya’ni 137% ga oshirdi. Eng maqbul variant mineral o‘g‘itlarning $P_{60}K_{40}$(fon)- N_{90} meyorlari bilan qo‘llanilgan variantda kuzatildi. (1-jadval).

Salvia officinalis L. qalamchalari rivojlanishida bitta namuna o‘simlik uchun mineral o‘g‘itlarning turli meyorlari bilan qo‘llanilganda quyidagicha kuzatildi: 2024 yilning ma’lumotlariga qaraganda nazoratga nisbatan barglar soni va ildiz uzunligi hamda barg yuzasini 1,8 barobarga, shoxlanish sonini 3,0 barobarni tashkil etdi.

Bu ko‘rsatkichlar 2025 yilda o‘g‘itsiz nazorat variantida shoxlanish soni 10 dona, barglar soni 184 ta, ildiz uzunligi 154 sm, bargning yuzasi esa 12,2 sm^2 ga teng bo‘ldi. Ikkinchi variantda esa shoxlanish sonini 11 dona, barglar soni 193 dona, ildiz uzunligi 173 sm, bargning yuzasi 12,8 sm^2 bo‘ldi. Uchinchi variantda shoxlanish soni 13 dona, barglar soni 232 dona, ildiz uzunligi 214 sm, bargning yuzasi esa 14,0 sm^2 bo‘ldi. To‘rtinchi variantda esa bu ko‘rsatkichlar shoxlanish sonini 14 dona, barglar soni 284 dona, ildiz uzunligi 228 sm, bargning yuzasi esa 16,2 sm^2 ni tashkil etdi. Bunda nazoratga nisbatan shoxlanish soni 1,4; barglar soni 1,5; ildiz uzunligini 1,4; bargning yuzasini 1,3 barobarga oshirdi (2-jadval).

2-jadval

Mineral o‘g‘itlarning *Salvia officinalis* L. ni qalamchalariga ta’siri

Variantlar	Bitta namuna o‘simlik uchun			
	Barglar soni, dona	Shoxlanish soni, dona	Ildiz uzunligi, Sm	Bargning yuzasi, sm^2
2024 yil				
Nazorat (o‘g‘itsiz)	145	3	112	7
$P_{60}K_{40}$(fon) -N_{30}	186	4	157	8
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{60}	246	7	195	10
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{90}	265	9	203	13
2025 yil				
Nazorat (o‘g‘itsiz)	184	10	154	12,2
$P_{60}K_{40}$(fon) -N_{30}	193	11	173	12,8
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{60}	232	13	214	14,0
$P_{60}K_{40}$(fon)- N_{90}	284	14	228	16,2

Xulosa. Xorazm viloyati tuproq-iqlim sharoitida *Salvia officinalis* L. ni yetishtirishda mineral o‘g‘itlarning $P_{60}K_{40}$ fonida N_{30}, N_{60} va N_{90} me’yorlarining samaradorligi o‘rganildi. Ikki yillik dala tajribalari natijasida mineral oziqlanish darajasi ortishi bilan o‘simliklarning barglar soni, shoxlanish darajasi, ildiz uzunligi va barg yuzasi ko‘rsatkichlarining izchil oshib borishi aniqlandi.

Urug'ko'chatlarda 2025-yilda $P_{60}K_{40}$–N_{90} variantida nazoratga nisbatan barglar soni 66%, shoxlanish 22%, ildiz uzunligi 49% va barg yuzasi 38% ga yuqori bo'ldi. Qalamchalarda esa mazkur variantda barglar soni 54%, shoxlanish 40%, ildiz uzunligi 48% va barg yuzasi 33% ga oshgani kuzatildi.

Umuman, tadqiqot natijalari Xorazm viloyati sharoitida *Salvia officinalis L.* ning vegetativ rivojlanishini jadallashtirishda $P_{60}K_{40}$–N_{90} mineral o'g'it me'yori tajribada o'rganilgan variantlar orasida eng yuqori biometrik ko'rsatkichlarni ta'minlaganini ko'rsatdi. Mazkur me'yor dorivor mavrakni yetishtirish agrotexnologiyasini takomillashtirish uchun istiqbolli oziqlantirish varianti sifatida tavsiya etilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 11 sentabrdagi "O'zbekiston — 2030 strategiyasini 2023 yilda sifatli va o'z vaqtida amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PQ-300-son Qarori // Halq so'zi gazetasi, 2023 yil, 12 sentabr , №190 (8533). – B. 1-2.

2. Dospexov B.A. Metodika polevogo opыta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). -5-ye izd., dop. i pererab.-M.: Agropromizdat, 1985. - S. 351.

3. To'xtaev B.YO. O'zbekistonning sho'r erlarida dorivor o'simliklarning introduksiyasi. //Dis... dok. biol. nauk. –Toshkent, 2009. – B. 307.

4. Metodы agroximicheskix, agrofizicheskix i mikrobiologicheskix issledovanii pochv Sredney Azii, 1997. - S. 10-15.

5. Zaysev G. N. Metodika biometricheskix raschetov. M: Nauka, 1973. – S. 266.

6. " Zaysev G. N. Obrabotka rezultatov fenologicheskix nablyudeniy v botanicheskix sadax // Byul. Glav. bot. sada, 1974. Vыp. 94. - S. 3-10.

7. Ulugova S. F. Dorivor mavrak *(Salvia officinalis L.)* ni turli tuproq iqlim sharoitlarida etishtirish agrotexnologiyasi . //Dis... PhD biol.. –Toshkent, 2021. – B. 198.

8. Dorivor va ziravor o'simliklarni etishtiruvchi va tayyorlovchi mutaxassislar uchun qo'llanma. O'zbekiston respublikasi qishloq xo'jaligi vazirligi. Dorivor mavrak – SHalfey lekarstvennыy - Salvia officinalis L. Toshkent, 2020. - B. 50-51.

9. Rauter A.P.; Branco. I.; Lopes. R.G; Justino. J.; Silva, V.M.F.; Noronha, J.P.; Cabrita, E.J.;Brouard, I.; Bermejo, J. A New lupenetriterpenetriol and anticholinesterase activity of Salvia sclareoides. Fitoterapia 2007, 78, -R. 474– 481

UO'K 579.64

MAHALLIY *BACILLUS SUBTILIS* SH29 SHTAMMI TA'SIRIDA KO'MIR CHIQINDILARI MORFOLOGIYASI VA ELEMENT TARKIBINING O'ZGARISHI

S.A. Xudoyberdiyeva, tayanch doktorant, O'zR FA Mikrobiologiya instituti, Toshkent
Z.R. Axmedova, b.f.d., prof., O'zR FA Mikrobiologiya instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Surxandaryo viloyatidagi Sharg'un ko'mir konidan ajratilgan mahalliy Bacillus subtilis SH29 shtammining ko'mir chiqindilariga ta'siri gravimetrik, SEM va EDS usullari yordamida baholandi. SH29 ta'sirida ko'mir zarrachalarining o'rtacha o'lchami ×500 va ×1000 kattalashtirishlarda mos ravishda 44,23 va 50,00% ga, massasi esa abiotik nazoratga nisbatan 3,01% ga kamayib, kislorod miqdori 51,29 mass % gacha ortdi. Natijalar SH29 shtammi ko'mir chiqindilarining morfologik fragmentatsiyasi, oksidlanishi va biotransformatsiyasini faollashtirish imkoniyatiga ega ekanligini ko'rsatdi.*

Kalit so'zlar: *ko'mir chiqindisi, biodegradatsiya, biotransformatsiya, Bacillus subtilis, skanerlovchi elektron mikroskopiya, EDS, morfometriya.*

Аннотация. *Влияние местного штамма Bacillus subtilis SH29, выделенного из Шаргунского угольного месторождения, расположенного в Сурхандарьинской области, на угольные отходы оценивали с помощью гравиметрического анализа, СЭМ и ЭДС. Под воздействием SH29 средний размер частиц угля при увеличениях ×500 и ×1000 уменьшился на 44,23 и 50,00% соответственно, масса угля — на 3,01% по сравнению с абиотическим контролем, а содержание кислорода увеличилось до 51,29 масс. %. Результаты показали, что штамм SH29 способен стимулировать морфологическую фрагментацию, окисление и биотрансформацию угольных отходов.*

Ключевые слова: *угольные отходы, биодеградация, биотрансформация, Bacillus subtilis, сканирующая электронная микроскопия, EDS, морфометрия.*

Abstract. *The effects of the indigenous Bacillus subtilis SH29 strain isolated from the Shargun coal mine in the Surkhandarya Region, Uzbekistan, on coal waste were evaluated using gravimetric analysis, SEM, and EDS. Following SH29 treatment, the mean coal particle size decreased by 44.23 and 50.00% at ×500 and ×1000 magnifications, respectively; coal mass decreased by 3.01% compared with the abiotic control; and the oxygen content increased to 51.29 wt.%. The results indicate that strain SH29 can promote the morphological fragmentation, oxidation, and biotransformation of coal waste.*

Keywords: *coal waste, biodegradation, biotransformation, Bacillus subtilis, scanning electron microscopy, energy-dispersive X-ray spectroscopy, morphometry.*

Ko‘mirni qazib olish va qayta ishlashda hosil bo‘ladigan mayda fraksiyalar hamda shlamlarning to‘planishi tuproq, suv va atmosfera havosining ifloslanishiga sabab bo‘lishi mumkin [1]. Ko‘mirning murakkab aromatik-organik tuzilishi uning tabiiy parchalanishini cheklaydi. Biroq ko‘mirli muhitga moslashgan mikroorganizmlar fermentlar, organik kislotalar va boshqa metabolitlar yordamida ko‘mir matritsasining oksidlanishi, fragmentatsiyasi va ayrim komponentlarining eruvchan shaklga o‘tishini ta’minlashi mumkin [2–4]. Shu sababli mikrobial biokonversiya ko‘mir chiqindilarini qayta ishlashning istiqbolli ekologik usullaridan biri hisoblanadi.

Mualliflarning avvalgi tadqiqotlarida “Sharg‘un ko‘mir” AJ hududidagi tuproq va suv namunalaridan mahalliy bakteriyalar ajratilib, MALDI-TOF usulida identifikatsiya qilingan [5, 6]. Ko‘mirli mineral muhitda o‘sishi va fermentativ xususiyatlari asosida tanlangan SH29 izolyati 16S rRNK geni tahlili orqali *Bacillus subtilis* sifatida identifikatsiya qilindi. Uning nukleotid ketma-ketligi GenBank ma’lumotlar bazasida PZ299319.1 raqami bilan ro‘yxatga olingan.

Mikroorganizmlarning ko‘mirga ta’sirini baholashda massa o‘zgarishi bilan birga zarrachalar morfologiyasi va lokal element tarkibini aniqlash muhimdir. SEM ko‘mir yuzasidagi fragmentatsiya va strukturaviy o‘zgarishlarni, EDS esa asosiy elementlarning nisbiy miqdori va taqsimlanishini baholash imkonini beradi [7, 8]. Tadqiqotning maqsadi mahalliy *B. subtilis* SH29 shtammi ta’sirida ko‘mir chiqindisining massasi, zarrachalar morfologiyasi va lokal element tarkibidagi o‘zgarishlarni abiotik nazoratga nisbatan gravimetrik, SEM, morfometrik hamda EDS tahlillari asosida baholashdan iborat.

Tadqiqotda Sharg‘un ko‘mir konidan ajratilgan *Bacillus subtilis* SH29 shtammi (GenBank: PZ299319.1) va shu hududdan olingan ko‘mir chiqindisi qo‘llanildi. Begona aralashmalardan tozalangan, quritilgan va maydalangan ko‘mir yagona uglerod manbai sifatida ishlatildi.

SH29 shtammi Nutrient Agar muhitida 37 °C da 24–48 soat o‘stirilib, steril fiziologik eritmada bakterial suspenziya tayyorlandi. Biokonversiya tajribasi KH_2PO_4 — 0,5; K_2HPO_4 — 1,5; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,2; NaCl — 1,0 va $NaNO_3$ — 1,0 g/l saqlagan mineral muhitda (pH 7,0–7,1) olib borildi. Har bir kolbadagi 300 ml muhitga 3,0 g ko‘mir chiqindisi kiritildi.

Tajriba abiotik nazorat va SH29 shtammi bilan inokulyatsiya qilingan variantlarda tashkil etildi. Nazoratga inokulyat o‘rniga teng hajmdagi steril fiziologik eritma qo‘shildi. Kolbalar 37 °C haroratda va 160 ayl./daq tezlikda aerob sharoitda inkubatsiya qilindi.

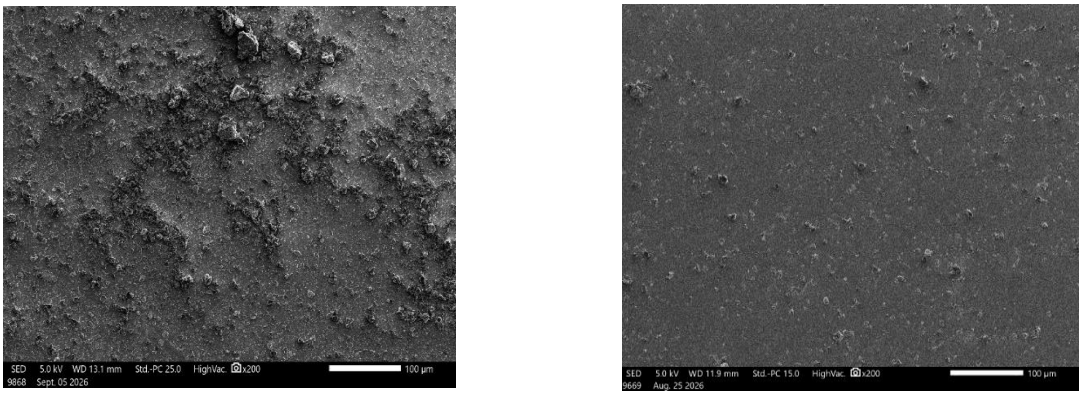
Quritilgan ko‘mir namunalari elektr o‘tkazuvchi lenta yordamida namuna tutqichiga mahkamlanib, uglerod bilan qoplandi. Namunalar JEOL JSM-IT210 skanerlovchi elektron mikroskopida 5 va 10 kV tezlashtiruvchi kuchlanishda, ×200, ×500 va ×1000 kattalashtirishlarda tekshirildi. Zarrachalarning o‘lchami, agregatlanishi, sirt notekisligi va fragmentatsiya belgilari baholandi.

×500 va ×1000 kattalashtirishlardagi chegaralari aniq ko‘rinadigan zarrachalarning chiziqli o‘lchamlari masshtab chizig‘i bo‘yicha kalibrlangan tasvirlarda o‘lchandi. Natijalar o‘rtacha qiymat ± standart og‘ish, mediana va minimal–maksimal qiymatlar bilan ifodalandi. Zarrachalar o‘rtacha o‘lchamining kamayishi abiotik nazoratga nisbatan foizda hisoblandi.

Lokal element tarkibi SEMga biriktirilgan EDS detektori yordamida aniqlandi. C, O va Si ning massa ulushi, yuzadagi taqsimlanishi hamda C/O nisbati baholandi. EDS natijalari usulning lokal va yarim miqdoriy xususiyati hisobga olingan holda qiyosiy talqin qilindi.

Ko‘mir massasidagi gravimetrik o‘zgarishlarni zarrachalar yuzasida yuz bergan morfologik va element tarkibidagi o‘zgarishlar bilan bog‘liq holda baholash maqsadida abiotik nazorat va SH29 bilan ishlov berilgan namunalar SEM hamda EDS usullarida tahlil qilindi. SEM tasvirlarining morfometrik tahlili SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada ko‘mir zarrachalari o‘lchamining abiotik nazoratga nisbatan o‘zgarishini aniqlash imkonini berdi.

Bakterial ishlovdan keyin ko‘mir zarrachalarida yuzaga kelgan morfologik va element tarkibidagi o‘zgarishlar SEM–EDS usullari yordamida baholandi. Abiotik nazorat va *Bacillus subtilis* SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunalarni qiyoslash uchun ×200, ×500 hamda ×1000 kattalashtirishlarda olingan mikrotasvirlardan foydalanildi. SEM tasvirlarida ko‘mir zarrachalarining tarqalishi, agregatlanish darajasi, fragmentlar o‘lchami va sirt tuzilishi tahlil qilindi. EDS tahlilida esa tanlangan yuzalardagi C, O, Si va boshqa elementlarning nisbiy ulushi hamda fazoviy taqsimlanishi baholandi.

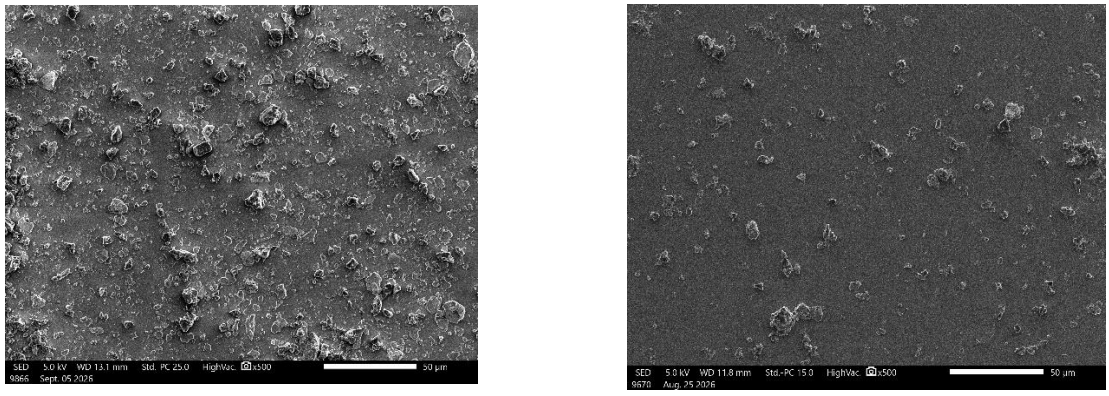


A **B**

1-rasm. Abiotik nazorat va bakterial shtamm bilan ishlov berilgan ko‘mir zarrachalarining ×200 kattalashtirishdagi SEM tasvirlari: A - abiotik nazorat; B - *Bacillus subtilis* SH29; Masshtab chizig‘i - 100 µm.

×200 kattalashtirishda olingan SEM tasvirlarida abiotik nazorat namunasi ko‘mir va mineral zarrachalarning notekis tarqalishi, qirrali fragmentlar hamda ayrim yirik va zich agregatlarning mavjudligi bilan tavsiflandi (1-rasm). Ushbu namuna SH29 shtammi bilan ishlov berilgan ko‘mirdagi morfologik o‘zgarishlarni baholash uchun taqqoslash foni sifatida qabul qilindi.

B. subtilis SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada yirik agregatlar orasida tarqalgan mayda fragmentlar abiotik nazoratga nisbatan ko‘proq kuzatildi. Shuningdek, ko‘mir zarrachalarining nisbatan dispers holatda tarqalgani va yirik agregatlar ulushining kamaygani aniqlandi. ×200 kattalashtirishdagi SEM tasvirlarida kuzatilgan ushbu belgilar SH29 shtammi ta’sirida ko‘mir zarrachalari morfologiyasi o‘zgarganini va fragmentatsiya jarayoni kuchayganini ko‘rsatdi.



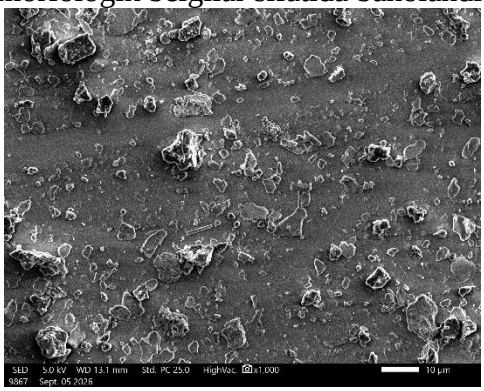
A **B**

2-rasm. Abiotik nazorat va bakterial shtamm bilan ishlov berilgan ko‘mir zarrachalarining ×500 kattalashtirishdagi SEM tasvirlari: A - abiotik nazorat; B - *Bacillus subtilis* SH29. Masshtab chizig‘i - 50 µm.

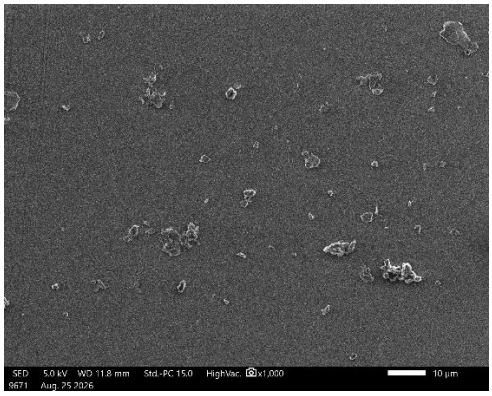
Ko‘mir yuzasidagi morfologik o‘zgarishlarni batafsil baholash uchun ×500 va ×1000 kattalashtirishlarda olingan SEM tasvirlarida zarrachalarning o‘lchami, shakli va agregatlanish darajasi, shuningdek, ularning chet qismlari holati hamda mayda fragmentlarning tarqalishi qiyoslandi.

Abiotik nazorat namunasida turli o‘lchamdagi qirrali zarrachalar va zich agregatlar saqlangan bo‘lib, ularning atrofida kichik ko‘mir va mineral fragmentlari joylashgan edi. *B. subtilis* SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada esa zarrachalar nisbatan dispers joylashgani, mayda fraksiyalar miqdori ortgani va yirik agregatlar kamaygani kuzatildi. Ayrim zarrachalar chetlarining notekislashishi va qisman buzilishi SH29 shtammi ta’sirida ko‘mir yuzasida lokal fragmentatsiya jarayonlari yuz berganini ko‘rsatdi.

Umuman, ×500 va ×1000 kattalashtirishlarda olingan SEM tasvirlari SH29 shtammi bilan ishlov berish ko‘mir zarrachalarining morfologik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatganini tasdiqladi. Abiotik nazoratga nisbatan mayda fragmentlarning ko‘payishi, yirik agregatlarning kamayishi va zarracha chetlarining buzilishi ko‘mir chiqindisining bakterial biotransformatsiyasi bilan bog‘liq morfologik belgilar sifatida baholandi.



A



B

3-rasm. Abiotik nazorat va bakterial shtamm bilan ishlov berilgan ko‘mir zarrachalarining ×1000 kattalashtirishdagi SEM tasvirlari: A - abiotik nazorat; B - *Bacillus subtilis* SH29. Masshtab chizig‘i - 10 µm.

×1000 kattalashtirishda olingan SEM tasvirlarida ko‘mir zarrachalarining chet tuzilishi va mayda fragmentlarning tarqalishi yanada aniq namoyon bo‘ldi. Abiotik nazorat namunasida qirrali va nisbatan yaxlit zarrachalar ustunlik qilgan bo‘lsa, *B. subtilis* SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada mayda dispers fragmentlar ko‘proq kuzatildi. Shuningdek, ayrim zarrachalar chetlarining notekislashgani va qisman buzilgani aniqlandi. Ushbu morfologik belgilar SH29 shtammi ta’sirida ko‘mir zarrachalarining fragmentatsiyasi kuchayganini ko‘rsatdi.

SEM tasvirlarida kuzatilgan morfologik farqlarni miqdoriy baholash maqsadida ×500 va ×1000 kattalashtirishlarda chegaralari aniq ko‘rinadigan ko‘mir zarrachalari va fragmentlarining chiziqli o‘lchamlari aniqlandi. Har bir kattalashtirish darajasi bo‘yicha olingan natijalar alohida tahlil qilinib, zarrachalar soni, o‘rtacha o‘lchami, mediana, minimal va maksimal qiymatlar hamda standart og‘ish hisoblandi (1-jadval).

1-jadval.

Nazorat va bakterial ishlov berilgan ko‘mir namunalarining SEM asosidagi morfometrik ko‘rsatkichlari

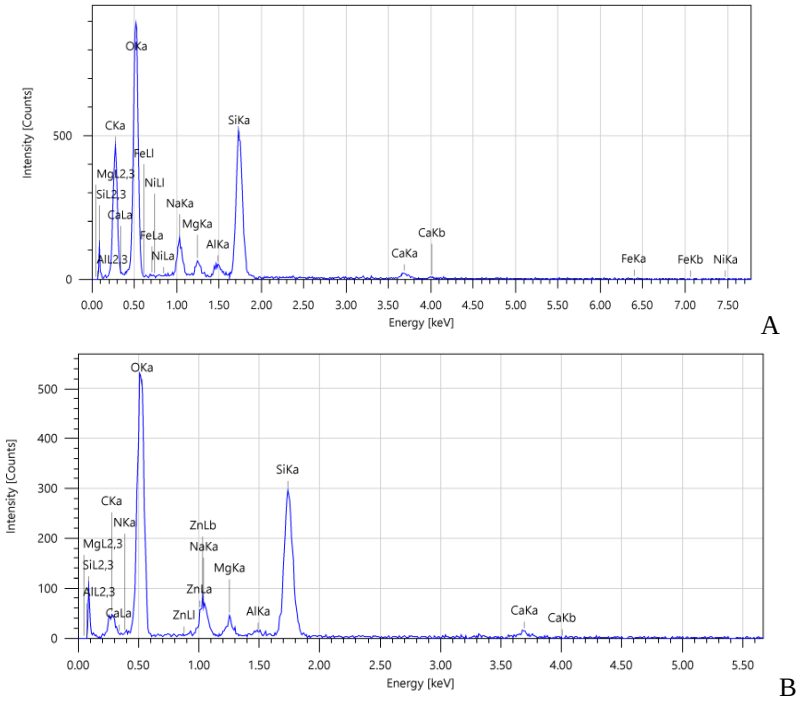
Variant	Kattalashtirish	n	O‘rtacha o‘lcham, µm	Mediana, µm	Diapazon, µm
Abiotik nazorat	×500	38	6.67 ± 3.75	6,66	0.80–15.39
B. subtilis SH29	×500	26	3.72 ± 3.14	2.89	0.57–14.30
Abiotik nazorat	×1000	39	3.00 ± 2.97	1.83	0.30–12.03
B. subtilis SH29	×1000	22	1.50 ± 1.30	0.99	0.34–5.91

×500 kattalashtirishda ko‘mir zarrachalarining o‘rtacha o‘lchami abiotik nazoratda 6,67 ± 3,75 µm, *B. subtilis* SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada esa 3,72 ± 3,14 µm ni tashkil etdi. Shunday qilib, SH29 variantida zarrachalarning o‘rtacha o‘lchami nazoratga nisbatan 44,23% ga kamaydi.

×1000 kattalashtirishda zarrachalarning o‘rtacha o‘lchami abiotik nazoratdagi 3,00 ± 2,97 µm dan SH29 variantida 1,50 ± 1,30 µm gacha kamaydi. Mazkur o‘zgarish nazoratga nisbatan 50,00% kamayishga teng bo‘ldi. Har ikki kattalashtirishda SH29 bilan ishlov berilgan namunada o‘rtacha va mediana qiymatlarining pasayishi qayd etildi.

Natijalar SEM tasvirlarining alohida ko‘rish maydonlaridagi obyektlar bo‘yicha olingan tavsiflovchi o‘lchovlarga asoslanganligi sababli biologik takrorlar o‘rtasidagi statistik ishonchlilikni

yoki biodegradatsiya darajasini bevosita ifodalamaydi. Biroq ushbu natijalar SEM tasvirlarida kuzatilgan fragmentatsiya belgilarini miqdoriy jihatdan qo‘llab-quvvatlaydi.



4-rasm. Abiotik nazorat va bakterial shtamm bilan ishlov berilgan ko‘mir namunalarining EDS spektrlari: A - abiotik nazorat; B - *Bacillus subtilis* SH29

Abiotik nazoratda C, O va Si miqdori mos ravishda 29,99; 35,02 va 19,04 mass % ni tashkil etdi. *B. subtilis* SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada C miqdori 8,72 mass % gacha kamayib, nazoratga nisbatan 21,27 foiz punktga pasaydi. Aksincha, O miqdori 51,29 mass % gacha, Si miqdori esa 24,23 mass % gacha ortdi. Nazorat bilan taqqoslaganda, O va Si ulushlari mos ravishda 16,27 va 5,19 foiz punktga ko‘paydi.

SH29 namunasida aniqlangan 1,28 mass % azot mikrob biomassasi yoki azot saqlovchi birikmalar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Biroq ushbu ko‘rsatkich biofilm mavjudligining mustaqil dalili sifatida talqin qilinmadi. Umuman, uglerod ulushining kamayishi hamda kislorod va kremniy ulushlarining ortishi SH29 shtammi bilan ishlov berilgandan keyin ko‘mir yuzasining lokal organik-mineral tarkibi nisbiy jihatdan o‘zgarganini ko‘rsatdi.

C/O nisbati abiotik nazoratda 0,856 bo‘lgan bo‘lsa, *B. subtilis* SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada 0,170 gacha kamaydi. Bu o‘zgarish SH29 bilan ishlov berilgan namunaning tahlil qilingan yuzasi kislorodga nisbatan boyiganini ko‘rsatadi. Biroq EDS tahlilining lokal va yarim miqdoriy xususiyati, ko‘mirning mineral jihatdan geterogenligi hamda namunaga qo‘llangan uglerodli qoplamaning ta’siri sababli C/O nisbati ko‘mirning umumiy oksidlanish darajasini ifodalovchi mutlaq ko‘rsatkich sifatida emas, balki SEM va boshqa tahlil natijalarini to‘ldiruvchi qiyosiy ma’lumot sifatida talqin qilindi.

EDS bo‘yicha C ulushining nisbiy kamayishi tahlil qilingan lokal sirt maydonidagi o‘zgarishni ifodalaydi va ko‘mir uglerodining biodegradatsiya foizi hisoblanmaydi.

SEM, morfometrik va gravimetrik tahlil natijalari bir xil umumiy tendensiyani ko‘rsatdi. *B. subtilis* SH29 shtammi bilan ishlov berilgan namunada zarrachalarning o‘rtacha o‘lchami va mediana qiymati abiotik nazoratga nisbatan kamaydi. Gravimetrik tahlilda ham SH29 varianti ko‘mir massasining nazoratga nisbatan 3,01% ga kamayishi bilan tavsiflandi.

EDS tahlilida SH29 shtammi bilan ishlov berilgandan keyin C ning nisbiy ulushi kamayib, O va Si ulushlari ortdi. Kislorod miqdori SH29 namunasida 51,29 mass % ni tashkil etdi. Biroq EDS tahlilining lokal va yarim miqdoriy xususiyati, ko‘mir tarkibining geterogenligi hamda uglerodli qoplamaning ehtimoliy ta’siri sababli ushbu qiymatlar butun namunaning mutlaq element tarkibi yoki ko‘mir uglerodining biodegradatsiya darajasi sifatida talqin qilinmadi.

Umuman, olingan natijalar *B. subtilis* SH29 shtammi tajriba sharoitida ko‘mir zarrachalarining morfologiyasi, o‘lchami, massasi va lokal element tarkibiga ta’sir ko‘rsatganini tasdiqladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Feng Y., Wang J., Bai Z., Reading L. Effects of surface coal mining and land reclamation on soil properties: A review // *Earth-Science Reviews*. – 2019. – Vol. 191. – P. 12–25. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.015

2. Fakoussa R.M., Hofrichter M. Biotechnology and microbiology of coal degradation // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 1999. – Vol. 52. – P. 25–40. https://doi.org/10.1007/s002530051483

3. Akimbekov N.S., Digel I., Tastambek K.T., et al. Biotechnology of microorganisms from coal environments: From environmental remediation to energy production // *Biology*. – 2022. – Vol. 11, No. 9. – Article 1306. https://doi.org/10.3390/biology11091306

4. Sekhohola-Dlamini L.M., Khan S., Wang B., Yu Z., Cowan A.K. Recent progress on the biological degradation and solubilization of coal // *Biodegradation*. – 2025. – Vol. 36. – Article 84. https://doi.org/10.1007/s10532-025-10175-9

5. Khudoyberdiyeva S.A., Akhmedova Z.R. The negative environmental impact of the coal industry and the analysis of contaminated soils and water microorganisms at the “Shargun Coal” JSC mine in Surkhandarya region // *Science and Innovation*. – 2024. – Vol. 3, No. 12. – P. 71–76. https://doi.org/10.5281/zenodo.14557157

6. Khodoyberdiyeva S.A., Ahmedova Z.R., Shonakhunov T.E. Comparative assessment of the bioremediation potential of indigenous microorganisms isolated from the industrial zone of the Shargun coal mine // *American Journal of Applied Science and Technology*. – 2025. – Vol. 5, No. 6. – P. 110–119. https://doi.org/10.37547/ajast/Volume05Issue06-25

7. Olawale J.T., Edeki O.G., Cowan A.K. Bacterial degradation of coal discard and geologically weathered coal // *International Journal of Coal Science & Technology*. – 2020. – Vol. 7, No. 2. – P. 405–416. https://doi.org/10.1007/s40789-020-00306-3

8. David Y., Baylon M.G., Pamidimarri S.D.V.N., et al. Screening of microorganisms able to degrade low-rank coal in aerobic conditions: Potential coal biosolubilization mediators from coal to biochemicals // *Biotechnology and Bioprocess Engineering*. – 2017. – Vol. 22, No. 2. – P. 178–185. https://doi.org/10.1007/s12257-016-0263-9

UO’K: 595.132:633.11(575.151)

SURXONDARYO VOHASI SHAROITIDA BUG‘DOY, YOVVOYI VA BEGONA BOSHOQLI O‘SIMLIKLARDA UCHROVCHI PARAZIT NEMATODALARNING TUR TARKIBI VA TARQALISHI

A.Sh. Xurramov, b.f.d., prof., Termiz davlat universiteti, Termiz
N.D. Himmatov, tayanch doktorant, Termiz davlat universiteti, Termiz

Annotatsiya. Mazkur maqolada Surxondaryo vodiysi bug‘doy agrotsenozlari hamda ular bilan bog‘liq yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklardagi parazit fitonematodalar o‘rganildi. Bermann voronka usuli va morfometrik tahlil asosida jami 14 ta tur aniqlandi. Shundan 13 tasi bug‘doy va uning rizosferasida, 7 tasi esa yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda qayd etildi. Ditylenchus dipsaci ildiz, poya va barglarda uchrashi bilan ajralib turdi. Natijalar fitonematodalar tarqalishini baholashda asosiy ekin bilan birga boshqa xo‘jayin o‘simliklarni ham o‘rganish muhimligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: *bug‘doy, agrotsenoz, fitonematoda, parazit nematoda, rizosfera, yovvoyi boshoqli o‘simliklar, begona o‘tlar, Pratylenchus, Tylenchorhynchus, Ditylenchus dipsaci.*

Аннотация. В статье изучены паразитические фитонематоды агроценозов пшеницы Сурхандарьинской долины, а также связанных с ними диких и сорных злаковых растений. На основе метода воронки Бермана и морфометрического анализа выявлено 14 видов, из которых 13 обнаружены на пшенице и в её ризосфере, а 7 — на диких и сорных злаковых растениях. Ditylenchus dipsaci отличался присутствием в корнях, стеблях и листьях растений. Результаты показывают, что при оценке распространения фитонематод необходимо учитывать не только основную культуру, но и другие растения-хозяева, входящие в состав агроценоза.

Ключевые слова: *пшеница, агроценоз, фитонематоды, паразитические нематоды, ризосфера, дикорастущие злаковые растения, сорные растения, Pratylenchus, Tylenchorhynchus, Ditylenchus dipsaci.*

Abstract. This article investigates parasitic plant-parasitic nematodes in wheat agroecosystems of the Surkhandarya Valley, as well as in associated wild and weedy grasses. A total of 14 species

were identified using the Baermann funnel method and morphometric analysis. Of these, 13 species were found on wheat and in its rhizosphere, while 7 species were recorded on wild and weedy grasses. Ditylenchus dipsaci was distinguished by its occurrence in plant roots, stems, and leaves. The results highlight the importance of considering not only the main crop but also other host plants within the agroecosystem when assessing the distribution of plant-parasitic nematodes.

Keywords: *wheat, agrocenosis, phytonematodes, parasitic nematodes, rhizosphere, wild cereal plants, weeds, Pratylenchus, Tylenchorhynchus, Ditylenchus dipsaci.*

Kirish. Bug‘doy dunyo miqyosida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega bo‘lgan asosiy donli ekinlardan biridir. Uning hosildorligi ko‘plab biotik va abiotik omillarning o‘zaro ta’siri natijasida shakllanadi. Mazkur omillar orasida tuproqda yashovchi hamda o‘simlik to‘qimalari bilan oziqlanuvchi fitonematodalar alohida o‘rin tutadi. Ularning ayrim vakillari o‘simliklarning ildiz tizimi faoliyatini buzib, suv va mineral elementlarni o‘zlashtirish qobiliyatini pasaytirishi mumkin [1, 4, 6].

Donli ekinlar bilan bog‘liq fitonematodalar majmuasida *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus*, *Ditylenchus* va boshqa avlod vakillarining keng tarqalganligi qayd etilgan [6–9]. Ayniqsa, *Pratylenchus* avlodiga mansub turlar ildiz tizimi bilan bevosita bog‘liq holda yashashi va oziqlanishi sababli donli ekinlarning fitosanitar holatini baholashda muhim guruhlardan biri hisoblanadi [10–12].

Fitonematodalarning agrotsenozdagi mavjudligi faqat madaniy ekin bilan chegaralanmaydi. Bug‘doy dalalarida uchraydigan yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklar ayrim parazit nematodalar uchun qo‘shimcha xo‘jayin vazifasini bajarishi mumkin. Shu sababli mazkur o‘simliklar agrotsenozlarda nematoda populyatsiyalarining saqlanishi va keyingi vegetatsiya davrida tarqalishida muayyan ekologik ahamiyat kasb etadi [15].

Janubiy O‘zbekiston, xususan, Surxondaryo viloyati yuqori haroratli va nisbatan quruq iqlimi, sug‘oriladigan dehqonchilik tizimi hamda xilma-xil agrotsenozlari bilan ajralib turadi. Hudud fitonematodafaunasining ayrim guruhlari bo‘yicha O.M. Mavlyanov, A.Sh. Xurramov va boshqa tadqiqotchilar tomonidan muhim ma’lumotlar to‘plangan [10, 11, 15]. Fitonematodalarni o‘rganishda morfologik va morfometrik belgilar majmuasidan foydalanish ularni tur darajasida ishonchli aniqlash uchun muhim hisoblanadi [9].

Shu nuqtayi nazardan, bug‘doy agrotsenozini faqat «ekin–parazit» munosabati doirasida emas, balki «bug‘doy–yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklar–fitonematoda» tizimi sifatida o‘rganish ilmiy va amaliy jihatdan muhimdir.

Material va uslublar. Tadqiqotlar Surxondaryo vodiysining turli tuproq-iqlim sharoitlariga ega hududlarida joylashgan bug‘doy agrotsenozlarida olib borildi. Namuna olish jarayonida bug‘doy o‘simliklarining ildiz tizimi, ildiz atrofi tuprog‘i, poya va barg qismlari alohida o‘rganildi. Bundan tashqari, bug‘doy ekinlari orasida yoki ularga tutash maydonlarda uchraydigan ayrim yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklardan ham materiallar yig‘ildi.

Namuna olishda marshrut va konvert usullaridan foydalanildi. Tuproq namunalari o‘simliklarning ildiz tizimiga yaqin qatlamdan olindi. O‘simlik materiallari ildiz, poya va barg qismlariga ajratilib, har bir qism alohida tahlil qilindi.

Tuproq va ildiz atrofi namunalari tarkibidagi nematodalarni ajratish uchun Bermann voronka usuli qo‘llanildi. Ajratilgan nematodalar mikroskop ostida o‘rganilib, morfologik belgilariga ko‘ra guruhlarga ajratildi. Nematodalarning doimiy mikropreparatlari Seinhorst usuli yordamida tayyorlanib, ularning diagnostik belgilari batafsil o‘rganildi.

Tur identifikatsiyasida tana shakli va uzunligi, bosh qismi, stilet, qizilo‘ngach, median bulb, jinsiy tizim, dum shakli, lateral chiziqlar hamda boshqa diagnostik morfologik belgilar hisobga olindi.

Morfometrik tahlilda quyidagi ko‘rsatkichlardan foydalanildi: **L** — tana uzunligi; **a** — tana uzunligining maksimal tana eniga nisbati; **b** — tana uzunligining qizilo‘ngach uzunligiga nisbati; **c** — tana uzunligining dum uzunligiga nisbati; **V** — vulvaning oldingi tana uchidan joylashish holati.

Morfometrik belgilarni kompleks baholash tur jihatdan yaqin nematodalarni bir-biridan farqlashda muhim diagnostik ahamiyatga ega [9]. Tadqiqot materiallarida **L, a va c** ko‘rsatkichlari

ayrim turlarda nisbatan o‘zgaruvchan bo‘lgan bo‘lsa, **V** ko‘rsatkichi ko‘pchilik turlarda barqarorroq bo‘ldi.

Natijalar va munozara. Tadqiqot natijasida Surxondaryo vodiysi bug‘doy agrotsenozlari hamda ular bilan bog‘liq yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda jami 14 ta parazit fitonematoda turi aniqlandi (1-jadval).

Jadval ma'lumotlariga ko‘ra, tadqiqot hududida jami 14 ta parazit fitonematoda turi qayd etildi. Bug‘doy va uning rizosferasida 13 ta, yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda esa 7 ta parazit fitonematoda turi aniqlandi.

Ikki guruh o‘simliklarida qayd etilgan turlarning muayyan qismi umumiy bo‘lib, *Tylenchorhynchus brassicae*, *T. tener*, *Bitylenchus dubius*, *Pratylenchus pratensis*, *P. neglectus* va *Ditylenchus dipsaci* har ikkala guruhda ham uchradi. Bu holat mazkur turlarning agrotsenoz doirasida turli xo‘jayin o‘simliklar bilan bog‘lanishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Bug‘doy agrotsenozlarida aniqlangan ektoparazitlar orasida *Tylenchorhynchus brassicae, T. tener, Bitylenchus dubius, Merlinius bogdanovi-katjkovi*, *Helicotylenchus dihystera*, *H. erythrinae* va *H. pseudorobustus* qayd etildi. Endoparazitlar tarkibida esa *Pratylenchus* avlodi vakillari hamda poya nematodasi *Ditylenchus dipsaci* aniqlandi.

Yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda qayd etilgan 7 turning 6 tasi bug‘doyda ham uchragan. Jumladan, *T. brassicae*, *T. tener*, *B. dubius*, *P. pratensis*, *P. neglectus* va *D. dipsaci* har ikkala o‘simlik guruhida qayd etildi. Mazkur umumiylik ushbu turlarning agrotsenoz sharoitida turli xo‘jayin o‘simliklar bilan bog‘liq holda saqlanishi va tarqalishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Ayrim vegetatsiya bosqichlarida madaniy o‘simlikning ildiz tizimi yoki yer ustki qismlaridagi o‘zgarishlar sharoitida dalada saqlanib qolgan yovvoyi va begona o‘simliklar ayrim fitonematodalar uchun muqobil xo‘jayin bo‘lishi mumkin. Shu sababli begona boshoqli o‘simliklarni faqat raqobatchi o‘simlik sifatida emas, balki fitonematodalar ekologiyasining tarkibiy elementi sifatida ham baholash lozim.

Jadval-1

Surxondaryo vodiysi bug‘doy agrotsenozlari va yovvoyi hamda begona boshoqli o‘simliklarda aniqlangan parazit fitonematodalar

№	Tur	Parazitlik tipi	Asosiy uchrash joyi	Bug‘doy	Yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklar
1	*Xiphinema index*	Ektoparazit	Ildiz, rizosfera	+	–
2	*Tylenchorhynchus brassicae*	Ektoparazit	Ildiz, rizosfera	+	+
3	*Tylenchorhynchus tener*	Ektoparazit	Ildiz, rizosfera	+	+
4	*Bitylenchus dubius*	Ektoparazit	Ildiz, rizosfera	+	+
5	*Merlinius bogdanovi-katjkovi*	Ektoparazit	Ildiz, rizosfera	+	–
6	*Helicotylenchus dihystera*	Ektoparazit	Ildiz, rizosfera	+	–
7	*Helicotylenchus erythrinae*	Ektoparazit	Rizosfera, ildiz	+	–
8	*Helicotylenchus pseudorobustus*	Ektoparazit	Ildiz, rizosfera	+	–
9	*Pratylenchus pratensis*	Endoparazit	Ildiz, to‘qimalar, rizosfera	+	+
10	*Pratylenchus neglectus*	Endoparazit	Ildiz, rizosfera	+	+
11	*Pratylenchus penetrans*	Endoparazit	Ildiz, rizosfera	+	–
12	*Pratylenchoides crenicauda*	Parazit	Ildiz, rizosfera	+	–
13	*Paratylenchus amblycephalus*	Parazit	Rizosfera	–	+
14	*Ditylenchus dipsaci*	Endoparazit	Ildiz, poya, barg, rizosfera	+	+

Tadqiqotlarda parazit turlarning asosiy qismi rizosfera va ildiz tizimida qayd etildi. Bu holat tuproq bilan bevosita bog‘liq ektoparazitlar va ildiz endoparazitlarining biologik xususiyatlari bilan bog‘liq. Bug‘doyning ildiz tizimi nematodalar uchun oziqlanish va migratsiyaning asosiy zonalaridan biri bo‘lib, ayniqsa *Pratylenchus* avlodi vakillarining ildiz bilan bog‘liqligi ularning fitosanitar ahamiyatini oshiradi [6, 7].

Bundan farqli ravishda, *Ditylenchus dipsaci* o‘simlikning yer ustki qismlariga ham kirib borishi bilan ajralib turdi. Tadqiqot materiallarida ushbu tur bug‘doyning ildizi, poyasi va barglarida qayd

etildi. Bu xususiyat uning boshqa ko‘plab tuproq bilan bog‘liq turlardan biologik jihatdan farqlanishini ko‘rsatadi.

Asosiy parazit turlarining morfometrik xususiyatlari .*Tylenchorhynchus brassicae* bug‘doy ildizi va rizosferasida kengroq uchragan turlardan biri bo‘ldi. Urg‘ochilarining tana uzunligi **0,62–0,66 mm**, **a = 29,8–31,4**, **b = 5,4–5,6**, **c = 15,5–16,0**, **V = 53,8–54,0 %** oralig‘ida bo‘lgan. Mazkur tur Surxondaryo vodiysining bir qator hududlaridagi bug‘doy va boshoqli o‘simliklar ildiz atrofi tuprog‘ida qayd etildi.

Tylenchorhynchus tener urg‘ochilarining tana uzunligi 0,99–1,30 mm, a = 38,2–46,4, b = 5,5–7,9, c = 17,3–19,5, V = 48–53 % ni tashkil etdi. Tur bug‘doy ildizi va rizosferasida, shuningdek, ayrim yovvoyi boshoqli o‘simliklarda uchradi.

Bitylenchus dubius bug‘doy ildiz tizimida nisbatan ko‘proq qayd etildi. Urg‘ochilarida tana uzunligi 0,58–0,74 mm, a = 28,2–35,3, b = 4,3–5,2, c = 14,5–17,9, V = 50–58 % bo‘lgan. Ushbu tur bug‘doydan tashqari ayrim yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda ham aniqlandi.

Pratylenchus pratensis tadqiqotlarda alohida e’tibor talab qiluvchi ildiz parazitlaridan biri sifatida namoyon bo‘ldi. Urg‘ochilarining tana uzunligi 0,45–0,58 mm, a = 22,0–30,2, b = 4,6–8,2, c = 15,4–18,6, V = 74–79 % oralig‘ida qayd etildi. Ushbu tur bug‘doyning ildizi va rizosferasida, shuningdek, ayrim yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda uchradi [6, 7, 12].

Tadqiqotda aniqlangan turlar orasida *Ditylenchus dipsaci* o‘simlik organlari bo‘yicha keng tarqalishi bilan ajralib turdi. Urg‘ochilarining tana uzunligi 1,0–1,3 mm, a = 44,8–46,4, b = 8,6–9,3, c = 12,6–14,2, V = 78,9–80 % ni tashkil etdi. Erkaklarida tana uzunligi 0,78–1,10 mm, a = 36,5–44,2, b = 5,9–6,4, c = 11,7–15,0 bo‘lgan. Ushbu tur bug‘doyning ildizi, poyasi va barglarida, shuningdek, yovvoyi boshoqli o‘simliklarda qayd etildi.

Morfometrik tahlil natijalari parazit fitonematodalar turlarini aniqlashda belgilar majmuasiga asoslangan yondashuv zarurligini ko‘rsatdi. Ayrim turlarda tana uzunligi sezilarli darajada o‘zgaruvchan bo‘ldi. Xususan, *D. dipsaci*, *B. dubius* va *T. tener* turlarida L ko‘rsatkichi nisbatan yuqori variabellik bilan ajralib turdi. *P. pratensis*, *H. dihystera*, *B. dubius* va *T. tener* turlarida a ko‘rsatkichi ham ma’lum darajada o‘zgaruvchan bo‘ldi. Shu bilan birga, V ko‘rsatkichi aksariyat turlarda nisbatan barqaror saqlangan.

Shu sababli tur diagnostikasida faqat tana uzunligiga tayanish yetarli emas. Tana shakli, bosh tuzilishi, stilet uzunligi, qizilo‘ngach tuzilishi, lateral chiziqlar, dum morfologiyasi va jinsiy tizim belgilarini kompleks baholash ishonchli tur identifikatsiyasi uchun muhimdir.

Bug‘doy vegetatsiyasi davomida nematodalar soni va tur tarkibining o‘zgarishi kuzatildi. Rizosferadagi nematodalar dinamikasida tuproq namligi, harorat va o‘simlikning fiziologik holati muhim ahamiyat kasb etdi. Vegetatsiyaning dastlabki davrlarida tuproq namligining nisbatan yuqoriligi va ildiz tizimining faol rivojlanishi nematodalar uchun qulay ekologik sharoit yaratdi. Haroratning ko‘tarilishi va tuproq namligining kamayishi bilan ayrim guruhlarning soni pasaydi. Bu holat, ayniqsa, rizosferada yaqqol namoyon bo‘ldi.

O‘simlik to‘qimalarida yashovchi parazitlarda tashqi muhitning bevosita ta’siri nisbatan kamroq bo‘lishi mumkin. Vegetatsiya oxiriga kelib ildiz va yer ustki organlari to‘qimalarining fiziologik o‘zgarishi ham parazitlar soniga ta’sir ko‘rsatdi. Bu holat Surxondaryo vodiysining issiq va quruq yoz sharoitida fitonematodalar ekologiyasini baholashda tuproq harorati va namligini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Fitonematodalarning ekologik va fitosanitar ahamiyati. Aniqlangan barcha turlarni bir xil darajadagi xavfli parazitlar sifatida baholash to‘g‘ri emas. Ularning agrotsenozdagi soni, uchrash chastotasi, o‘simlik organlariga kirib borish xususiyati va xo‘jayin doirasi turlicha. Shu nuqtayi nazardan, *Ditylenchus dipsaci* va *Pratylenchus* avlodi vakillari monitoring nuqtayi nazaridan alohida ahamiyatga ega. *Pratylenchus* vakillarining ildiz tizimi bilan bog‘liqligi donli ekinlarning ildiz faoliyatiga ta’sir qilishi mumkin [3, 6, 12], *D. dipsaci* esa o‘simlikning bir nechta vegetativ organlarida uchrashi bilan ajralib turadi [5].

Shuningdek, yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarning mavjudligi fitonematodalar uchun qo‘shimcha xo‘jayinlar tizimini shakllantirishi mumkin. Demak, agrotsenozning fitosanitar holatini

baholashda faqat ekin o‘simligini tekshirish bilan cheklanib qolish ayrim parazit turlarining real tarqalish ko‘lamini to‘liq aks ettirmasligi mumkin.

Xulosa. Surxondaryo vodiysi bug‘doy agrotsenozlari hamda ular bilan bog‘liq yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda jami **14 ta parazit fitonematoda turi** aniqlandi. Ulardan 13 tasi bug‘doy va uning rizosferasida, 7 tasi esa yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda qayd etildi. Mazkur natijalar bug‘doy agrotsenozidagi parazit fitonematodalar majmuasi asosiy ekin bilan bir qatorda agrotsenoz tarkibidagi boshqa xo‘jayin o‘simliklar bilan ham bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Tylenchorhynchus brassicae, T. tener, Bitylenchus dubius, Pratylenchus pratensis, P. neglectus va *Ditylenchus dipsaci* bug‘doy hamda yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarda umumiy qayd etilgan turlar bo‘ldi. Parazit fitonematodalarning asosiy qismi rizosfera va ildiz tizimida uchragan bo‘lib, bu ularning ildiz bilan bog‘liq ektoparazit va endoparazit guruhlariga mansubligi bilan izohlanadi.

Ditylenchus dipsaci o‘simlikning ildiz, poya va barg qismlarida uchrashi bilan boshqa aniqlangan turlardan ajralib turdi. Uning yovvoyi boshoqli o‘simliklarda ham qayd etilishi mazkur o‘simliklarning agrotsenoz sharoitida fitonematodalar uchun qo‘shimcha xo‘jayin sifatidagi ahamiyatini ko‘rsatadi.

Tadqiqot natijalari bug‘doy agrotsenozlarining fitosanitar monitoringida faqat asosiy ekin bilan cheklanib qolmasdan, uning atrofida o‘suvchi yovvoyi va begona boshoqli o‘simliklarni ham hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Mazkur o‘simliklar ayrim parazit fitonematodalar uchun qo‘shimcha xo‘jayin va agrotsenozda ularning populyatsiyasi saqlanishini ta’minlovchi ekologik bo‘g‘in bo‘lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO’YXATI:

1. Decker H. *Nematodenkrankheiten der Kulturpflanzen*. Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1974.
2. Decker H., Dowe A. Untersuchungen über pflanzenparasitische Nematoden // *Nematologica*. 1982.
3. Doule R., et al. The effect of *Pratylenchus thornei* on wheat yield // *Plant Pathology*. 1987.
4. Goodey J.B. *Soil and Freshwater Nematodes*. London, 1963.
5. Grujicic M., et al. *Ditylenchus dipsaci* and its occurrence on wheat. 1988.
6. Jones F.G.W. *The Nematode Pests of Cereals*. London, 1972.
7. Kimpinski J., Wallace H.R. Nematodes associated with cereal crops. 1976.
8. Liskova M., et al. Parasitic nematodes in cereal-growing areas. 1988.
9. Maggenti A.R. *General Nematology*. New York: Springer-Verlag, 1981.
10. Мавлянов О.М. Паразитические и почвенные нематоды технических культур юга Узбекистана. Ташкент: Фан, 1976. 81 с.
11. Мавлянов О.М. Сравнительный анализ паразитических фитонематод агроценозов Узбекистана. Ташкент, 1987.
12. Скарбилович Т.С., Хуррамов Ш.Х. Паразитические нематоды семейства *Pratylenchidae* (Thorne, 1949) и поражаемые ими растения. М., 1987. 114 с.
13. Renco M. The communities of nematodes in agroecosystems of sugar beet, cereals and lucerne in Eastern Slovakia // *Helminthologia*. 2003. Vol. 40, № 1. P. 55–58.
14. Riley A.T., Kelly S.J. Endoparasitic nematodes in cropping soils of Western Australia // *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2002. Vol. 42, № 1. P. 49–56.
15. HimmatovN.D., XurramovA.Sh. G‘alla ekinlari nematodalarini tadqiq etish tarixi va zamonaviy yo‘nalishlari // O‘zbekiston Milliy universiteti xabarlari (O‘zMU xabarlari).– 2026.– №2.– B. 140–142

UO‘K 582.26/.27:604.6

INTRODUTSENT MAKROFITLARNI LABORATORIYA SHAROITIDA KO‘PAYTIRISH VA ULARDAN BIOTEXNOLOGIK JARAYONLARDA FOYDALANISH

K.R. Yo‘ldashev, dots., b.f.f.d., Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat Universiteti, Urganch

G.I. Qadirova, stajyor o‘qituvchi, doktorant, Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat Universiteti, Urganch

Annotatsiya. *Mazkur maqolada introduksiyalangan suv makrofitlari -eyxorniya (Eichhornia crassipes Solms) va pistiya (Pistia stratiotes L.) ni laboratoriya sharoitida ko‘paytirish, ularning o‘sish va rivojlanish dinamikasi hamda hosil qilgan biomassasidan biotexnologik jarayonlarda foydalanish imkoniyatlari tahlil qilingan. Shu bilan birga tajribalar asosida Xorazm viloyati*

sharoitida laboratoriya sharoitida olib borilishi modeli asosida o'simliklarning vegetativ ko'payishi, yangi barg va ildizlarning shakllanishi, biomassaning ortishi hamda muhit parametrlariga moslashuv natijasi o'rganilganligi bayon qilingan.

Kalit so'zlar: *introduksiya, makrofit, eyxorniya, pistiya, biomassa, fitoremediatsiya, fitotransformatsiya, fitoekstraksiya, biotexnologiya, oqova suv, biogaz.*

Аннотация. *В данной статье проанализированы возможности лабораторного размножения интродуцированных водных макрофитов — эйхорнии (Eichhornia crassipes Solms) и пистии (Pistia stratiotes L.), динамика их роста и развития, а также использования образуемой ими биомассы в биотехнологических процессах. На основе проведённых экспериментов изучены вегетативное размножение растений, формирование новых листьев и корней, увеличение биомассы и адаптация к параметрам среды в лабораторных условиях Хорезмской области. В статье также представлена модель проведения лабораторных исследований с учётом местных условий Хорезмской области.*

Ключевые слова: *интродукция, макрофит, эйхорния, пистия, биомасса, фиторемедиация, фитотрансформация, фитоэкстракция, биотехнология, сточные воды, биогаз.*

Abstract. *This article analyzes the possibilities of laboratory propagation of the introduced aquatic macrophytes water hyacinth (Eichhornia crassipes Solms) and water lettuce (Pistia stratiotes L.), the dynamics of their growth and development, and the potential use of the biomass they produce in biotechnological processes. Based on the conducted experiments, vegetative propagation of the plants, formation of new leaves and roots, increase in biomass, and adaptation to environmental parameters under laboratory conditions in the Khorezm region were studied. The article also describes a laboratory research model developed with consideration of the specific conditions of the Khorezm region.*

Key words: *introduction, macrophyte, water hyacinth, water lettuce, biomass, phytoremediation, phytotransformation, phytoextraction, biotechnology, wastewater, biogas.*

Kirish. Hozirgi vaqtda suv resurslaridan oqilona foydalanish, suv havzalarining ifloslanishini kamaytirish va biologik resurslardan qayta foydalanish ekologik biotexnologiyaning muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Suv havzalariga qishloq xo'jaligi, maishiy va sanoat oqova suvlarining tushishi natijasida azot va fosfor birikmalari, organik moddalar hamda ayrim toksik elementlarning konsentratsiyasi ortib bormoqda. Bunday sharoitda suv o'simliklaridan foydalanishga asoslangan fitoremediatsiya usullari muhim ahamiyatga ega [1]. Suv makrofitlari ildiz tizimi orqali suvdagi oziqa elementlarini o'zlashtiradi, ayrim ifloslantiruvchi moddalarni to'playdi va shu bilan suv sifatining yaxshilanishiga yordam beradi. Ilmiy adabiyotlarda *Eichhornia crassipes* va *Pistia stratiotes* oqova suvlarni biologik tozalashda istiqbolli makrofitlar sifatida ko'rsatilgan [3].

Eichhornia crassipes — suv giatsinti yoki eyxorniya — tez o'suvchi, suv yuzasida suzib yuruvchi ko'p yillik makrofit bo'lib, yuqori biomassaga ega bo'lishi bilan ajralib turadi. Ushbu turning suvdan og'ir metallar, bo'yoqlar va ayrim organik hamda noorganik ifloslantiruvchilarni o'zlashtirish imkoniyati ko'plab tadqiqotlarda qayd etilgan.

Pistia stratiotes — pistiya yoki suv karami — ham suv yuzasida erkin suzuvchi makrofit bo'lib, ildiz tizimining yaxshi rivojlanganligi tufayli suv muhitidagi oziqa elementlari va ayrim ifloslantiruvchi moddalarni o'zlashtirish xususiyatiga ega. Tadqiqotlarda pistiyadan azot, fosfor va boshqa ifloslantiruvchi komponentlarni kamaytirishda foydalanish imkoniyati ko'rsatilgan [5]. O'zbekiston sharoitida ushbu makrofitlarning ilmiy-amaliy ahamiyati alohida e'tiborga loyiq. Xususan, O'zbekistonda *Pistia stratiotes* va *Eichhornia crassipes* laboratoriya va dala sharoitlarida o'rganilganligi hamda ularning minerallashgan kollektor-zovur suvlarida rivojlanish xususiyatlari tadqiq qilingan [2]. Xorazm viloyati sharoitida suv resurslaridan samarali foydalanish, kollektor-zovur va boshqa suvlarning sifatini yaxshilash hamda biologik xomashyodan qayta foydalanish imkoniyatlarini izlash dolzarb masalalardan biridir.

Materiallar va metodika. Tadqiqot laboratoriya sharoitida olib borish modeli asosida tashkil etildi. Bunda quyidagi bosqichlarda tajribalar olib borildi:

1-bosqich-moslashtirish. O‘simliklar tabiiy sharoitdan laboratoriya sharoitiga ko‘chiriladi va dastlabki 5–7 kun davomida kuzatildi.

2-bosqich-vegetativ ko‘paytirish. Eyxorniyada ona o‘simlikdan hosil bo‘ladigan yon novdalar, pistiyada esa yangi rozetkalar rivojlanishi kuzatildi.

3-bosqich-o‘sish dinamikasini aniqlash. Har 7 kunda barglar soni, ildiz uzunligi, yangi novdalar soni va biomassa qayd qilindi.



1-Rasm. Eyxorniya va pistiya o‘simliklarining fenologik rivojlanishini o‘rganish jarayoni.

Tadqiqot obyekti sifatida *Eichhornia crassipes* va *Pistia stratiotes* o‘simliklarining vegetativ ko‘payishga qobiliyatli sog‘lom namunalari tanlandi.

Tajribalar Urganch davlat universitetining “Biologiya” kafedrasi “O‘simliklar fiziologiyasi va biokimyosi” laboratoriya xonasida olib borildi. O‘simliklar laboratoriya sharoitiga moslashtirilgandan so‘ng tajribalar olib borish maqsadida balandligi 30 sm, eni 30 sm va bo‘yi 42 sm, hajmi esa 30 litr bo‘lgan bo‘lgan plastik idishlar (akvariumlar)dan foydalanildi. Tajriba davomida o‘simliklarning boshlang‘ich massasi, barglar soni, ildiz uzunligi va umumiy biomassa o‘zgarishi qayd etib borildi.

Tajriba natijalari. Tajribalar 2 ta variantda laboratoriya sharoitida, bir xil vaqtda, bir xil tarkibli suvga eyxorniya va pistiya o‘simliklari ekildi. Laboratoriya tajribalarida eyxorniya va pistiyaning dastlabki davrda muhitga moslashishi, keyinchalik esa vegetativ ko‘payish jarayonining faollashishi o‘rganildi.

Tadqiqotlar davomida eyxorniyada barglar soni, yangi novdalar soni va ildiz uzunligining muntazam ortishi kuzatildi. Tajriba natijasida 21 kun (3 hafta) davomida barglar soni 6 dan 12 gacha, yangi novdalar soni 0 dan 3 gacha, ildiz tizimi uzunligi 10,2 sm dan 24,5 sm gacha, biomassa boshlang‘ich 150 g/m^2 dan 208 g/m^2 gacha ortganligi aniqlandi.

Pistiyada ham vegetativ ko‘payishning muntazam davom etishi kuzatildi. Tajriba natijasida pistiyaning barglar soni 8 dan 17 gacha, rozetkalar (g‘uj barglar) 0 dan 5 gacha, ildiz uzunligi 5,8 sm dan 12,2 sm gacha, biomassa 150 g/m^2 dan 196 g/m^2 gacha ortganligi aniqlandi.

Natijalar 2-variantda o‘zaro taqqoslaganda 21-kunlik natijaga ko‘ra barglar soni eyxorniyada 12 ta, pistiyada 17 ta, yangi novdalar soni 3/5, ildiz uzunligi 24,5/12.2 sm, biomassa 208/196 g ni tashkil qildi.

1-jadval.

Eyxorniyaning o‘sish va rivojlanish dinamikasi.

Kuzatuv muddati	Barglar soni, dona	Yangi novdalar, dona	Ildiz uzunligi, sm	Biomassa, g/m^2
Dastlab ekilganda	6,0	0	10,2	150
7-kun	7	1,0	11,4	165
14-kun	9	2,0	14,0	184
21-kun	12	3,0	24,5	208

2-jadval.

Pistiyaning o‘sish va rivojlanish dinamikasi.

Kuzatuv muddati	Barglar soni, dona	Yangi rozetkalar, dona	Ildiz uzunligi, sm	Biomassa, g
Dastlab ekilganda	8,0	0	5,8	150
7-kun	11	1,0	7,8	160
14-kun	13	3,0	9,4	182
21-kun	17	5,0	12,2	196

3-jadval.

Eyxorniya va pistiyaning umumiy o‘sish ko‘rsatkichlarining qiyosiy tahlili.

Ko‘rsatkich	Eyxorniya	Pistiya
Boshlang‘ich biomassa, g	150	150
21-kundagi biomassa, g	208	196
Biomassa ortishi, %	179	151
Barglar soni ortishi, dona	12	17
Ildiz uzunligi ortishi, sm	24,5	12,2
Yangi vegetativ birliklar, dona	3	5

Ushbu namunaviy natijalar asosida eyxorniyaning biomassani to‘plash bo‘yicha, pistiyaning esa vegetativ birliklar sonini ko‘paytirish bo‘yicha yuqori ko‘rsatkichga ega bo‘lishi mumkinligi ko‘rsatdi.

Muhokama. Eyxorniya va pistiyaning laboratoriya sharoitida tez ko‘payishi ularni biologik texnologiyalarda (oqova suvlarni fitoremediatsiya qilish, biomassa olish, biogaz olish, bioo‘g‘it olish) foydalanish uchun istiqbolli obyektga aylantiradi. Ayniqsa, suv yuzasida erkin suzuvchi makrofitlar sifatida ularni yetishtirish uchun murakkab substrat talab qilinmasligi va vegetativ ko‘payishining nisbatan tez amalga oshishi amaliy jihatdan muhimdir. Eyxorniya va pistiyadan suvdagi zararli moddalar miqdorini kamaytirishga qaratilgan biologik tozalash tizimlarida foydalanish mumkin. Ilmiy manbalarda suv makrofitlarining fitoremediatsiya mexanizmlarida rizofiltratsiya, fitoekstraksiya, fitostabilizatsiya va fitotransformatsiya jarayonlarida ishtirok etadi [1]. Fitoremediatsiya-atrof-muhitni, ayniqsa tuproq va suvni turli ifloslantiruvchi moddalar, jumladan og‘ir metallar, neft mahsulotlari va boshqa toksik birikmalardan o‘simliklar yordamida tozalash yoki zararsizlantirish usuli. Bu ekologik jihatdan nisbatan xavfsiz va iqtisodiy samarali usullardan biridir. Rizofiltratsiya-o‘simliklarning ildizlari orqali suvdagi ifloslantiruvchi moddalarni, ayniqsa og‘ir metallarni, yutib olish yoki ildiz yuzasida ushlab qolish jarayoni. Fitoekstraksiya-o‘simliklarning tuproqdagi og‘ir metallar va boshqa ayrim ifloslantiruvchi moddalarni ildizlari orqali o‘zlashtirib, poya va barglarida to‘plashi jarayoni. Fitostabilizatsiya-o‘simliklar yordamida tuproqdagi ifloslantiruvchi moddalarni harakatsizlantirish va ularning atrof-muhitga tarqalishini kamaytirish jarayoni. Fitotransformatsiya — o‘simliklarning fermentlari va metabolik jarayonlari yordamida ifloslantiruvchi organik moddalarni kimyoviy jihatdan o‘zgartirib, kamroq zaharli yoki nisbatan zararsiz birikmalarga aylantirishi jarayoni [1]. Yuqoridagi biotexnologik jarayonlarni amalga oshirishda Xorazm viloyatiga introdutsent makrofitlar sifatida olib kelingan eyxorniya (Eichhornia crassipes Solms) va pistiya (Pistia stratiotes L.) o‘simliklari samarali natija beradi.

Natija. Laboratoriya sharoitida olib boriladigan tadqiqotlar natijasida eyxorniya va pistiyaning vegetativ ko‘payishga yuqori qobiliyatga ega ekanligini baholash mumkin. Tajriba natijalariga ko‘ra, 21 kun davomida eyxorniya biomassasi 150 g dan 208 g gacha, pistiya biomassasi esa 150 g dan 196 g gacha oshgan. Eyxorniyada ildiz tizimining tez rivojlanishi va biomassa to‘planishining yuqoriligi, pistiyada esa yangi rozetkalar hosil bo‘lishining faolligi kuzatilishi mumkin. Olingan natijalar ushbu makrofitlarni Xorazm viloyati sharoitida yopiq laboratoriya tizimlarida ko‘paytirish, keyinchalik esa ularning biomassasidan ekologik biotexnologiya va bioenergetika yo‘nalishlarida foydalanish imkoniyati mavjudligini ko‘rsatadi.

Xulosa. Eichhornia crassipes va Pistia stratiotes laboratoriya sharoitida vegetativ yo‘l bilan ko‘paytirish uchun istiqbolli suv makrofitlari hisoblanadi. Xorazm viloyati sharoitida ushbu o‘simliklarni nazorat qilinadigan laboratoriya tizimida ko‘paytirish ularning o‘sish va rivojlanish xususiyatlarini muntazam o‘rganish imkonini beradi. Eyxorniya biomassaning tez ortishi va kuchli ildiz tizimi bilan, pistiya esa yangi rozetkalarni tez hosil qilishi bilan ajralib turadi. Ushbu makrofitlardan oqova suvlarni biologik tozalash va fitoremediatsiya qilishda foydalanish

mumkin. Shu sababli eyxorniya va pistiyani Xorazm sharoitida "laboratoriyada ko'paytirish → fitoremediatsiya → biomassa yig'ish → anaerob fermentatsiya → biogaz olish" zanjiri asosida o'rganish istiqbolli ilmiy-amaliy yo'nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Aliyev S., Karimov B. (2021). Fitoremediatsiya asoslari. Toshkent.

2. Yo'ldashev K.R. Xorazm viloyatidagi kommunal va qishloq xo'jalik korxonalari oqova suvlarida yuksak suv o'simliklarini ko'paytirish va suvni tozalash. Biol. fan. fals. dokt. dis. – Nukus, 2024. – 22-32 b.

3. Yo'ldoshov L.T. Ishlab chiqarish va qishloq xo'jaligi korxonalari oqova suvlarini tozalashning biotexnologik asoslari. Biol. fan. fals. dokt. dis. – Buxoro, 2021.52-68

4. Imron M.F., Firman Firdaus A.A., Flowerainsyah Z.O. et al. Phytotechnology for domestic wastewater treatment: Performance of *Pistia stratiotes* in eradicating pollutants and future prospects. Journal of Water Process Engineering, 2023, Vol. 51, 103429. DOI: 10.1016/j.jwpe.2022.103429.5. Xolmurodova T.N. Yuksak suv o'simliklari va ulardan foydalanish istiqbollari// Mikroskopik suvo'tlari va yuksak suv o'simliklarni ko'paytirish, ularni xalq xo'jaligida qo'llash // Res. konf. – Buxoro, 2018. – B. 111-116.

6. Rezania S., Ponraj M., Din M.F.M. et al. The diverse applications of water hyacinth with main focus on phytoremediation and biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2015. Vol. 41. P. 943–954.

7. Phytoremediation of laundry wastewater using Pistia stratiotes and recycling of spent plant biomass for sustainable biomethane production. *Bioresource Technology Reports*. 2024.

8. Urinov J.Ch. Kollektor-zovur suvlaridan qayta foydalanishda biologik usullarning qo'llanishini takomillashtirish. Avtoreferat. 2024.

УДК 613.955:612.6

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ С СОМАТОМЕТРИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПИТАНИЯ, ОРИЕНТИРОВАННОГО НА ФАСТФУД

Ғ.Р. Абдуллаев, д.б.н., проф., Наманганский государственный университет, Наманган
Н.Н. Улухужаева, независимый соискатель, Наманганский государственный университет, Наманган

Аннотация. *Ушбу мақолада 8–10 ёшли болаларда овқатланиш тарзи билан соматометрик кўрсаткичлар ўртасидаги боғлиқлик ҳамда фастфудга асосланган овқатланишнинг экспериментал шароитдаги физиологик оқибатлари ўрганилган. Болаларда овқатланиш хулқ-атвори билан тана вазни ўртасидаги боғлиқлик ёш ва минтақага қараб фарқланиши аниқланган. Ҳайвонларда ўтказилган тажрибалар узоқ муддатли юқори калорияли овқатланиш тана вазни ва қорин бўшлиғидаги ёғ массасининг ортиши, липид алмашинуви ва оксидланиш жараёнларининг ўзгариши билан бирга кечишини кўрсатди. Олинган натижалар болаларда барқарор овқатланиш одатларини шакллантиришнинг физиологик аҳамиятини тасдиқлайди.*

Калит сўзлар: *кичик мактаб ёши, овқатланиш хулқ-атвори, фастфуд, сабзавотлар, тана вазни, тана узунлиги, юқори энергияли парҳез, қорин ёғи, триглицеридлар, малондиальдегид, оксидланиш стресси, каламушлар.*

Аннотация. *В статье рассматривается взаимосвязь пищевых предпочтений с соматометрическими показателями у детей 8–10 лет и физиологические последствия питания, ориентированного на фастфуд, в экспериментальных условиях. Установлено, что взаимосвязь между пищевым поведением и массой тела у детей варьирует в зависимости от возраста и территории проживания. В эксперименте на животных длительное высокоэнергетическое питание сопровождалось увеличением массы тела и абдоминального жира, а также изменениями липидного обмена и процессов перекисного окисления липидов. Полученные результаты обосновывают физиологическую значимость формирования устойчивых рациональных пищевых привычек у детей.*

Ключевые слова: *младший школьный возраст, пищевое поведение, фастфуд, овощи, масса тела, длина тела, высокоэнергетический рацион, абдоминальный жир, триглицериды, малоновый диальдегид, окислительный стресс, крысы.*

Abstract. *This article examines the relationship between food preferences and somatometric indicators in children aged 8-10 years and the physiological consequences of a fast food-focused diet under experimental conditions. It has been established that the relationship between eating behavior and body weight in children varies depending on age and region. Animal experiments have shown that long-term high-calorie diets are accompanied by an increase in body weight and abdominal fat mass, changes in lipid metabolism, and oxidative processes. The obtained results confirm the physiological importance of developing stable eating habits in children.*

Key words: *primary school age, eating behavior, fast food, vegetables, body weight, body length, high-energy diet, abdominal fat, triglycerides, malondialdehyde, oxidative stress, rats.*

Введение. Младший школьный возраст представляет собой физиологический период, характеризующийся активным ростом организма, формированием костной и мышечной систем, совершенствованием нейроэндокринной регуляции и увеличением учебной нагрузки [1]. Поэтому в этом возрасте значение имеет не только количественная достаточность рациона, но и его качество, источники пищевых веществ и устойчивые особенности пищевого поведения. При оценке физического развития детей и подростков 5–19 лет основными критериями являются антропометрические показатели с учетом возраста и пола. Оценка пищевого поведения у детей представляет сложную методологическую задачу. Частотные опросники не позволяют полностью определить абсолютную энергетическую ценность рациона, однако дают возможность выявить повторяющиеся пищевые предпочтения и распределить участников по особенностям потребления [2, 3]. В школьном возрасте выбор продуктов начинает формироваться не только под влиянием семейного рациона, но и школьной пищевой среды, доступности готовых продуктов, предпочтений сверстников и рекламы.

Современные исследования показывают, что частое употребление продуктов высокой степени переработки и быстрого приготовления у детей ассоциируется с более высокой энергетической плотностью рациона и показателями, связанными с жировой массой тела [7]. В контролируемых условиях также показано, что рацион с высокой долей ультрапереработанных продуктов может приводить к спонтанному увеличению потребления энергии и приросту массы тела [12]. Вместе с тем методологически некорректно объяснять различия массы или длины тела ребенка воздействием одного пищевого продукта. Пищевые привычки формируются во взаимосвязи с общей структурой рациона, физической активностью, семейными условиями и другими факторами.

Основное методологическое ограничение наблюдательных исследований состоит в том, что при возможности выявить ассоциацию между пищевым поведением и соматометрическими показателями установить прямую причинно-следственную связь затруднительно. На рацион ребенка одновременно влияют семейные условия, физическая активность, региональная пищевая среда и множество других факторов. Поэтому выявленные у детей пищево-соматометрические связи в настоящей работе рассматривались как исходный этап исследования, а на следующем этапе прямое физиологическое влияние высокоэнергетической модели питания, ориентированной на фастфуд, проверялось у лабораторных животных в контролируемых условиях. Такая последовательность позволяет биологически обосновать ассоциации, наблюдаемые в реальной детской популяции, через анализ соматических, метаболических и поведенческих механизмов.

Цель исследования — оценить возрастно-территориальные особенности взаимосвязи пищевых предпочтений с длиной и массой тела у детей 8–10 лет и в экспериментальных условиях определить соматические, метаболические и поведенческие изменения, возникающие при различной продолжительности питания, ориентированного на фастфуд.

Материалы и методы. Первый этап исследования был организован в поперечном наблюдательном дизайне; при представлении результатов учитывались принципы STROBE [4]. Детский этап охватывал школьников 8, 9 и 10 лет, проживающих в городе Намангане, Мингбулакском и Янгикурганском районах. Раздельный анализ возрастных групп позволил

оценить, насколько выражена связь пищевых предпочтений с соматометрическими показателями на разных этапах младшего школьного возраста. Территориальная стратификация сохранялась для учета возможных различий между городской и районной пищевой средой.

Таблица 1.

Число наблюдений, проанализированных по пищевым блокам на детском этапе исследования

Возраст	Территория	Блок потребления овощей, n	Блок предпочтения фастфуда, n
8 лет	Наманган	46	61
8 лет	Мингбулак	52	49
8 лет	Янгикурган	46	50
9 лет	Наманган	64	63
9 лет	Мингбулак	48	49
9 лет	Янгикурган	63	102
10 лет	Наманган	70	70
10 лет	Мингбулак	106	106
10 лет	Янгикурган	70	80

Пищевое поведение оценивали по двум содержательно противоположным компонентам рациона. Потребление овощей подразделяли на категории «ежедневно/предпочитает», «через день» и «редко», а отношение к продуктам быстрого приготовления — на категории «предпочитает», «употребляет редко» и «не предпочитает». Такой подход позволял, с одной стороны, оценить регулярность включения растительного компонента в рацион, а с другой — устойчивость предпочтения высокоэнергетических готовых продуктов. Поскольку число ответов в отдельных пищевых блоках различалось, каждый анализ выполнялся на основании фактического значения n соответствующей подвыборки.

Для характеристики физического развития определяли длину и массу тела. Результаты представляли в виде M±m в разрезе возраста, территории и категорий пищевого поведения; относительную внутригрупповую вариабельность оценивали с помощью коэффициента вариации. Длину тела рассматривали как относительно инертный показатель, отражающий долговременные процессы роста, а массу тела — как более лабильный показатель, чувствительный к текущему энергетическому балансу и изменениям состава тела. Поэтому между пищевыми категориями сопоставляли не только средние значения, но и вариабельность длины и массы тела.

$$V = (SD/M) \times 100\%.$$

Детский этап был направлен на выявление реальных популяционных ассоциаций между пищевыми предпочтениями и соматометрическими показателями. Однако поперечный дизайн, отсутствие рандомизации и количественного контроля фактически потребленной пищи ограничивали возможность оценить причинность пищевого воздействия. Для преодоления этого методологического ограничения и проверки физиологической основы выявленных у детей тенденций на втором этапе питание, ориентированное на фастфуд, моделировали у лабораторных животных при контроле продолжительности воздействия и состава рациона. Разделение воздействия на лактационный, постлактационный и непрерывный варианты позволило оценить не только наличие пищевого фактора, но и связь между продолжительностью его действия и выраженностью биологического ответа.

Таблица 2.

Структура экспериментальных групп

Группа	n	0–21-е сутки	Начиная с 22-х суток	Характер воздействия
K	18	Стандартный рацион	Стандартный рацион	Контроль
FOP-L	18	Лактирующая самка — рацион, ориентированный на фастфуд	Стандартный рацион	Только лактационное воздействие
FOP-P	18	Стандартный рацион	Рацион, ориентированный на фастфуд	Постлактационное воздействие
FOP-N	18	Рацион, ориентированный на фастфуд	Рацион, ориентированный на фастфуд	Непрерывное воздействие

Эксперимент проводили на белых беспородных лабораторных крысах. В репродуктивный этап включили 9 лактирующих самок. В каждом помете оставляли по восемь

самцов; всего 72 самца потомства распределили на четыре группы. Было обеспечено включение в группы животных из разных пометов. При описании эксперимента учитывали основные принципы ARRIVE 2.0 [19].

Крыс отсаживали от матери на 21-е сутки и далее содержали индивидуально для учета фактического потребления пищи. Температура в помещении составляла 23±1 °C, световой режим — 12:12 ч. Вода и соответствующий рацион предоставлялись ad libitum.

Модель питания, ориентированного на фастфуд, основывалась на ротации 28 образцов продуктов, объединенных в 17 укрупненных категорий, наряду со стандартным гранулированным кормом. В рацион включали тосты, печенье, орехи, хлеб, кекс, маршмеллоу, шоколад, сыр, кукурузные хлопья, крекеры, колбасные изделия, сгущенное молоко, арахисовую пасту, драже, вафли и другие высокоэнергетические продукты. В отличие от строго однотипного высокожирового рациона такой подход сохранял элемент пищевого выбора [13, 15].

Содержание влаги, золы, белка, липидов и пищевых волокон в продуктах определяли стандартными лабораторными методами; количество углеводов рассчитывали по разности. Энергетическую ценность определяли с использованием коэффициентов Атвотера.

Потребление пищи животными учитывали ежедневно начиная с 21-х суток, массу тела регистрировали на 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, 84, 91 и 98-е сутки. Поведенческий блок включал тесты «Приподнятый крестообразный лабиринт», «Открытое поле», водный лабиринт Морриса и распознавание объектов [20–23].

На 99-е сутки после 12-часового голодания определяли массу внутренних органов, а также эпидидимальных и ретроперитонеальных жировых депо. В сыворотке крови оценивали глюкозу, общий холестерин, триглицериды, общий белок, креатинин, мочевину, билирубин, АСТ, АЛТ и малоновый диальдегид (МДА). В ткани печени определяли содержание жира, белка, триглицеридов, холестерина и МДА.

Экспериментальные данные представляли в виде M±SEM. Для конечных показателей применяли однофакторный ANOVA с последующим тестом Newman–Keuls, для динамических показателей — двухфакторный ANOVA. Критический уровень статистической значимости принимали равным $p<0,05$.

Результаты. Результаты детского этапа показали, что связь между пищевым поведением и соматометрическими показателями была неоднородной и различалась в зависимости от возраста и территории. У 8-летних детей различия между пищевыми категориями в большинстве сопоставлений были небольшими. Так, в Намангане у детей, ежедневно употреблявших овощи, длина тела составляла 129,22±1,24 см, масса тела — 26,47±0,90 кг, а у редко употреблявших овощи — соответственно 129,00±1,76 см и 26,57±1,17 кг, то есть значения были практически сопоставимы. В Мингбулаке и Янгикургане средняя масса тела в группе ежедневного потребления овощей была несколько выше, чем при редком потреблении, однако в 8-летнем возрасте выраженный общий градиент еще не сформировался.

К 9-летнему возрасту территориальная дифференциация проявлялась отчетливее. Наиболее последовательный профиль наблюдался в Мингбулаке: у детей, ежедневно употреблявших овощи, длина тела составляла 137,32±0,78 см, масса тела — 33,57±0,85 кг, тогда как при редком потреблении эти показатели составляли 132,93±1,59 см и 28,64±1,41 кг; различие между крайними категориями достигало 4,39 см по длине тела и 4,93 кг по массе. У 10-летних детей контрасты становились еще более выраженными: в Мингбулаке длина тела при ежедневном потреблении овощей составляла 140,24±0,87 см, при редком — 134,12±1,47 см; в Янгикургане — соответственно 138,90±0,76 и 132,00±1,34 см. Вместе с тем в Намангане наблюдалось противоположное направление: более высокие средние значения длины и массы тела регистрировались в группе редкого потребления овощей. Это свидетельствует о необходимости оценивать пищевое поведение с учетом территориального контекста, а не трактовать отдельный продукт как универсальный фактор физического развития.

Таблица 3.

Соматометрические показатели детей в крайних категориях потребления овощей

Возраст	Территория	Ежедневно: длина тела, см	Ежедневно: масса тела, кг	Редко: длина тела, см	Редко: масса тела, кг
8	Наманган	129,22±1,24	26,47±0,90	129,00±1,76	26,57±1,17
8	Мингбулак	130,80±1,45	28,29±1,35	129,00±1,76	26,57±1,17
8	Янгикурган	130,94±1,04	27,50±1,21	129,24±0,84	26,00±1,10
9	Наманган	135,36±0,50	33,59±0,51	136,70±0,92	34,73±1,24
9	Мингбулак	137,32±0,78	33,57±0,85	132,93±1,59	28,64±1,41
9	Янгикурган	134,24±0,85	31,30±0,74	133,88±1,66	31,94±1,93
10	Наманган	134,97±1,17	35,03±0,77	140,16±0,92	38,71±0,75
10	Мингбулак	140,24±0,87	33,84±0,82	134,12±1,47	31,60±1,43
10	Янгикурган	138,90±0,76	34,38±0,80	132,00±1,34	28,38±1,85

При анализе продуктов быстрого приготовления выявлялась иная, более устойчиво воспроизводимая закономерность: у детей, отчетливо предпочитавших фастфуд, средняя масса тела в большинстве возрастно-территориальных групп была выше, чем у детей, не предпочитавших такие продукты, тогда как длина тела не изменялась в том же направлении систематически. В 8-летнем возрасте различия в основном были умеренными; в 9 лет во всех трех территориях средняя масса тела была выше в группе предпочитающих фастфуд; в 10 лет в отдельных территориях контраст заметно усиливался. Такая картина согласуется с физиологическим представлениемо большей чувствительности массы тела к текущему энергетическому балансу по сравнению с линейным ростом.

Таблица 4.

Длина и масса тела детей в крайних категориях предпочтения фастфуда

Возраст	Территория	Предпочитает: длина тела, см	Предпочитает: масса тела, кг	Не предпочитает: длина тела, см	Не предпочитает: масса тела, кг	Разница массы тела, %
8	Наманган	128,46±0,96	25,52±0,64	129,00±1,23	24,04±0,88	+6,2
8	Мингбулак	129,65±1,60	28,08±1,58	125,90±1,06	24,60±0,79	+14,1
8	Янгикурган	130,46±1,05	27,65±1,19	129,58±1,17	25,83±0,87	+7,0
9	Наманган	137,63±1,62	35,21±1,38	134,00±3,21	32,67±1,31	+7,8
9	Мингбулак	135,19±1,02	32,86±1,18	138,80±1,74	30,05±1,84	+9,4
9	Янгикурган	133,16±1,38	31,66±1,47	133,88±1,18	28,78±1,52	+10,0
10	Наманган	138,16±1,79	37,97±1,57	136,80±2,99	35,00±2,17	+8,5
10	Мингбулак	135,09±1,11	31,31±1,09	141,59±1,90	29,44±1,17	+6,4
10	Янгикурган	134,77±1,53	35,85±0,78	135,08±2,17	27,24±1,45	+31,6

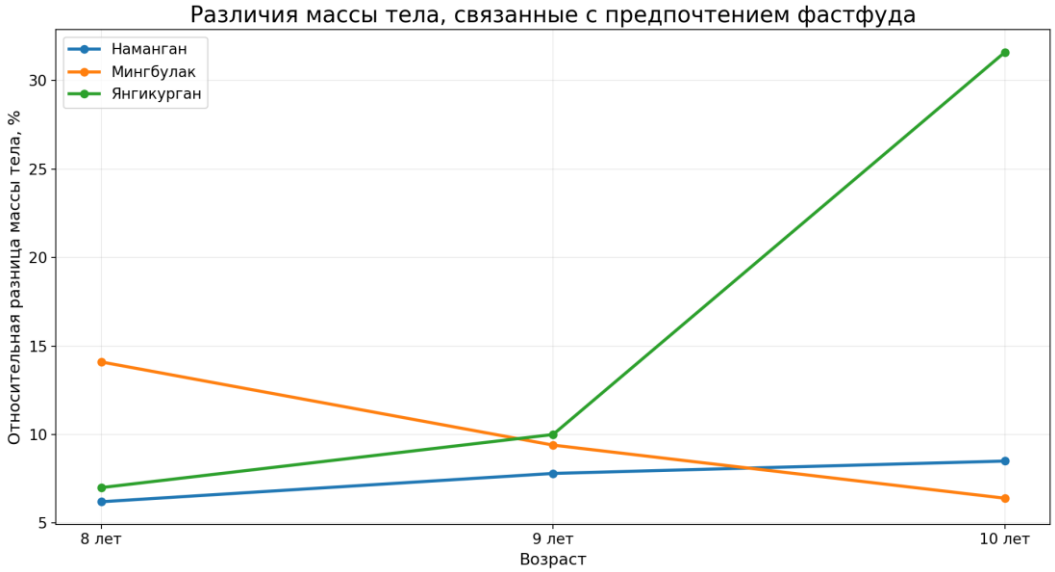


Рис.1. Возрастно-территориальная динамика относительной разницы массы тела между детьми, предпочитающими и не предпочитающими фастфуд

У 8-летних детей разница массы тела, связанная с предпочтением фастфуда, составила 1,48 кг в Намангане, 3,48 кг в Мингбулаке и 1,82 кг в Янгикургане. В 9-летнем возрасте данное направление сохранялось во всех трех территориях: в Янгикургане масса тела снижалась с

31,66±1,47 кг у предпочитающих фастфуд до 28,78±1,52 кг у не предпочитающих его, тогда как длина тела практически не различалась — 133,16±1,38 и 133,88±1,18 см соответственно. Наибольший контраст был зарегистрирован у 10-летних детей Янгикургана: средняя масса тела у предпочитающих фастфуд составила 35,85±0,78 кг, у не предпочитающих — 27,24±1,45 кг; различие достигало 8,61 кг, или 31,6%, тогда как длина тела оставалась практически одинаковой — 134,77±1,53 и 135,08±2,17 см соответственно.

Внутригрупповая вариабельность соматометрических показателей также поддерживала выявленное направление. У 10-летних детей Намангана, предпочитавших фастфуд, коэффициент вариации массы тела составлял 23,39%, длины тела — 7,31%; у 9-летних детей Янгикургана — соответственно 31,20 и 6,96%; у 8-летних детей Мингбулака — 28,70 и 6,28%. Таким образом, даже в пределах одной категории пищевых предпочтений масса тела демонстрировала более выраженную индивидуальную вариабельность, чем длина тела. Последовательное сопоставление возрастных групп показало, что контрасты были относительно небольшими в 8 лет, становились территориально более отчетливыми в 9 лет и достигали наибольшей выраженности в отдельных выборках 10-летних детей. Это позволило сформулировать гипотезу о возможной биологической значимости продолжительности пищевого воздействия.

Однако поперечный дизайн детского этапа не позволяет рассматривать возрастную картину как доказанный накопительный эффект питания: сравнивались разные возрастные группы, а одни и те же участники не наблюдались в динамике. Кроме того, в реальной жизни пищевой выбор не изолирован от других факторов образа жизни. Поэтому основная закономерность, выявленная у детей, — более отчетливая связь предпочтения высокоэнергетических продуктов с массой тела, чем с длиной тела, и усиление контраста в некоторых старших возрастных группах — была использована как биологическая гипотеза для следующего экспериментального этапа. Для ее проверки у лабораторных животных контролировали тип питания и продолжительность воздействия и оценивали прямое влияние рациона, ориентированного на фастфуд, на массу тела, жировые депо, метаболические показатели и поведение.

Для физиологической проверки гипотезы, сформированной на детском этапе, пищевое воздействие у животных было стандартизировано. Энергетическая ценность многих продуктов, включенных в рацион, ориентированный на фастфуд, превышала 307 ккал/100 г для стандартного корма и достигала 617–655 ккал/100 г у орехов, 637 ккал/100 г у арахиса, 606 ккал/100 г у арахисовой пасты и 527–540 ккал/100 г у шоколада. Двухфакторный ANOVA показал значимое влияние типа питания — $F(3,748)=554,81$; $p<0,0001$, возраста — $F(10,748)=1376,07$; $p<0,0001$ и взаимодействия «тип питания × возраст» — $F(30,748)=5,48$; $p<0,0001$ на энергетическую ценность фактически потребленной пищи. Таким образом, второй этап не просто воспроизводил наблюдаемую у детей ассоциацию, а позволял в контролируемой модели проверить причинное воздействие высокоэнергетической модели питания на организм.

Потребление энергии увеличивалось в последовательности K<FOP-L<FOP-P<FOP-N. Влияние типа питания на потребление липидов составило $F(3,748)=1603,91$; $p<0,0001$, на потребление углеводов — $F(3,748)=573,22$; $p<0,0001$. Потребление пищевых волокон располагалось в последовательности FOP-N<FOP-P<K<FOP-L ($F(3,748)=625,88$; $p<0,0001$).

Эти изменения показывают, что модель отражала не просто увеличение количества пищи, а формирование рациона с измененной энергетической плотностью и соотношением макронутриентов.

На массу тела значимо влияли тип питания — $F(3,816)=357,90$; $p<0,0001$, возраст — $F(11,816)=5648,47$; $p<0,0001$ и их взаимодействие — $F(33,816)=24,37$; $p<0,0001$.

На 21-е сутки масса тела в группах K, FOP-P и FOP-N была относительно близкой, однако по мере продолжения эксперимента различия между группами увеличивались. На 98-е сутки:

в группе K — 618,31±6,14 г;

в группе FOP-L — 682,71±9,87 г;

в группе FOP-P — 728,17±9,88 г;

в группе FOP-N — 805,73±10,14 г.

Конечная масса тела в группе FOP-N была на 30,3% выше контроля, в FOP-P — на 17,8%, в FOP-L — на 10,4%. Наибольшее различие наблюдалось в группе, в которой воздействие начиналось в период лактации и продолжалось после ее завершения.

При конечном биологическом исследовании наиболее выраженные межгрупповые изменения были выявлены в жировых депо.

Общий эффект группы для массы эпидидимального жира составил $F(3,40)=399,09$; $p<0,0001$, для ретроперитонеального жира — $F(3,40)=552,39$; $p<0,0001$. По сравнению с группой K масса эпидидимального жира увеличилась в 1,4 раза в FOP-L, в 2,4 раза в FOP-P и в 4,1 раза в FOP-N. Рост массы ретроперитонеального жира был еще более выраженным — соответственно в 1,6; 3,4 и 6,0 раза. Масса печени также возрастала с увеличением продолжительности воздействия: с 15,71±0,34 г в контроле до 22,51±0,36 г в группе FOP-N ($F(3,40)=70,82$; $p<0,0001$).

Наиболее выраженные различия в сыворотке крови относились к содержанию триглицеридов и МДА. Уровень триглицеридов в группе FOP-P составлял 41,97±1,38 мг/дл и был примерно на 60,7% выше, чем в контроле — 26,11±0,84 мг/дл. Эффект группы составил $F(3,40)=22,31$; $p<0,0001$. Содержание МДА в группах FOP-P и FOP-N достигало соответственно 69,86±1,48 и 67,96±1,94, что было на 55,8 и 51,6% выше контрольного значения 44,84±1,55. Общий эффект группы составил $F(3,40)=88,08$; $p<0,0001$.

Таблица 5.

Основные соматические и метаболические показатели экспериментальных животных

Показатель	K	FOP-L	FOP-P	FOP-N
Масса тела на 98-е сутки, г	618,31±6,14	682,71±9,87	728,17±9,88	805,73±10,14
Масса печени, г	15,71±0,34	17,60±0,26	20,17±0,43	22,51±0,36
Эпидидимальный жир, г	9,27±0,59	13,26±0,44	22,06±0,47	38,04±0,93
Ретроперитонеальный жир, г	5,96±0,67	9,50±0,28	20,39±0,59	35,69±0,65
Триглицериды сыворотки, мг/дл	26,11±0,84	28,30±1,93	41,97±1,38	31,86±1,58
МДА сыворотки	44,84±1,55	40,19±1,54	69,86±1,48	67,96±1,94

В приподнятом крестообразном лабиринте выявлены выраженные межгрупповые различия. Доля входов в открытые рукава составляла 31,6±1,5% в контрольной группе, 28,0±1,2% в FOP-L, 21,0±1,5% в FOP-P и 18,3±1,3% в FOP-N ($F(3,68)=19,77$; $p<0,0001$). Доля времени пребывания в открытых рукавах также снижалась с 26,3±1,5% в группе K до 13,1±1,0% в FOP-P и 15,4±1,6% в FOP-N ($F(3,68)=23,25$; $p<0,0001$). Число входов в дистальные участки открытых рукавов и показатели незащищенного свешивания головы также уменьшались в группах постлактационного и непрерывного воздействия. Однонаправленное изменение этих параметров соответствует усилению тревогоподобного поведения [16, 20].

В тесте «Открытое поле» в группе FOP-P уменьшалось число вертикальных стоек ($F(3,204)=46,70$; $p<0,0001$), тогда как число актов умывания и чистки шерсти возрастало ($F(3,204)=36,81$; $p<0,0001$). В водном лабиринте Морриса этап обучения оказывал значимое влияние — $F(3,272)=372,11$; $p<0,0001$, однако самостоятельного эффекта экспериментальной группы не выявлено: $F(3,272)=0,50$; $p=0,68$. Взаимодействие «этап × группа» также не было статистически значимым: $F(9,272)=1,22$; $p=0,28$. В контрольной пробе без платформы влияние целевого квадранта было высокозначимым — $F(3,272)=783,56$; $p<0,0001$, тогда как эффект группы отсутствовал — $F(3,272)=0,27$; $p=0,85$. Следовательно, выраженные изменения метаболического фенотипа не сопровождались параллельным ухудшением всех исследованных когнитивных функций.

Обсуждение. Исследование было выстроено как единая экспериментально-логическая схема из двух последовательных этапов. Сначала в реальной детской популяции были выявлены возрастно-территориальные ассоциации пищевых предпочтений с длиной и массой тела. На этом этапе различия, связанные с предпочтением фастфуда, отчетливее проявлялись в массе тела, чем в длине тела, а в отдельных старших возрастных группах контраст усиливался. Последующий эксперимент на животных был организован как логическое

продолжение этих наблюдений и позволил изолировать высокоэнергетическое пищевое воздействие от сопутствующих факторов и в контролируемых условиях оценить его соматические и метаболические последствия в зависимости от продолжительности.

Результаты детского этапа показали отсутствие упрощенной универсальной модели пищево-соматометрических отношений, одинаковой для всех территорий. При потреблении овощей у 9-летних детей Мингбулака, а также у 10-летних детей Мингбулака и Янгикургана регулярное потребление сочеталось с более высокими соматометрическими показателями, тогда как в Намангане монотонной зависимости не наблюдалось. Это указывает на необходимость рассматривать овощи не как изолированный причинный фактор, а как компонент общей модели питания и территориальной пищевой среды. В отличие от этого направление изменений массы тела в зависимости от предпочтения фастфуда было более устойчивым: во всех девяти исследованных возрастно-территориальных слоях средняя масса тела у предпочитавших фастфуд была выше, чем у не предпочитавших его. Показатели длины тела не демонстрировали такой однонаправленной зависимости.

Такая разница физиологически закономерна. Линейный рост отражает совокупный результат генетических, эндокринных и длительно действующих средовых факторов, тогда как масса тела быстрее реагирует на соотношение текущего поступления и расхода энергии. Особенно наглядно это проявилось у 10-летних детей Янгикургана: масса тела в группах предпочитающих и не предпочитающих фастфуд различалась на 8,61 кг, или 31,6%, тогда как длина тела оставалась практически одинаковой. Вместе с тем поперечный характер наблюдения не позволяет трактовать эти различия как прямой причинный эффект фастфуда. Именно это обстоятельство обусловило необходимость эксперимента на животных как логического продолжения исследования.

Контролируемый эксперимент на животных позволил проверить сформированную на детском этапе гипотезу о значении продолжительности пищевого воздействия. В группе FOP-L воздействие на потомство осуществлялось опосредованно через организм матери в период лактации, в FOP-P — непосредственно начиная с 21-х суток, а в FOP-N — непрерывно в оба периода. Постепенное расхождение кривых массы тела контрольной и экспериментальных групп, превышение массы тела в FOP-N на 30,3% относительно контроля к 98-м суткам, а также увеличение эпидидимального и ретроперитонеального жира соответственно в 4,1 и почти в 6,0 раза показывают, что продолжительность высокоэнергетического питания является важным фактором, определяющим выраженность биологического ответа. Влияние материнского рациона на метаболический фенотип потомства отмечено и в других экспериментальных исследованиях [14, 17, 18].

Показатели сыворотки крови свидетельствовали не о генерализованном метаболическом нарушении, а о селективном характере ответа. Изменялись триглицериды, МДА и отдельные показатели белкового обмена, тогда как по глюкозе, креатинину, мочевине и активности трансаминаз значимых различий не обнаружено. Повышение МДА примерно в 1,5 раза в группах FOP-P и FOP-N указывает на усиление процессов перекисного окисления липидов. В сочетании с выраженным увеличением абдоминального жира это свидетельствует о наличии оксидативного компонента метаболической нагрузки.

Таким образом, результаты, полученные у детей и животных, следует рассматривать не как два разобщенных самостоятельных эксперимента, а как проверку одного научного вопроса на двух методологических уровнях. У детей пищевое поведение, ориентированное на фастфуд, ассоциировалось с более высокими значениями массы тела; у животных высокоэнергетическое питание того же направления в контролируемых условиях увеличивало потребление энергии и липидов, массу тела и абдоминальные жировые депо, изменяло уровень триглицеридов и показатели перекисного окисления липидов. Следовательно, экспериментальный этап не переносит соматометрические ассоциации детей на животных буквально, а дает физиологическое обоснование биологически возможного механизма этих связей и подтверждает значение продолжительности воздействия.

Заключение. У детей 8–10 лет взаимосвязь пищевых предпочтений с соматометрическими показателями различалась в зависимости от возраста и территории. Территориальные профили потребления овощей были неодинаковыми, тогда как предпочтение фастфуда во всех возрастно-территориальных группах сопровождалось относительно более высокой средней массой тела.

Масса тела оказалась более чувствительным показателем различий пищевого поведения, чем длина тела. Наибольший контраст отмечен у 10-летних детей Янгикургана: масса тела составляла 35,85±0,78 кг у предпочитавших фастфуд и 27,24±1,45 кг у не предпочитавших его, тогда как длина тела практически не различалась.

В экспериментальной модели тип питания и продолжительность воздействия существенно влияли на динамику массы тела. На 98-е сутки масса тела в группе FOP-N составила 805,73±10,14 г, что на 30,3% превышало контроль.

Высокоэнергетическое пищевое воздействие особенно выраженно влияло на накопление абдоминального жира. В группе FOP-N масса эпидидимального жира была в 4,1 раза, а ретроперитонеального — почти в 6,0 раза выше контроля.

Метаболический ответ носил селективный характер: выраженные изменения выявлены в уровне триглицеридов и показателях перекисного окисления липидов, тогда как статистически значимых различий по глюкозе, основным показателям функции почек и трансаминазам не обнаружено.

Питание, ориентированное на фастфуд, сопровождалось усилением тревогоподобного поведения, но не приводило к статистически значимому ухудшению пространственного обучения и распознавания объектов.

Совместный анализ ассоциаций, выявленных на детском этапе, и причинных экспериментальных результатов у животных показывает, что продолжительность высокоэнергетического пищевого воздействия является значимым физиологическим фактором. При этом метаболические изменения, полученные в животной модели, не переносятся количественно непосредственно на детей, а служат для объяснения биологической основы пищево-соматометрических связей, наблюдаемых в реальной популяции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. de Onis M., Onyango A.W., Borghi E., Siyam A., Nishida C., Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85(9):660–667.

2. Cade J., Thompson R., Burley V., Warm D. Development, validation and utilisation of food-frequency questionnaires – a review. *Public Health Nutr.* 2002;5(4):567–587.

3. Shim J.S., Oh K., Kim H.C. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health.* 2014;36:e2014009.

4. von Elm E., Altman D.G., Egger M., et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement. *Lancet.* 2007;370(9596):1453–1457.

5. World Health Organization. *Carbohydrate intake for adults and children: WHO guideline.* Geneva: WHO; 2023.

6. World Health Organization. *Healthy diet. Fact sheet.* Geneva: WHO; 2024.

7. Bowman S.A., Gortmaker S.L., Ebbeling C.B., Pereira M.A., Ludwig D.S. Effects of fast-food consumption on energy intake and diet quality among children in a national household survey. Pediatrics. 2004;113(1):112–118.

8. De Amicis R., Mambrini S.P., Pellizzari M., et al. Ultra-processed foods and obesity and adiposity parameters among children and adolescents: a systematic review. Eur J Nutr. 2022;61(5):2297–2311.

9. Gómez Frías J.R., Hernández Cadena L., Barraza Villarreal A., et al. Effect of ultra-processed food intake on metabolic syndrome components and body fat in children and adolescents. Nutrition. 2023;111:112038.

10. Jia P., Luo M., Li Y., et al. Fast-food restaurant, unhealthy eating, and childhood obesity: a systematic review and meta-analysis. Obes Rev. 2021;22(Suppl 1):e12944.

11. Jiang J., Lau P.W.C., Li Y., et al. Association of fast-food restaurants with overweight and obesity in school-aged children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. Obes Rev. 2023;24(3):e13536.

12. Hall K.D., Ayuketah A., Brychta R., et al. Ultra-processed diets cause excess calorie intake and weight gain: an inpatient randomized controlled trial of ad libitum food intake. Cell Metab. 2019;30(1):67–77.e3.

13. Lalanza J.F., Snoeren E.M.S. The cafeteria diet: a standardized protocol and its effects on behavior. Neurosci Biobehav Rev. 2021;122:92–119.

14. Bayol S.A., Farrington S.J., Stickland N.C. A maternal 'junk food' diet in pregnancy and lactation promotes an exacerbated taste for 'junk food' and a greater propensity for obesity in rat offspring. Br J Nutr. 2007;98(4):843–851.

15. Sampey B.P., Vanhoose A.M., Winfield H.M., et al. Cafeteria diet is a robust model of human metabolic syndrome with liver and adipose inflammation: comparison to high-fat diet. Obesity. 2011;19(6):1109–1117.

16. Clark T.D., Crean A.J., Senior A.M. Obesogenic diets induce anxiety in rodents: a systematic review and meta-analysis. Obes Rev. 2022;23(3):e13399.

17. Ribaroff G.A., Wastnedge E., Drake A.J., Sharpe R.M., Chambers T.J.G. Animal models of maternal high fat diet exposure and effects on metabolism in offspring: a meta-regression analysis. Obes Rev. 2017;18(6):673–686.

18. Tellechea M.L., Mensegue M.F., Pirola C.J. The association between high fat diet around gestation and metabolic syndrome-related phenotypes in rats: a systematic review and meta-analysis. Sci Rep. 2017;7:5086.

19. Percie du Sert N., Hurst V., Ahluwalia A., et al. The ARRIVE guidelines 2.0: Updated guidelines for reporting animal research. PLoS Biol. 2020;18(7):e3000410.

20. Walf A.A., Frye C.A. The use of the elevated plus maze as an assay of anxiety-related behavior in rodents. Nat Protoc. 2007;2(2):322–328.

21. Walsh R.N., Cummins R.A. The Open-Field Test: a critical review. Psychol Bull. 1976;83(3):482–504.

22. Morris R. Developments of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. J Neurosci Methods. 1984;11(1):47–60.

23. Ennaceur A. One-trial object recognition in rats and mice: methodological and theoretical issues. Behav Brain Res. 2010;215(2):244–254.

УДК 579.64:577.152.1

СКРИНИНГ И ОЦЕНКА ГЛЮТЕНОЛИТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS*

А.А. Абдурахимова, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
М.В. Исмоилов, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
М.А. Махсумханова, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
М.У. Сайлиев, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
Ш.Т. Сайдуллаев, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
Б.Х. Алимова, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
О.М. Пулатова, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент
А.А. Махсумханов, научный сотрудник, Институт микробиологии АН РУз, Ташкент

Annotatsiya. *O'zbekistonning turli ekologik hududlaridan ajratib olingan* ***Bacillus*** *jinsiga mansub 45 ta bakteriya izolyati orasida yuqori proteolitik va glyutenolitik faollikka ega shtammlarni tanlab olish maqsadida skrining tadqiqotlari o'tkazildi. Tadqiqot davomida izolyatlarning ekstrasellyulyar proteazalarni sintez qilish, glyuten oqsillarini gidrolizlash qobiliyati hamda kultivatsiya jarayonida fermentlar sintezi dinamikasi baholandi. 15 ta shtammda yaqqol proteolitik faollik aniqlanib, ulardan 12 tasi glyutenni samarali gidroliz qilishi qayd etildi. Eng yuqori glyutenolitik faollik* ***Bacillus cereus 2B*** *va* ***Bacillus cereus 2/1/2*** *shtammlarida, shuningdek* ***Bacillus amyloliquefaciens 6/4/2*** *va* ***Bacillus licheniformis 9/2*** *shtammlarida kuzatildi. Proteaza ishlab chiqarishning yaqqol shtammga xos xususiyatga egaligi hamda eruvchan oqsil miqdori bilan proteolitik faollik darajasi o'rtasida to'g'ridan-to'g'ri bog'liqlik mavjud emasligi aniqlandi.* ***B. cereus*** *shtammlarining fermentativ faolligi yuqori bo'lishiga qaramay, yuqori proteolitik va glyutenolitik faollikni qulay xavfsizlik profili bilan uyg'unlashtirgani sababli, keyingi biotexnologik qo'llash uchun eng istiqbolli shtamm sifatida* ***B. amyloliquefaciens 6/4/2*** *tan olindi. Olingan natijalar* ***Bacillus*** *jinsiga mansub mikroorganizmlarning glyuten oqsillarini degradatsiyalash hamda glyuten miqdori kamaytirilgan oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan ferment preparatlarini yaratishda proteolitik fermentlar produsenti sifatida istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.*

Kalit so'zlar: *Bacillus, proteazalar, glyutenolitik faollik, glyuten, ferment preparatlari, Bacillus amyloliquefaciens, biotexnologiya.*

Аннотация *Проведен скрининг 45 изолятов бактерий рода Bacillus, выделенных из различных экологических ниш Узбекистана, с целью отбора штаммов, обладающих высокой протеолитической и глютенолитической активностью. Оценивали способность изолятов продуцировать внеклеточные протеазы, гидролизовать белки глютена и динамику синтеза ферментов в процессе культивирования. Выраженная протеолитическая активность выявлена у 15 штаммов, из которых 12 эффективно гидролизовали глютен. Наиболее высокой*

глютенолитической активностью характеризовались штаммы Bacillus cereus 2B и Bacillus cereus 2/1/2, а также Bacillus amyloliquefaciens 6/4/2 и Bacillus licheniformis 9/2. Установлены выраженная штаммоспецифичность продукции протеаз и отсутствие прямой зависимости между содержанием растворимого белка и уровнем протеолитической активности. Несмотря на высокую ферментативную активность штаммов B. cereus, наиболее перспективным для дальнейшего биотехнологического применения признан штамм B. amyloliquefaciens 6/4/2, сочетающий высокую протеолитическую и глютенолитическую активность с благоприятным профилем безопасности. Полученные результаты подтверждают перспективность использования представителей рода Bacillus в качестве продуцентов протеолитических ферментов для деградации белков глютена и разработки ферментных препаратов, предназначенных для производства продуктов с пониженным содержанием глютена.

Ключевые слова: *Bacillus, протеазы, глютенолитическая активность, глютен, ферментные препараты, Bacillus amyloliquefaciens, биотехнология.*

Abstract*. A screening study was conducted on 45 isolates of bacteria belonging to the genus* Bacillus*, obtained from various ecological niches of Uzbekistan, with the aim of selecting strains exhibiting high proteolytic and glutenolytic activity. The isolates were evaluated for their ability to produce extracellular proteases, hydrolyze gluten proteins, and synthesize enzymes during cultivation. Pronounced proteolytic activity was detected in 15 strains, of which 12 efficiently hydrolyzed gluten. The highest glutenolytic activity was observed in* Bacillus cereus *2B and* Bacillus cereus *2/1/2, as well as* Bacillus amyloliquefaciens *6/4/2 and* Bacillus licheniformis *9/2. A pronounced strain-specific pattern of protease production and the absence of a direct relationship between soluble protein content and proteolytic activity were established. Despite the high enzymatic activity demonstrated by* B. cereus *strains,* B. amyloliquefaciens *6/4/2 was identified as the most promising candidate for further biotechnological applications due to its combination of high proteolytic and glutenolytic activity together with a favorable safety profile. The obtained results confirm the potential of representatives of the genus* Bacillus *as producers of proteolytic enzymes for gluten protein degradation and for the development of enzyme preparations intended for the production of low-gluten food products.*

Key words: Bacillus*, proteases, glutenolytic activity, gluten, enzyme preparations,* Bacillus amyloliquefaciens*, biotechnology.*

Введение. Глютен представляет собой белковый комплекс зерновых культур, главным образом пшеницы, ржи и ячменя, обеспечивающий реологические свойства теста и широко используемый в пищевой промышленности. Основными компонентами глютена являются глиадины и глютенины, составляющие до 80–85% общего белка пшеничного зерна. Высокое содержание пролина и глутамина обусловливает устойчивость этих белков к действию пищеварительных протеаз человека, что приводит к образованию иммуногенных пептидов, способных вызывать целиакию и другие глютен-ассоциированные заболевания.

Целиакия является хроническим аутоиммунным заболеванием тонкого кишечника, возникающим у генетически предрасположенных лиц при употреблении глютенсодержащих продуктов. Распространенность заболевания составляет около 1% населения мира. Единственным эффективным методом лечения остается пожизненная безглютеновая диета. Однако производство полностью безглютеновых продуктов сопровождается технологическими трудностями, ухудшением их органолептических свойств и высокой стоимостью сырья. Поэтому перспективным направлением является ферментативная деградация иммуногенных белков глютена.

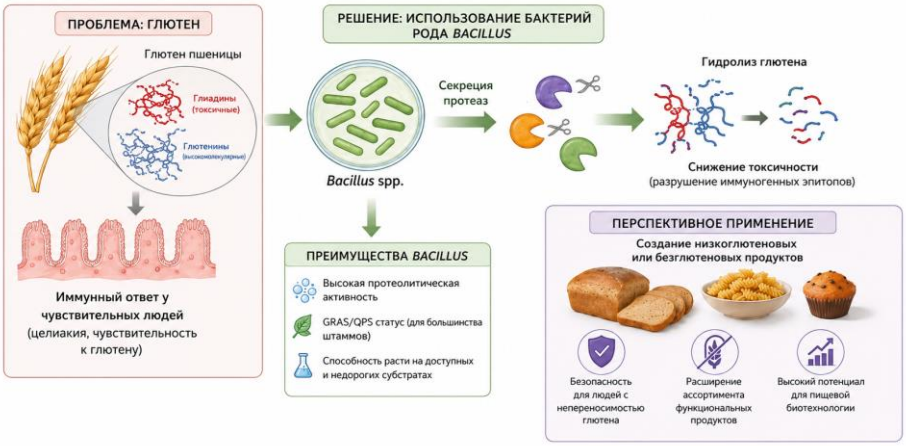


Рисунок 1. Концептуальная схема использования бактерий рода *Bacillus* для ферментативной деградации белков глютена.

Одним из наиболее эффективных подходов считается использование микроорганизмов — продуцентов внеклеточных протеаз. В отличие от пищеварительных ферментов человека, некоторые микробные протеазы способны гидролизовать богатые пролином участки белков глютена, включая токсичные эпитопы глиадина, снижая их иммуногенность.

Среди микроорганизмов особый интерес представляют бактерии рода *Bacillus*, отличающиеся высокой ферментативной активностью, интенсивной секрецией внеклеточных протеаз, быстрым ростом и технологической пригодностью для промышленного культивирования. Представители этого рода синтезируют широкий спектр сериновых и металлопротеаз, многие из которых эффективно гидролизуют белки глютена. Перспективность использования штаммов *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* и *Bacillus licheniformis* для получения ферментных препаратов, предназначенных для производства продуктов с пониженным содержанием глютена, подтверждена рядом исследований. Несмотря на достигнутые успехи, поиск новых высокоактивных и безопасных штаммов-продуцентов глютенолитических ферментов остается актуальной задачей. Особый интерес представляют природные изоляты бактерий рода *Bacillus*, обладающие высокой протеолитической активностью и способностью эффективно деградировать белки глютена.

Целью настоящего исследования являлся скрининг и отбор штаммов *Bacillus* – продуцентов внеклеточных протеаз с высокой глютенолитической активностью для последующего использования в технологиях получения продуктов с пониженным содержанием глютена.

Материалы и методы.

Микроорганизмы и условия культивирования. В исследовании использовали 45 изолятов бактерий рода *Bacillus*, выделенных из различных экологических ниш Узбекистана: нефтезагрязнённых почв и нефтешламов, промышленных сточных вод, засолённых и аридных почв Кашкадарьинской, Самаркандской и Ташкентской областей, сельскохозяйственных почв, удобренных куриным помётом, а также кисломолочных продуктов. Штаммы хранили в коллекции лаборатории микробной инженерии и биоконверсии Института микробиологии Академии наук Республики Узбекистан в лиофилизированном состоянии и в 10%-ном растворе глицерина при −80 °C. Перед проведением экспериментов культуры реактивировали на LB-агаре, затем выращивали в триптон-соевом бульоне при 30 °C в течение 18–24 ч.

Скрининг глютенолитической активности. Первичный скрининг проводили на агаризованной среде, содержащей пшеничный глютен в качестве белкового субстрата. Глиадиновый экстракт получали из коммерческого пшеничного глютена (Vital Wheat Gluten, Naturtonix Premium). Для этого 5 г глютена суспендировали в 70 мл 70%-ного этанола и перемешивали в течение 30 мин. Полученный экстракт добавляли в стерильную агаризованную среду, охлаждённую до 50 °C. Состав среды, г/л: глютен — 5,0; KH_2PO_4 — 1,0; Na_2HPO_4 — 1,0; NaCl — 5,0; агар — 15,0. Культуры точечно наносили на поверхность среды и инкубировали при 30 °C в течение 24–72 ч. Глютенолитическую активность оценивали по

образованию прозрачных зон гидролиза вокруг колоний. Диаметр зон измеряли в миллиметрах.

Рост на среде с глютеном. Способность бактерий использовать глютен в качестве основного источника углерода и азота определяли на минеральной среде следующего состава, г/л: KH_2PO_4 — 1,0; Na_2HPO_4 — 1,0; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,5; NaCl — 0,5; $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ — 0,05; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ — 0,01; глютен — 10,0. Значение pH среды доводили до 7,0. Стерилизацию проводили при 121 °C в течение 15 мин. Рост культур оценивали по изменению оптической плотности клеточной суспензии при 590 нм и накоплению абсолютно сухой биомассы.

Определение протеолитической активности. Протеолитическую активность определяли модифицированным методом Ансона с использованием 1%-ного казеина в фосфатном буфере Na_2HPO_4. Реакционная смесь содержала 2,0 мл субстрата и 0,2 мл культуральной жидкости. После инкубации при 30 °C в течение 10 мин реакцию останавливали добавлением 2,0 мл 10%-ной трихлоруксусной кислоты. Смесь выдерживали 30 мин и центрифугировали при 10 000 × g в течение 10 мин. К 1,0 мл супернатанта добавляли 5,0 мл 0,4 М Na_2CO_3 и 1,0 мл реактива Фолина–Чокальтеу, разбавленного водой 1:2. Через 30 мин измеряли оптическую плотность при 670 нм. Концентрацию тирозина определяли по калибровочному графику. За одну единицу активности принимали количество фермента, высвобождающее 1 мкг тирозина за 1 мин. Активность выражали в Ед/мл, удельную активность — в Ед/мг белка.

Определение содержания растворимого белка. Концентрацию растворимого белка определяли методом Брэдфорда с использованием Coomassie Brilliant Blue G-250. Оптическую плотность измеряли при 595 нм. Калибровочный график строили с использованием бычьего сывороточного альбумина.

Статистическая обработка данных. Все эксперименты проводили не менее чем в трёх независимых повторностях. Результаты представляли в виде среднего значения и стандартного отклонения — M ± SD. Статистическую обработку выполняли в программе GraphPad Prism 9.0. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение.

Скрининг протеолитической и глютенолитической активности штаммов *Bacillus*. Проведён скрининг 45 изолятов бактерий рода *Bacillus,* выделенных из различных экологических ниш Узбекистана, на способность гидролизовать белковые субстраты. Протеолитическую активность оценивали на средах с молоком, казеином и глютеном. Выраженную протеолитическую активность проявили 15 штаммов, что свидетельствует о значительной штаммовой вариабельности ферментативной активности.

Наибольшая молокосвертывающая и казеинолитическая активность была зарегистрирована у *B. amyloliquefaciens* 6/4/2 (33±2,0 и 30±1,0 мм соответственно). Высокую активность также проявили *B. cereus* 2В, *B. cereus* 2/1/2 и *B. licheniformis* 9/2, тогда как большинство штаммов *B. subtilis* характеризовались умеренной активностью.

Из 45 исследованных штаммов только 12 эффективно гидролизовали глютен. Максимальная глютенолитическая активность выявлена у *B. cereus* 2В (32±0,5 мм) и *B. cereus* 2/1/2 (30±1,0 мм), высокую активность также показали *B. cereus* 4Б, *B. amyloliquefaciens* 6/4/2 и *B. licheniformis* 9/2. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии прямой корреляции между казеинолитической и глютенолитической активностью, что указывает на различную субстратную специфичность секретируемых протеаз. Следует учитывать, что используемый метод характеризует суммарную способность к гидролизу глютена и не позволяет оценить деградацию иммунодоминантных эпитопов глиадина.

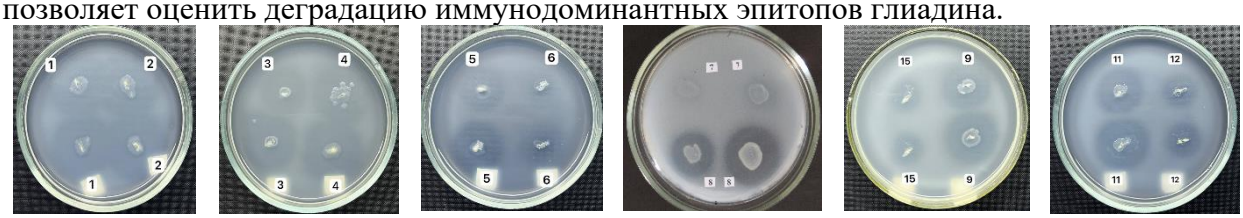


Рисунок 2. Гидролиз глютена бактериями рода *Bacillus*

Несмотря на высокую глютенолитическую активность штаммов *B. cereus*, их практическое применение требует подтверждения биобезопасности в связи с возможной продукцией факторов вирулентности. Наиболее перспективным для дальнейших исследований является штамм *B. amyloliquefaciens* 6/4/2, сочетающий высокую протеолитическую и глютенолитическую активность с благоприятным профилем безопасности. Отобранные штаммы представляют интерес для дальнейшего изучения деградации иммуногенных фракций глютена с использованием методов SDS-PAGE, ВЭЖХ, LC-MS/MS и ELISA.

Скрининг штаммов *Bacillus* по способности к биосинтезу протеаз. Штаммы рода *Bacillus* являются известными продуцентами внеклеточных протеаз, однако уровень их синтеза существенно зависит от видовой принадлежности и условий культивирования. Для отбора наиболее перспективных продуцентов проведена сравнительная оценка протеолитической и глютенолитической активности 15 штаммов, отобранных по результатам первичного скрининга (табл. 1).

Таблица 1

Результаты качественного скрининга штаммов бактерий рода *Bacillus*

№ п/п	Изолят	Идентификация методом MALDI-TOF	Зона гидролиза казеина (мм)	Зона деструкции глютена (мм)
1	*Bacillus sp.2/1/2*	*Bacillus cereus 2/1/2*	26±1,0	30±1,0
2	*Bacillus sp. 2B*	*Bacillus cereus 2B*	24±2,0	32±0,5
3	*Bacillus sp.6/4/2*	*Bacillus amyloliquefaciens 6/4/2*	30±1,0	27±1,0
4	*Bacillus sp.4Б*	*Bacillus cereus 4Б*	22±1,0	30±1,5
5	*Bacillus sp.5Б*	*Bacillus subtilis 5Б*	16±1,5	24±1,5
6	*Bacillus sp. Rp1*	*Bacillus cereus Rp1*	22±2,0	19±1,5
7	*Bacillus sp. Rp2*	*Bacillus cereus Rp2*	24±2,0	20±1,5
8	*Bacillus sp.24*	*Bacillus subtilis 24*	18±2,0	20±1,5
9	*Bacillus sp.48*	*Bacillus cereus 48*	22±2,0	26±1,5
10	*Bacillus sp.НБ*	*Bacillus cereus НБ*	26±2,0	16±1,5
11	*Bacillus sp. 9/2*	*Bacillus licheniformis 9/2*	28±1,0	23±1,5
12	*Bacillus sp. ДК*	*Bacillus subtilis ДК*	20±2,0	18±1,5
13	*Bacillus sp. B1*	*Bacillus licheniformis B1*	24±1,5	16±1,5
14	*Bacillus sp. CB1*	*Bacillus subtilis CB1*	18±2,0	18±1,5
15	*Bacillus sp. CB2*	*Bacillus subtilis CB2*	16±1,0	16±1,5

Скрининг штаммов *Bacillus* по способности к биосинтезу протеаз. Представители рода *Bacillus* являются известными продуцентами внеклеточных протеаз, однако уровень их синтеза существенно зависит от видовой принадлежности и условий культивирования. Для количественной оценки продукции протеаз были отобраны штаммы, ранее продемонстрировавшие наиболее высокую протеолитическую и глютенолитическую активность. Динамику биосинтеза протеаз определяли через 24, 48, 72 и 96 ч культивирования по уровню протеолитической активности и содержанию растворимого белка в культуральной жидкости (рис. 3).

Уже через 24 ч наиболее высокую протеолитическую активность продемонстрировали *B. amyloliquefaciens* 6/4/2 (97,8 Ед/мл) и *B. cereus* 2B (97,5 Ед/мл), тогда как большинство штаммов *B. subtilis* и *B. licheniformis* характеризовались значительно более низкими значениями (<15 Ед/мл). Через 48 ч у большинства культур наблюдалось снижение или стабилизация активности. На 72 ч повторное увеличение продукции протеаз отмечено у *B. cereus* 2B (93,4 Ед/мл) и *B. cereus* 2/1/2 (76,8 Ед/мл), а к 96 ч максимальная активность зарегистрирована у *B. cereus* 2/1/2 (104,2 ± 3,6 Ед/мл).

Полученные результаты указывают на выраженную штаммоспецифичность биосинтеза внеклеточных протеаз. Наиболее высокой и стабильной протеолитической активностью характеризовались штаммы *B. amyloliquefaciens* 6/4/2, *B. cereus* 2B и *B. cereus* 2/1/2.

У большинства представителей рода *Bacillus* синтез внеклеточных протеаз усиливается при переходе культуры к стационарной фазе роста вследствие истощения легкоусвояемых источников углерода и азота. Поэтому повторное повышение протеолитической активности

на 72–96 ч у наиболее активных штаммов можно объяснить дерепрессией синтеза экзоферментов и переходом клеток к использованию более сложных субстратов.

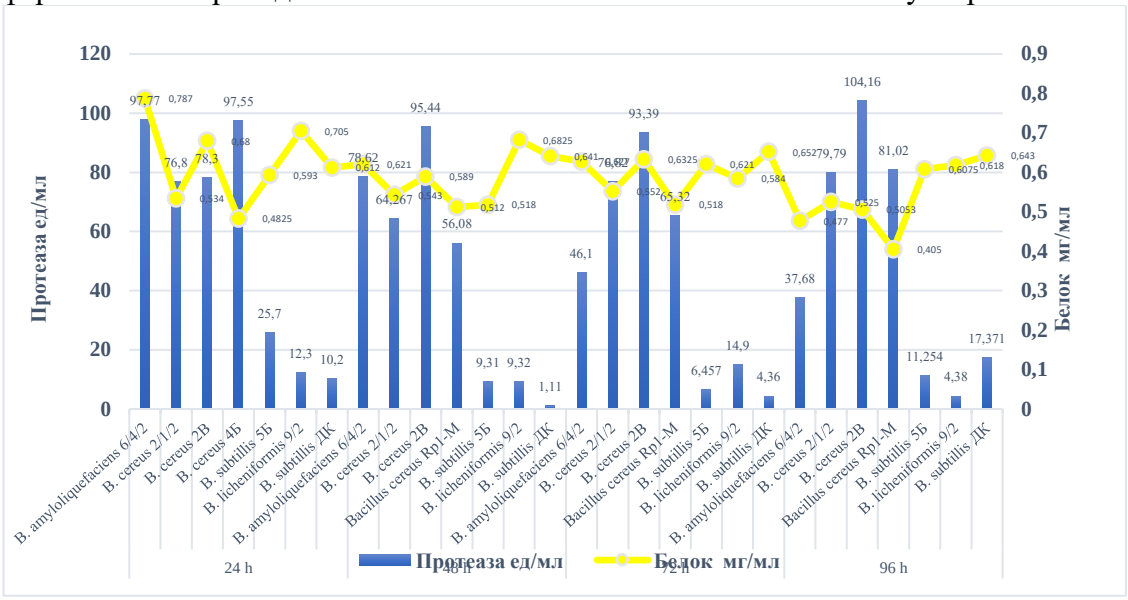


Рисунок 3. Динамика биосинтеза протеазы и содержания растворимого белка у штаммов *Bacillus.*

Следует учитывать, что увеличение активности на поздних стадиях культивирования может быть связано не только с секрецией ферментов, но и с частичным автолизом клеток, сопровождающимся высвобождением внутриклеточных белков. Поэтому поздние пики активности следует интерпретировать с осторожностью. Отсутствие корреляции между содержанием растворимого белка и протеолитической активностью свидетельствует о том, что общий белок культуральной жидкости не является надежным показателем продукции протеаз. Более информативным параметром является удельная протеолитическая активность, отражающая эффективность синтеза функционально активного фермента.

Согласно данным табл. 2, максимальная удельная активность у *B.amyloliquefaciens* 6/4/2 была зарегистрирована через 48 ч культивирования (126,6 Ед/мг), несмотря на высокую абсолютную активность уже через 24 ч. Это указывает на наиболее эффективный синтез внеклеточных протеаз в переходной фазе роста и подтверждает высокий биотехнологический потенциал данного штамма.

Таблица 2

Удельная протеолитическая активность штаммов бактерий рода *Bacillus* в процессе культивирования (Ед/мг белка).

Штамм	Время культивирования (ч)			
	24 ч	**48 ч**	**72 ч**	**96 ч**
B. amyloliquefaciens 6/4/2	124,2 ± 4,8	126,6 ± 5,1	73,5 ± 3,7	79,0 ± 4,2
B. cereus 2/1/2	143,8±3,3	118,4±4,7	139,2± 3,3	152,0±3,8
B. cereus 2В	115,2±3,4	162,0±4,6	147,7±3,3	206,1±3,8
B. cereus 4Б	202,2±3,8	–	–	–
Bacillus cereus Rp1-M	89,4±4,4	109,5±3,8	126,1±3,8	200,1±3,1
B. subtilis 5Б	43,3±3,1	18,0±3,5	10,4±3,1	18,5±3,3
B. licheniformis 9/2	17,5±3,3	13,7±3,5	25,5±4,2	7,1±3,6
B. subtilis ДК	16,7±4,2	1,7±3,1	6,7±3,1	27,0±3,2

Наиболее выраженная динамика удельной протеолитической активности была характерна для штаммов группы *B. cereus*. Максимальные значения зарегистрированы у *B. cereus* 2В (206,1 Ед/мг), *B. cereus* 2/1/2 (152,0 Ед/мг) и *B. cereus* Rp1-M (200,1 Ед/мг) на 96 ч культивирования, что свидетельствует об эффективном синтезе и секреции активных протеаз на поздних стадиях роста. Для штамма *B. cereus* 4Б максимальная удельная активность (202,2 Ед/мг) была зарегистрирована уже через 24 ч культивирования, что может указывать на раннюю интенсивную секрецию протеаз с последующим снижением их продукции или активности. Штаммы *B. subtilis* 5Б, *B. subtilis* ДК и *B. licheniformis* 9/2 характеризовались

стабильно низкой удельной активностью (не более 43,3 Ед/мг), что свидетельствует о невысокой эффективности продукции протеаз в исследуемых условиях.

Таким образом, сопоставление абсолютной и удельной протеолитической активности показало, что эффективность биосинтеза определяется не общим содержанием белка в культуральной жидкости, а уровнем синтеза и секреции функционально активных ферментов. Наиболее перспективными продуцентами протеаз являются штаммы *B. cereus* 2B, *B. cereus* 2/1/2, *B. cereus* Rp1-M и *B. amyloliquefaciens* 6/4/2. Вместе с тем практическое использование штаммов *B. cereus* требует обязательной оценки их биобезопасности, тогда как *B. amyloliquefaciens* 6/4/2 представляет наибольший интерес как безопасный продуцент ферментных препаратов.

Заключение. Проведён скрининг 45 изолятов бактерий рода *Bacillus*, выделенных из различных экологических ниш Узбекистана, на способность продуцировать внеклеточные протеазы и гидролизовать белки глютена. Выраженную протеолитическую активность проявили 15 штаммов, из которых 12 эффективно гидролизовали глютен. Наиболее высокой глютенолитической активностью характеризовались *B. cereus* 2B и *B. cereus* 2/1/2, а также *B. amyloliquefaciens* 6/4/2 и *B. licheniformis* 9/2. Показана штаммоспецифичность синтеза протеаз и отсутствие прямой зависимости между содержанием растворимого белка и уровнем протеолитической активности. Несмотря на высокую активность штаммов *B. cereus*, наиболее перспективным для дальнейших биотехнологических исследований является штамм *B. amyloliquefaciens* 6/4/2, сочетающий высокую протеолитическую и глютенолитическую активность с благоприятным профилем безопасности. Полученные результаты подтверждают перспективность использования штамма *B. amyloliquefaciens* 6/4/2 в качестве продуцента протеолитических ферментов для получения продуктов с пониженным содержанием глютена и создают основу для дальнейшей оценки эффективности деградации иммуногенных эпитопов глютена современными аналитическими методами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Razzaq, A., Shamsi, S., Ali, A., Ali, Q., Sajjad, M., Malik, A., & Ashraf, M. (2019). Microbial Proteases Applications. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7, 110. https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00110

2. Song, P., Zhang, X., Wang, S., Xu, W., Wang, F., Fu, R., & Wei, F. (2023). Microbial proteases and their applications. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1236368. https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1236368

3. Zhang, Z., Cao, Y., Wang, Y., et al. (2022). Effect of *Bacillus licheniformis* D3.11 milk-clotting enzyme on texture properties of Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science and Technology, 45*(2), 1–7. https://doi.org/10.7506/rykxyjs1671-5187-20220117-006

4. Mok, W. K., Tan, Y. X., Lyu, X. M., & Chen, W. N. (2020). Effects of submerged liquid fermentation of *Bacillus subtilis* WX-17 using okara as sole nutrient source on the composition of a potential probiotic beverage. *Food science & nutrition*, *8*(7), 3119–3127. https://doi.org/10.1002/fsn3.1541

5. Xie, F., Feng, F., Liu, D., Quan, S., Liu, L., Zhang, X., & Chen, G. (2022). *Bacillus amyloliquefaciens* 35 M can exclusively produce and secrete proteases when cultured in soybean-meal-based medium. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 209, 112188. https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.112188

6. Jermen Mamo, Martin Kangwa, & Hector-Marcelo Fernandez-Lahore. (2021). Production and partial characterization of a milk-clotting proteinase produced by *Bacillus subtilis* SMDFS-2B MN715837 in submerged cultures. *Bacterial Empire*, *4*(2). https://doi.org/10.36547/be.257

7. Zeng, Z., Zhang, J., Li, Y., et al. (2022). Probiotic potential of *Bacillus licheniformis* and *Bacillus pumilus* isolated from Tibetan yaks in China. *Probiotics and Antimicrobial Proteins, 14*, 579–594. https://doi.org/10.1007/s12602-022-09939-z

8. Zhang, Y., Hu, J., Wang, J., Liu, C., Liu, X., Sun, J., Song, X., & Wu, Y. (2023). Purification and characteristics of a novel milk-clotting metalloprotease from *Bacillus velezensis* DB 219. *Journal of Dairy Science*, 106(10), 6688-6700. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23450

9. Li, L., Zheng, Z., Zhao, X., Wu, F., Zhang, J., & Yang, Z. (2019). Production, purification and characterization of a milk clotting enzyme from *Bacillus methanolicus* LB-1. *Food Science and Biotechnology*, 28(4), 1107–1116. https://doi.org/10.1007/s10068-018-0539-2

10. Humaira, Deba, F., Shakir, H. A., et al. (2024). Optimization of protease production using *Bacillus velezensis* through response surface methodology and investigating its applications as stain remover. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 4, 1313–1322. https://doi.org/10.1007/s43393-024-00288-2

11. Farhan, M., Hasani, I. W., Khafaga, D. S. R., Ragab, W. M., Ahmed Kazi, R. N., Aatif, M., Muteeb, G., & Fahim, Y. A. (2025). Enzymes as Catalysts in Industrial Biocatalysis: Advances in Engineering, Applications, and Sustainable Integration. *Catalysts*, 15(9), 891. https://doi.org/10.3390/catal15090891

12. Devi, M., Sarma, A. D., Kalita, P. et al. (2026). Advances in microbial enzyme technology for food processing strategies and applications. *Discover Food*, 6, 56. https://doi.org/10.1007/s44187-025-00779-8

13. Wehaidy, H. R., Abdel Wahab, W. A., Kholif, A. M. M., Elaaser, M., Bahgaat, W. K., & Abdel-Naby, M. A. (2020). Statistical optimization of *B. subtilis* MK775302 milk clotting enzyme production using agro-industrial residues, enzyme characterization and application in cheese manufacture. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 25, 101589. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101589

УЎК 614.7:631.46

ТУПРОҚНИНГ МИКРОБИОЛОГИК ВА ГИГИЕНИК КЎРСАТКИЧЛАРИНИ АҲОЛИ САЛОМАТЛИК ҲОЛАТИГА ТАЪСИРИНИ БАҲОЛАШ

С.Т. Ахмедова, PhD, катта ўқитувчи, Тошкент давлат тиббиёт университети Термиз филиали, Термиз
https://orcid.org/0009-0003-1722-9055
Н.Ж. Эрматов, т.ф.д., проф., Тошкент Давлат Тиббиёт Университети, Тошкент
https://orcid.org/0000-0002-9964-5962
Д.Ш. Алимухамедов, т.ф.д., проф., Тошкент Давлат Тиббиёт Университети, Тошкент
https://orcid.org/0000-0003-2824-3760
Б.Б. Холбеков, PhD, Тошкент давлат тиббиёт университети Термиз филиали, Термиз
https://orcid.org/0009-0009-2596-1899

Аннотация. *Мақолада глобаллашув шароитида аҳоли саломатлигига таъсир этувчи экологик омилларнинг санитария-гигиеник аҳамияти таҳлил қилинган. Тадқиқотда Сурхондарё вилоятининг назорат остидаги ҳудудларида атмосфера ҳавоси, тупроқ, сув ва озиқ-овқат маҳсулотларининг ифлосланиши, хусусан пестицидларнинг қолдиқ миқдорлари ва тупроқнинг санитар-эпидемиологик ҳолати ўрганилган. 2018–2024 йиллардаги санитария-гигиена ва лаборатория мониторинги натижалари ретроспектив, ижтимоий-гигиеник, аналитик, инструментал ва статистик усуллар асосида таҳлил қилинди. Тадқиқот натижалари тупроқ ифлосланишига саноат корхоналари, транспорт, заҳарли кимёвий моддаларни сақлаш жойлари ва бошқа антропоген омиллар таъсир кўрсатишини кўрсатди. Тупроқ намуналарида пестицидларнинг қолдиқ миқдорлари, айрим ҳолатларда эса уларнинг гигиеник меъёрлардан юқори кўрсаткичлари аниқланган. Шунингдек, тупроқнинг эпидемиологик хавфлилигини баҳолашда ичак таёқчалари гуруҳи бактериялари ва энтерококклар индексларининг аҳамияти белгиланди. Кимёвий таҳлилларда никель миқдорининг айрим ҳудудларда юқори эканлиги қайд этилди. Аҳоли саломатлиги кўрсаткичлари таҳлилида нафас олиш тизими касалликлари етакчи ўринни эгаллаши аниқланди. Олинган натижалар атроф-муҳит объектларининг ҳолати аҳоли саломатлиги билан узвий боғлиқлигини ва экологик-гигиеник мониторингни комплекс тарзда ташкил этиш зарурлигини кўрсатади.*

Калит сўзлар: *глобаллашув, аҳоли саломатлиги, экологик омиллар, атмосфера ҳавоси, тупроқ, сув, пестицидлар, кимёвий ифлосланиш, санитария-гигиена, эпидемиологик хавф, оғир металлар, никель, экологик мониторинг.*

Аннотация. *В статье проанализировано санитарно-гигиеническое значение экологических факторов, влияющих на здоровье населения в условиях глобализации. Исследованы загрязнение атмосферного воздуха, почвы, воды и пищевых продуктов, в том числе содержание остаточных количеств пестицидов и санитарно-эпидемиологическое состояние почвы на контролируемых территориях Сурхандарьинской области. Проведён ретроспективный и аналитический анализ результатов санитарно-гигиенического и лабораторного мониторинга за 2018–2024 годы с использованием социально-гигиенических, гигиенических, аналитических, инструментальных и статистических методов исследования. Установлено, что загрязнение почвы связано с воздействием промышленных предприятий, транспорта, мест хранения токсичных химических веществ и других антропогенных факторов. В отдельных образцах почвы выявлены остаточные количества пестицидов, а в некоторых случаях их содержание превышало установленные гигиенические нормативы. При*

оценке эпидемиологической опасности почвы учитывались индексы бактерий группы кишечной палочки и энтерококков. По результатам химического анализа отмечено повышенное содержание никеля в отдельных исследуемых территориях. Анализ показателей здоровья населения показал, что заболевания органов дыхания занимают ведущее место в структуре распространённой заболеваемости. Полученные результаты подтверждают тесную взаимосвязь состояния объектов окружающей среды со здоровьем населения и необходимость комплексного экологического и санитарно-гигиенического мониторинга.

***Ключевые** слова:** *глобализация, здоровье населения, экологические факторы, атмосферный воздух, почва, вода, пестициды, химическое загрязнение, санитарная гигиена, эпидемиологический риск, тяжёлые металлы, никель, экологический мониторинг.*

***Abstract.** The article analyzes the sanitary and hygienic significance of environmental factors affecting population health in the context of globalization. The study examined contamination of ambient air, soil, water and food products, with particular attention to pesticide residues and the sanitary and epidemiological condition of soil in controlled areas of Surkhandarya Region. A retrospective and analytical assessment of sanitary, hygienic and laboratory monitoring data for 2018–2024 was conducted using social-hygienic, hygienic, analytical, instrumental and statistical research methods. The findings demonstrated that soil contamination was associated with industrial enterprises, transport, storage facilities for toxic chemicals and other anthropogenic factors. Residual pesticide concentrations were detected in some soil samples, and in certain cases their levels exceeded established hygienic standards. The epidemiological safety of soil was assessed using indices of fecal indicator bacteria, including coliform-group bacteria and enterococci. Chemical analysis also revealed elevated nickel concentrations in some of the investigated areas. Analysis of population health indicators showed that respiratory diseases occupied a leading position in the structure of prevalent morbidity. The results confirm a close relationship between environmental conditions and population health and emphasize the need for integrated environmental and sanitary-hygienic monitoring.*

***Key words:** globalization, population health, environmental factors, ambient air, soil, water, pesticides, chemical pollution, sanitary hygiene, epidemiological risk, heavy metals, nickel, environmental monitoring.*

Кириш. Аҳолининг умр кўриш давомийлиги ва саломатлиги ҳолатига уларни истиқомат қилиб келаётган яшаш жойидаги экологик омиллар билан биргаликда биосфера объектларининг ҳолати ва таъсирига чамбарчас боғлиқлиги ўрганилган. Тадқиқотнинг мақсад ва олдимизга қўйилган вазифаларни ҳал қилиш мақсадида Сурхондарё вилоятининг назорат остига олинган ҳудудларида ва барча туманларида биосфера объектларидан олинган синамаларнинг таҳлилларида атроф-муҳит ва озиқ-овқат маҳсулотларининг таркибидаги пестицидларнинг қолдиқ миқдорини аниқлаш ва олинган натижалар гигиеник таҳлил қилишда 5 йиллик натижаларнинг 2018-2022 йиллардаги ҳолатларни келтирдик.[3]

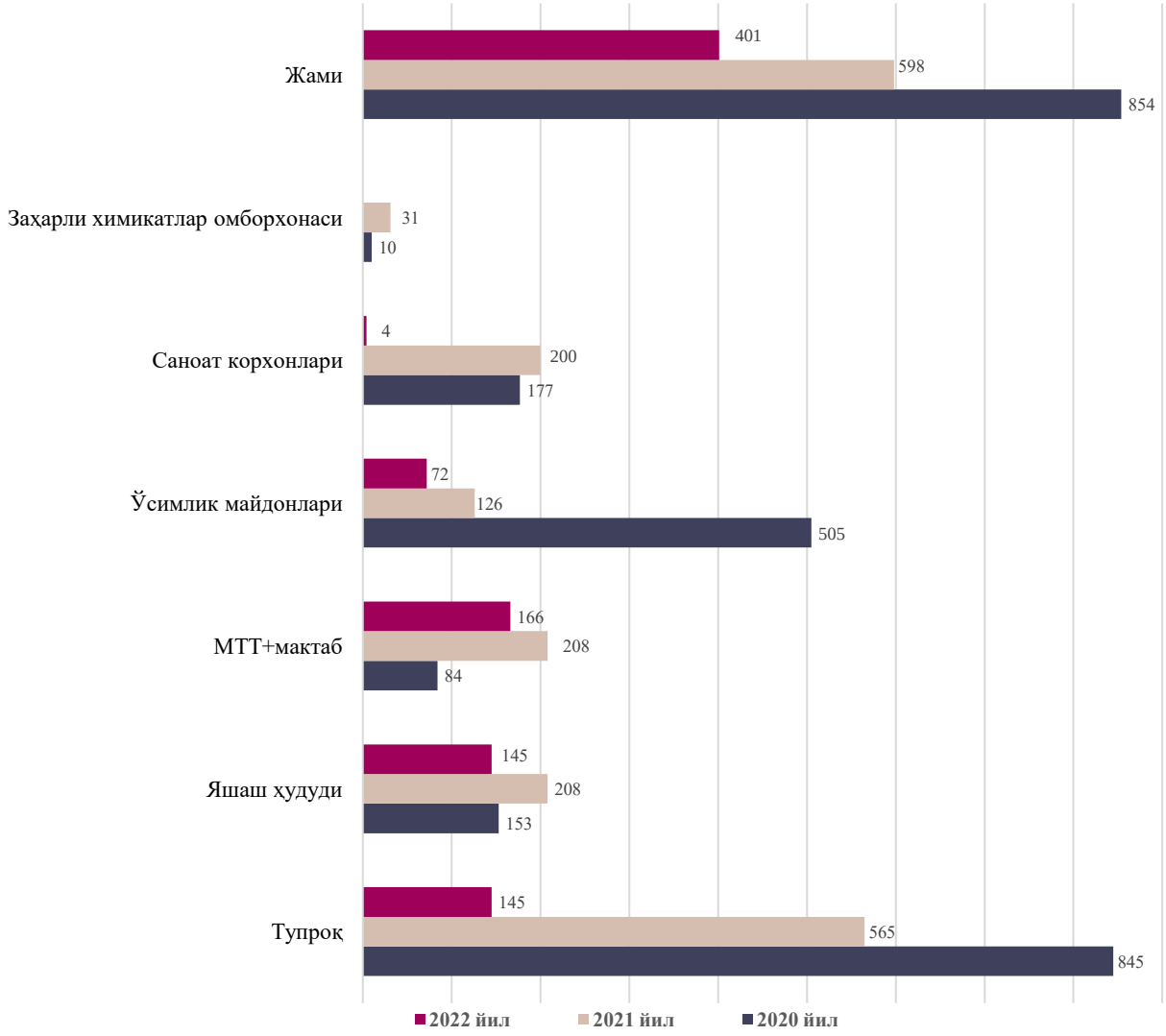
Тадқиқот объектларида, яъни тупроқ, атмосфера ҳавоси, сув ва озиқ-овқат маҳсулотларининг таркибида пестицидларнинг 17 та турини қолдиқ миқдори ДДТ, ДДД, ДДЕ, ГХЦГ, гексахлобензол, карбофос, гептахлор, фозолон, антио, БИ-58, 2.4 Д кислота, фосфамид, фталон, сайфос, хлорат магний миқдорини гигиеник таҳлил қилдик.[4]

Сурхондарё вилоят СЭОваЖС бошқармаси санитария-гигиена лабораторияси томонидан тупроқдан олинган намуналардаги пестицидларнинг қолдиқ миқдорини баҳолаш натижалари 1-расмда келтирилган.

Олинган натижаларнинг таҳлилидан, яъни 1-расмда келтирилган материаллардан кўриниб турибдики, пестицидлар қолдиқ миқдорини аниқлашда биз айрим объектларнинг атрофидан ва ўзидаги тупроқнинг таркибидаги миқдори билан биргаликда уларнинг ифлослантирувчи воситалари ҳам таҳлили қилинди.[5]

Таҳлиллар шуни кўрсатадики, 2020 йилда жами 3399 намуналар олинган бўлса, улардан 30 та намунада аниқланган бўлса, тупроқда 11 (36,6%), тупроқнинг таркибидаги аниқланган пестицидлар саноат корхоналари атрофидаги тупроқда 6 (54,5%) та, заҳарли химикатлар

сақлаш ўринларида 5 (45,6%)тасида аниқланган ва 4 (36,3%) таси меъёрдан юқорилиги аниқланган бўлса, 2021 йилда 6825 намунадан 56 тасида аниқланган бўлиб, тупроқдан олинган 24 (42,85%) та намунанинг 6 тасида, ўсимлик майдонларидан олинган намуналарининг 4 тасида, заҳарли химикатлар сақлаш ўринларида 20 тасидан 6 тасида аниқланган ва меъёрдан ошган намуналар тупроқ ва заҳарли химикатлар сақлаш ўринларида 6 тасида юқорилиги, 2022 йилда 4171 та намуна олинган бўлса, 38 та намунада аниқланган ва тупроқдаги ва заҳарли химикатлар сақлаш ўринларида натижалар меъёрдан ошганлиги аниқланган.[6]



1-расм. Сурхондарё вилоят туманларидаги тупроқдан олинган пестицидларнинг қолдиқ миқдорини баҳолаш натижалари

Материаллар ва усуллар. Жанубий чегара минтақаларида тупроқ таркибининг аҳоли саломатлигига таъсирини биолого-гигиеник баҳолашда ижтимоий-гигиеник, гигиеник, аналитик, инструментал ва статистик тадқиқот усулларидан фойдаланилган.

Натижалар ва мунозара. Олинган таҳлиллар асосида таъкидлаш жоизки, назорат остига олинган Сурхондарё вилоятининг чегара ҳудудларидаги биосфера объектларидаги пестицидларнинг қолдиқ миқдорини натижалари ушбу йўналишидаги янги тадқиқотларни илмий асосланган натижалар асосида таҳлил қилиш ва атмосфера ҳавоси, тупроқ, сув таъминоти ва озиқ-овқат маҳсулотларнинг хавфсизлигини таъминлаш чора-тадбирларини ишлаб чиқишни тақозо қилади.

Сурхондарё вилояти Узун, Сариосиё, Денов туманларида селитеб ҳудудлари тупроғидан олинган сўнгги беш йиллик (2020-2024 йй) маълумотлар шуни кўрсатадики, ҳудуд тупроғининг 25,5% кучсиз, 45% кучли ифлосланмаган, 29,5% эса ўртача ифлосланган тупроқ

тоифасига киради. Тупроқни ифлослантирувчи манбаларнинг 25,5% саноат корхоналари, транспорт, 12,2% микробиологик манбалар ҳисобига тўғри келади. Тупроқдан санитар-энтомологик текширишлар учун олинган намуналардан 16 (44,4%) гигиеник меъёрларга мос келмади. 2022 йилда тупроқнинг санитар-паразитологик кўрсаткичларини гигиеник меъёрлардан юқорилиги (1,7%) қайд этилган бўлса, 2023 йилда турғунлашганлиги, 2023 йилга келиб эса кўрсаткичларнинг пасайиш тенденцияси аниқланди.

Тупроқнинг эпидемиологик хавфлилик даражасини баҳолаш ичак таёқчалари гуруҳи бактериялари ва энтерококклар даражаси бўйича 90-процентил ҳисобида ўрганилди ва олинган натижалар 1-жадвалда келтирилган.

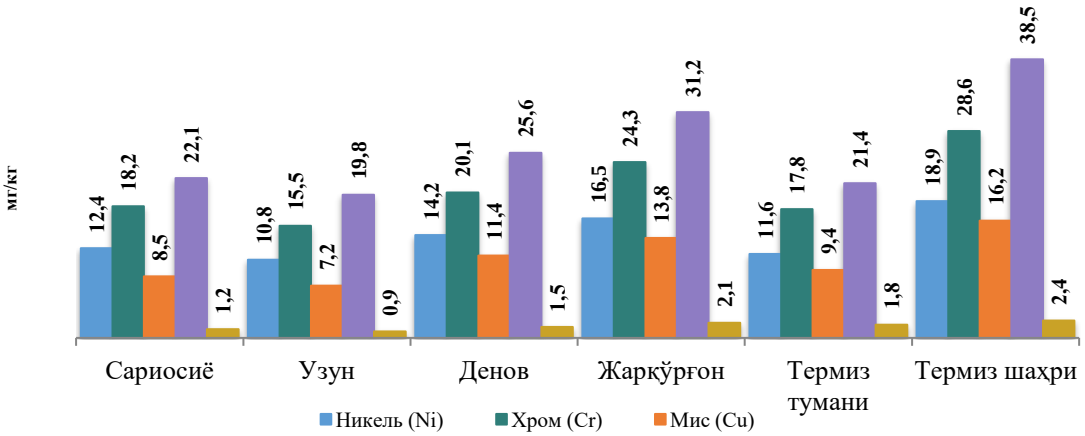
1-жадвал

Назорат ўринларида энтерококклар ва ичак таёқчалари гуруҳи бактериялари индекси бўйича тупроқнинг контаминatsiя даражасининг натижалари

Индекс	ҳудуд	n	аҳамияти		процентил				З	Р
			Мин	Мак	P_{25}	P_{50}	P_{75}	P_{90}		
Энтерококк	Шаҳар	125	0	125	4	1	45	41	-0,1	0,931
	Туман	65	0	65	2	6	9	38		
Ичак таёқчалари	Шаҳар	175	0	175	5	1	45	80	-5,5	<0,001
	Туман	65	0	65	2	6	9	38		

Тупроқнинг эпидемик хавфлилик даражасини баҳолаш ИТГБ индекси ва энтерококклар бўйича уларнинг 90 процентил даражасида СанҚваН 0183-05 «Ўзбекистон Республикасининг махсус табиий-иқлимий шароитида аҳоли турар жойлари тупроғини сифатига гигиеник талаблар» га мос холда баҳоланди.

Вилоятнинг иссиқхоналаридан олинган 606 нумунанинг тупроқ ва сувдан олинган намуналарнинг барчасида пестицидларнинг қолдиқ миқдори аниқланмаган бўлса, фасллар кесимида мева ва сабзавотлардан олинган намуналарнинг 405 тасида (қулупнай, лимон, помидор, бодринг, карам, кўкатлар) ҳам аниқланмаганлиги кўриниб турибди.



2-расм. Тупроқ намуналарида олинган кимёвий элементлар миқдори.

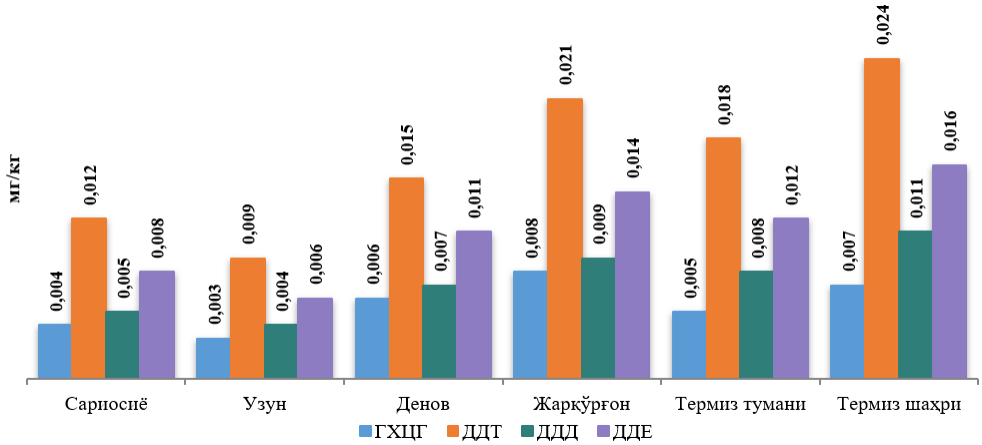
2-расмда келтирилган натижалардан кўриниб турибдики, никелнинг миқдори Сариосиё туманида 12,4ни, Узун туманида 10,8 ни, Денов туманида 14,2ни, Жарқўрғон туманида 16,5 ни, Термиз туманида 11,6 ва Термиз шаҳрида эса 18,9ни ташкил қилган ва энг юқори натижа Термиз шаҳрида ва Жарқўрғон туманларида аниқланган.

Тупроқ намуналаридаги пестицидларнинг қолдиқ миқдорнинг натижалари 3-расмда келтирилган.

Бизнинг натижаларимизда Санитария эпидемиология осойишталиги ва жамоат саломатлиги назорати маркази лабораторияларида келтирилган натижаларда 5 йиллик асосий пестицидларда хлороганик, фосфорорганик, перитроид пестицидлар билан биргаликда синтетик турлари ҳам келтирилган бўлса, биз ТДТУ ва Корё Университети лабораториясида асосий 4 тасини ГХЦГ, ДДТ, ДДД, ДДЕ турларни аниқланган натижаларини келтирдик.

Хулоса. Ҳозирги вақтда аҳоли ҳаётига хавф солувчи асосий сабаблари қон айланиш тизими, нафас олиш тизими, хавфли ўсмалар, шикастланишнинг ташқи сабаблари, заҳарланиш, овқат ҳазм қилиш тизими касалликлари, эндокрин тизими касалликлар бўлиб,

уларнинг ортиши барча касалликларнинг ҳисобидан умумий касалланиш даражасининг 84,4%ини ташкил қилади.



3-расм. Тупроқ намуналаридаги пестицидлар миқдорини натижалари.

2023 йилда тарқалган касалликларнинг орасида биринчи ўринни нафас олиш тизими касалликлари эгаллаган бўлса-10097 (63,6%), иккинчи ўринни хавфли ўсма касалликлари-1035(6,5%), учинчи ўринни бахтсиз ҳодисалар ва шикастланишлар-1001 (6,3%), тўртинчи ўринни ОҲҚТК — 943 (5,9%), бешинчи ўринни юрак қон томир тизими касалликлари — 865 (5,5%), олтинчи ўринни ЭТК эгаллаган — 503 (3,2%).

Шундай қилиб, нафас олиш йўллари касалликларининг ўсиш даражаси юқори ва бу касалликлар аксарият ҳолларда бир ёшгача бўлган болалар ва кекса ёшдаги инсонлар орасида ортиши атроф-муҳит омилларининг салбий ҳолатлари, ҳаво таркибининг ўзгариши, чанг миқдори ортганлиги билан боғлиқдир.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Ўзбекистон Республикасининг 2025 йил 3 февралдаги ЎРҚ-1023-сон «Озиқ-овқат хавфсизлиги тўғрисида» Қонуни.

2. 2021 йил 5 майдаги ПФ-6221-сон «Соғлиқни сақлаш тизимида олиб борилаётган ислоҳотларни изчил давом эттириш ва тиббиёт ходимларининг салоҳиятини ошириш учун зарур шарт-шароитлар яратиш тўғрисида», Фармони, Тошкент, 2021 йил

3. Абдулнагимов И. Г. Влияние выбросов предприятий микробиологического синтеза кормовых добавок на состояние окружающей среды и здоровье населения //Гигиена и санитария. – 2006. – №. 2. – С. 19-23.

4. Абдурахманов Д.Т. Хронический гепатит В и Д // Практическая гепатология / Под ред. Н.А. Мухина. М., 2004. — С. 58-77.

5. Камаев И.А., Хлапов А.Л., Пятилышнова О.М. Перинатальная смертность в Нижегородской области // Общественное здоровье и здравоохранение. 2007. — №2. — С. 12-16.

6. Карелин А.О., Ломтев А.Ю., Волкодаева М.В., Еремин Г.Б. Совершенствование подходов к оценке воздействия антропогенного загрязнения атмосферного воздуха на население в целях управления рисками для здоровья. Гигиена и санитария. 2019; 98(1): 82-86.

УЎК: 57.575

БУҒДОЙ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) МИКРОСПОРАСИДА ВАКУОЛИЗАЦИЯ ЖАРАЁНИНИНГ ЦИТОЛОГИК ХУСУСИЯТЛАРИ ВА БИОЛОГИК АҲАМИЯТИ

Г.А. Дусматова, докторант, ЎзРФА Генетика ва ўсимликлар экспериментал биологияси институти, Тошкент

С.К. Бабоев, проф., ЎзРФА Генетика ва ўсимликлар экспериментал биологияси институти, Тошкент

Г.А. Кимсанова, доц., Андижон давлат университети, Андижон

Аннотация. *Буғдой (Triticum aestivum L.) гулли ўсимликлар ичида дунёда энг муҳим озиқ-овқат экинларидан бири бўлиб, унинг ҳосилдорлиги ва репродуктив қобилияти кўп жиҳатдан эркак гаметофитининг нормал ривожланишига боғлиқ. Эркак гаметофитининг шаклланиши чангдонда кечадиган микроспорогенез ва микрогаметогенез жараёнлари натижасида амалга ошади. Ушбу жараёнлар морфологик, цитологик, физиологик ва молекуляр ўзгаришларни ўз ичига олиб, чанг доналарининг ҳаётчанлиги ва уруғланиш қобилиятини белгилайди. Шунинг*

учун буғдой чангчисининг морфогенезини чуқур ўрганиш селекция, генетика ва биотехнология соҳаларида муҳим аҳамиятга эга.

Калит сўзлар: *Буғдой, микроспорогенез, микрогаметогенез, эпидермис, эндотеций, тапетум, экзина, интина.*

Аннотация. *Пшеница (Triticum aestivum L.) является одной из важнейших продовольственных культур в мире среди цветковых растений, и ее урожайность и репродуктивная способность во многом зависят от нормального развития мужского гаметофита. Формирование мужского гаметофита происходит в результате процессов микроспорогенеза и микрогаметогенеза, протекающих в пыльце. Эти процессы включают морфологические, цитологические, физиологические и молекулярные изменения, определяющие жизнеспособность и оплодотворение пыльцевых зерен. Поэтому глубокое изучение морфогенеза пыльцы пшеницы имеет важное значение в области селекции, генетики и биотехнологии.*

Ключевые слова: *пшеница, микроспорогенез, микрогаметогенез, эпидермис, эндотеций, тапетум, экзина, интина.*

Abstract. *Wheat (Triticum aestivum L.) is one of the most important food crops among flowering plants worldwide, and its yield and reproductive ability depend heavily on the normal development of the male gametophyte. The formation of the male gametophyte is the result of microsporogenesis and microgametogenesis, processes that occur within the anther. These processes involve morphological, cytological, physiological, and molecular changes that determine the viability and fertility of pollen grains. Therefore, a thorough study of wheat stamen morphogenesis is of great importance in the fields of breeding, genetics, and biotechnology.*

Key words: *Wheat, microsporogenesis, microgametogenesis, epidermis, endothecium, tapetum, exine, intine.*

Кириш. Буғдой (*Triticum aestivum* L.) чангчиси ривожланишида вакуолизация даври микроспора тараққиётининг энг муҳим босқичларидан бири ҳисобланади. Бу босқичда микроспора тетрададан ажралиб чиққан ҳолда мустақил ривожланади ва келгусида етук чанг донаси ҳосил бўлиши учун зарур бўлган морфологик ҳамда физиологик ўзгаришларни бошдан кечиради. Вакуолизация даври микроспоранинг ҳажми катталашиши, цитоплазманинг қайта тақсимланиши ва йирик марказий вакуола шаклланиши билан тавсифланади.

Дастлаб микроспора цитоплазмасида бир нечта майда вакуолалар пайдо бўлади. Кейинчалик ушбу вакуолалар бирлашиб, ҳужайранинг марказий қисмида катта марказий вакуолани ҳосил қилади. Вакуоланинг катталашиши натижасида цитоплазма ҳужайра девори бўйлаб жойлашади, ядро эса марказдан четга силжиб, ҳужайра деворига яқин ҳолатни эгаллайди. Ядронинг периферияга кўчиши вакуолизация босқичининг энг муҳим цитологик белгиларидан бири ҳисобланади.

Мавзунинг долзарблиги. Буғдой бошоғидаги ҳар бир гул одатда учта чангдондан ташкил топган бўлиб, уларнинг ҳар бири ташқи эпидермис, эндотеций, ўрта қават ва тапетумдан ташкил топган девор ҳамда марказий спороген тўқимани ўз ичига олади. Тапетум чанг доналарининг ривожланиши учун энг муҳим озиқлантирувчи тўқима ҳисобланади. У микроспораларга биологик фаол моддаларни етказиб беради. Шу билан бирга, тапетум поллен деворининг ташқи қатлами – экзина шаклланиши учун зарур бўлган спорополленин прекурсорларини синтез қилади. Тапетумнинг эрта ёки кеч деградацияси чанг доналарининг стериллигига олиб келиши мумкин.

Микроспорогенез жараёни археоспориал ҳужайраларнинг дифференциалланиши билан бошланади. Бу ҳужайралар бир неча марта митотик бўлиниш орқали спороген тўқимани ҳосил қилади. Кейинчалик спороген ҳужайралар ўсиб, микроспора она ҳужайраларига айланади. Бу босқичда ҳужайраларда ДНК репликацияси якунланиб, улар мейозга тайёр ҳолатга келади. Микроспора она ҳужайралари катта ядро, зич цитоплазма ва яхши ривожланган органоидлар билан характерланади.

Мейоз микроспорогенезнинг энг муҳим босқичларидан бири ҳисобланади. Бу жараён давомида диплоид микроспора она ҳужайраси икки марта кетма-кет бўлиниб, натижада тўртта гаплоид микроспора ҳосил бўлади. Биринчи мейотик бўлинишда гомологик хромосомалар конъюгацияланиб - кроссинговер жараёни кузатилади. Бунда, рекомбинация орқали генетик хилма-хилликга олиб келади. Иккинчи мейотик бўлинишда эса қиз хроматидалар ажралиб чиқади ва ҳар бир микроспорада гаплоид хромосомалар тўплами шаклланади. Буғдойнинг мейоз жараёнида ҳар қандай бузилишлар чанг стериллигига ва ҳосилдорликнинг пасайишига олиб келади.

Мейоз охирида, тўртта микроспора каллоза девори билан ўралган тетрада шаклида жойлашади. Каллоза девори β-1,3-глюкан полимери бўлиб, микроспораларни ташқи муҳитдан ҳимоя қилади ҳамда уларнинг мустақил ривожланиши учун шароит яратади. Кейинчалик тапетум томонидан ажратиладиган каллаза ферменти каллоза деворини парчалайди ва ҳар бир микроспора эркин ҳолда чангдон бўшлиғига чиқади. Бу босқич микроспора мустақил ҳаётининг бошланишини билдиради.

Эркин микроспора дастлаб кичик, шарсимон шаклга эга бўлиб, марказда жойлашган йирик ядро ва зич цитоплазмадан иборат бўлади. Кейинги ривожланиш давомида микроспора ҳажми ортиб боради, цитоплазмада кўплаб майда вакуолалар ҳосил бўлади. Бу вакуолалар жамланиб, катта марказий вакуолани ҳосил қилади ва ядро ҳужайра периферияси га силжийди. Бу ҳолат кеч бир ядроли вакуолизацияланган микроспора босқичи эканлигидан далолат беради. Мазкур босқич андрогенез индукцияси учун энг юқори морфогенетик потенциалга эга.

Вакуолизация босқичидан кейин биринчи асимметрик митознинг амалга ошашиши — натижасида катта ҳажмли вегетатив ҳужайра ва кичик генератив ҳужайра шаклланади. Генератив ҳужайра кейинчалик яна бир марта митотик бўлиниб, иккита сперма ҳужайрасини ҳосил қилади. Шу тариқа икки ядроли, кейин эса уч ядроли етук чанг донаси шаклланади. Буғдойда чанг доналарининг аксарияти уруғланиш вақтида икки ҳужайрали ҳолатда бўлиб, генератив ҳужайра чанг найчасида бўлиниши ҳам мумкин.

Чанг донаси ривожланиши давомида ташқи девор – экзина ва ички девор – интина шаклланади. Экзина асосан спорополлениндан ташкил топган бўлиб, механик таъсирлар, ультрабинафша нурланиш ва қурғоқчиликка нисбатан юқори барқарорликни таъминлайди. Интина эса целлюлоза ва пектинларга бой бўлиб, чанг найчасининг ўсишида иштирок этади. Экзина шаклланишида тапетумнинг роли ҳал қилувчи аҳамиятга эга, чунки спорополленин компонентларининг асосий қисми айнан шу тўқимада синтезланади.

Сўнгги молекуляр тадқиқотлар микроспорогенез жараёни юзлаб генлар томонидан назорат қилиниши аниқланган. Айниқса, MS1, TDF1, AMS, bHLH туркумига мансуб транскрипцион омиллар, шунингдек, тапетум ривожланишини бошқарувчи генлар чанг доналарининг нормал шаклланишида муҳим аҳамиятга эга. Бу генлар экспрессиясининг бузилиши микроспоралар деградациясига, тапетум функциясининг издан чиқишига ва эркак стерилликка сабаб бўлиши мумкин [1, 5].

Буғдой микроспорасида вакуолизация жараёнининг цитологик хусусиятлари. Буғдой микроспорасининг вакуолизация босқичи эркак гаметофити ривожланишидаги энг муҳим цитологик босқичлардан бири бўлиб, морфологик, ультратузилмавий ва физиологик қайта ташкилланиши билан характерланиб, кейинги митотик бўлиниш ҳамда чанг донасининг шаклланишини таъминлайди.

Микроспора тетрададан ажралиб чиққанидан кейин унинг цитоплазмаси бир хил зичликка эга бўлиб, ядро ҳужайра марказида жойлашади. Бу босқичда ҳужайра нисбатан кичик ўлчамли бўлиб, цитоплазмада митохондриялар, пластидлар, эндоплазматик тўр, рибосомалар ва Гольжи аппарати фаол ҳолатда бўлади. Ривожланиш давом этган сари цитоплазмада майда вакуолалар пайдо бўла бошлайди. Дастлаб улар мустақил ҳолда шаклланса, кейинчалик ўзаро қўшилиб, катта марказий вакуолани ҳосил қилади. Бу жараён микроспора вакуолизациясининг асосий цитологик белгиси ҳисобланади.

Вакуолаларнинг шаклланиши эндоплазматик тўр ва Гольжи аппарати мембраналарининг қайта ташкилланиши билан узвий боғлиқдир. Эндомембрана тизими

фаолияти натижасида ҳосил бўлган кичик везикулалар бир-бири билан қўшилиб, каттароқ вакуоляр тузилмаларни ҳосил қилади. Кейинчалик ушбу вакуолаларнинг бирлашиши марказий вакуоланинг шаклланишига олиб келади. Марказий вакуола ҳажми ортиши билан цитоплазма ҳужайра девори бўйлаб юпқа қатлам шаклида жойлашади ва бунда ҳужайра ичидаги органоидларнинг фазовий қайта тақсимланишига олиб келади.





1-расм. Буғдой бошоғидан вакуолизация босқичидаги антерларни танлаб ажратиш.

Олимларнинг фикрича, вакуолизация жараёнининг энг муҳим цитологик хусусиятларидан бири ядронинг марказдан периферияга кўчишидир. Катта марказий вакуола ҳосил бўлиши натижасида ядро ҳужайранинг бир қутбига силжийди. Ядронинг мазкур жойлашуви кейинги асимметрик митотик бўлинишнинг тўғри амалга ошиши учун муҳим. Илмий тадқиқотларда ядронинг периферияда жойлашиши биринчи митознинг полярлигини таъминлаб, кейинчалик катта вегетатив ва кичик генератив ҳужайраларнинг ҳосил бўлишига асос бўлиши кўрсатилган [3, 7].

Тадқиқотларга кўра, вакуолизация босқичида митохондриялар сони ва фаоллиги ортишини кўрсатади. Бу даврда митохондриялар каттароқ шаклга эга бўлиб, кристаллари яхши ривожланган бўлиб, энергия алмашинувининг кучайишига олиб келган. Бу эса, вакуолизация ва кейинги митоз жараёнлари учун кўп миқдорда АТФ талаб қилади. Шу қаторда, пластидларда крахмал доначаларининг йиғилиши — микроспоранинг кейинги ривожланиши учун муҳим энергия манбаи вазифасини ўтайди [2, 6].

Вакуолизация жараёнида цитоскелет қайта тиклана боради. Актин микрофиламентлари ва микротубулалар ядронинг ҳаракатланиши, вакуолаларнинг бирлашиши ҳамда органоидларнинг қайта тақсимланишида иштирок этади. Микротубулаларнинг поляр жойлашиши кейинги митотик веретенонинг тўғри шаклланишини таъминлайди. Агар цитоскелетнинг шаклланиши бузилса, ядронинг периферияга кўчиши издан чиқади ва микроспора нормал ривожланмайди [8].

Адабиётларда келтирилишича, экзина тузилиши мустаҳкамланиб, спорополленин қатлами тўлиқ шаклланади. Интина девори - целлюлоза ва пектин моддалари билан бойиб боради. Бу ўзгаришлар чанг донасининг ташқи таъсирларга чидамлилигини ошириш билан бир қаторда, кейинчалик чанг найчасининг ўсиши учун зарур механик хусусиятларни таъминлайди [1].

Кузатишларга кўра, вакуолизация давомида микроспора цитоплазмасида реактив кислород шакллари (ROS) миқдори маълум даражада ортиши аниқланган. ROS - ҳужайра учун зарарли маҳсулот сифатида эмас, балки сигнал молекуласи сифатида ҳам хизмат қилади. Улар ҳужайра циклининг қайта дастурланиши, стрессга жавоб реакциялари ва эмбриогенез

индукциясида иштирок этади. Бироқ, ROS миқдорининг ҳаддан ташқари ортиши оксидланиш стрессига ва микроспора деградациясига олиб келиши мумкин. Шунинг учун, антиоксидант ферментлар тизими вакуолизация босқичида муҳим ҳимоя вазифасини ўтайди [6].

Шу билан бирга, кальций ионлари (Ca^{2+}) ҳам вакуолизация жараёнининг муҳим регуляторларидан ҳисобланади. Хусусан, вакуолизацияланган микроспораларда Ca^{2+} ионларининг асосан ядро атрофида, плазматик мембрана ва вакуоляр мембранада тўпланиши кузатилган. Бу ионлар вакуола шаклланиши, мембраналар қўшилиши, цитоскелет динамикаси ва кейинги митотик бўлинишни бошқаришда иштирок этиши аниқланган [7].

Замонавий транскриптом ва протеом таҳлиллари вакуолизация босқичида юзлаб генлар фаоллиги ўзгаришини кўрсатмоқда. Яъни, сув транспортини таъминловчи аквапорин генлари, осмотик босимни бошқарувчи оқсиллар, стрессга жавоб берувчи HSP (Heat Shock Protein) оиласи генлари ҳамда ҳужайра циклини назорат қилувчи циклинлар юқори даражада экспрессияланади. Бу эса, микроспоранинг кейинги ривожланишини таъминлайди ҳамда унинг ташқи муҳит таъсирига мослашувчанлигини оширади [3, 9].

Аниқланишича, вакуолизацияланган кеч бир ядроли микроспоралар совуқ, юқори ҳарорат ёки осмотик стресс таъсирида гаметофит ривожланиш йўлини тўхтатиб, спорофит ривожланиш дастурига қайта дастурланиши аниқланган. Натижада, эмбриоидлар ҳосил бўлади ва кейинчалик улардан гаплоид ҳамда дабл-гаплоид ўсимликлар олинади. Бу ҳолат вакуолизация босқичининг юқори морфо-генетик компетентлигига эга эканлигидан далолат беради [3, 8].

Микроспора ривожланишининг вакуолизация босқичи фақатгина морфологик ва цитологик ўзгаришлар билангина эмас, физиологик ва биокимёвий таркибига хам эга бўлади. Ушбу босқичда ҳужайранинг сув режими, осмотик потенциали, энергетик алмашинуви, ферментлар фаоллиги, фитогормонлар баланси, реактив кислород шакллари (ROS), кальций сигнализацияси ҳамда ген экспрессиясида қатор ўзгаришлар содир бўлади. Бу жараёнлар микроспоранинг кейинги митотик бўлиниши ва етук чанг донаси шаклланиши учун физиологик асос ҳисобланади. Айнан вакуолизация босқичида микроспора ташқи стрессларга нисбатан юқори сезгирлик касб этади ва маълум шароитларда гаметофит ривожланишидан спорофит ривожланишига қайта дастурланишига туртки бўлади [3, 9].

Тадқиқотларда келтирилишича, вакуолизациянинг дастлабки босқичларида микроспоранинг сув алмашинуви кескин фаоллашади. Майда вакуолаларнинг шаклланиши ва кейинчалик уларнинг бирлашиб йирик марказий вакуолани ҳосил қилиши ҳужайра ичига сув оқимининг ортиши билан кечади. Бу жараёнда плазматик мембрана ва тонопласт орқали сув ташилишини таъминловчи аквапоринлар муҳим аҳамиятга эга. Аквапорин генларининг экспрессияси вакуолизация босқичида сезиларли даражада ошади, бу эса вакуола ҳажмининг тез катталашишига ва ҳужайранинг тургор босими сақланишига хизмат қилади. Осмотик потенциалнинг ўзгариши вакуолада ионлар, органик кислоталар, аминокислоталар ва шакарларнинг тўпланиши билан таъминланади [3, 6].

Бунда, ҳужайранинг осмотик ҳолати ҳам тубдан ўзгаради. Катта марказий вакуола асосий осморегулятор органоид сифатида фаолият кўрсатиб, цитоплазмадаги ионлар ва эриган моддалар концентрациясини мувофиқлаштиради. Айниқса, калий (K^+), кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}) ва хлор (Cl^-) ионларининг тақсимланиши ўзгаради. Бу жараён тургор босимини барқарор сақлаш билан бир қаторда, кейинги асимметрик митоз учун зарур физиологик шароитни таъминлайди [7].

Энергетик алмашинув ҳам юқори даражада фаоллашади. Микроспорада митохондриялар сони ва уларнинг кристаллари ривожланганлиги - нафас олиш жараёнининг кучайиши ва АТФ синтезининг ортиши билан боғлиқдир. Ҳосил бўлган энергия вакуолалар шаклланиши, цитоскелетнинг қайта ташкилланиши, органоидларнинг ҳаракати ҳамда кейинги митотик бўлиниш жараёнларида сарфланади. Пластидларда вақтинчалик крахмал доначалари йиғилиб, кейинчалик улар глюкозага парчаланиб энергия манбаига айланади[9].

Шу билан бирга, углеводлар алмашинувида, яъни сахароза чангдон девори ва тапетумдан микроспорага ташилади ва инвертаза ҳамда сахароза-синтаза ферментлари

иштирокида глюкоза ва фруктозага айланади. Бу моносахаридлар нафақат энергия манбаи, балки осмотик босимни бошқарувчи асосий компонентлар сифатида ҳам хизмат қилади. Кейинчалик углеводларнинг бир қисми крахмал кўринишида пластидларда захира қилинади. Углевод алмашинувининг бузилиши чанг доналарининг ҳаётчанлигини пасайтиради ва эркак стерилликка сабаб бўлиши мумкин [1].

Оқсиллар алмашинувида эса — иссиқлик шоки оқсиллари (Heat Shock Proteins, HSP70, HSP90) ҳамда шаперон оқсиллар миқдори ортади. Улар янги синтезланган оқсилларнинг тўғри йиғилишини таъминлайди ва ташқи стресслар таъсирида ҳужайрани ҳимоя қилади. Хусусан, протеазалар эски ёки зарарланган оқсилларни парчалаб, аминокислоталарнинг қайта ишлатилишини таъминлайди [3].

Реактив кислород шакллари (ROS) муҳим физиологик аҳамиятга эга. Супероксид аниони (O_2^-), водород пероксиди (H_2O_2) ва гидроксил радикаллари маълум миқдорда ҳосил бўлиб, ҳужайрада сигнал молекулалари вазифасини бажаради. ROS - митозга тайёргарлик, ҳужайра циклининг қайта ташкилланиши ва стресс сигналларини узатишда иштирок этади. Бироқ уларнинг миқдори ортиқча ошса, липидлар пероксидланиши, ДНК шикастланиши ва оқсилларнинг денатурацияси содир бўлади. Шунинг учун, антиоксидант тизим – супероксиддисмутаза (SOD), каталаза (CAT), аскорбатпероксидаза (APX) ва глутатионредуктаза ферментлари ROS миқдорини назорат қилиб туради [6].

Кальций ионлари (Ca^{2+}) концентрациясининг қисқа муддатли ўзгаришлари вакуолаларнинг бирлашиши, цитоскелет қайта ташкилланиши, ядронинг периферияга кўчиши ва митотик аппаратнинг шаклланишини бошқаради. Кальций сигналлари кальмодулин ва кальцийга боғлиқ протеинкиназалар орқали ҳужайра ичидаги кўплаб метаболик жараёнларни мувофиқлаштиради [7].

Фитогормонлар баланси кескин ўзгаради. Ауксинлар микроспора ривожланиши давомида ҳужайра полярлигини ва бўлинишини бошқарса, абсциз кислотаси (ABA) ташқи стрессларга жавоб реакцияларида иштирок этади. Цитокининлар митоз фаоллигини рағбатлантиради, гиббереллинлар эса кейинги чанг донаси ўсиши билан боғлиқ жараёнларни тартибга солади. Андрогенез индукцияси вақтида ауксин ва ABA нисбатининг ўзгариши микроспоранинг гаметофит дастуридан эмбриоген дастурига ўтишида муҳим аҳамият касб этади [7, 8].

Замонавий транскриптомик ва протеомик тадқиқотлар вакуолизация босқичида юзлаб генлар экспрессияси ўзгаришини кўрсатмоқда. Айниқса, стрессга жавоб берувчи генлар, сув транспортига масъул PIP ва TIP аквапорин генлари, ҳужайра циклини назорат қилувчи Cyclin ва CDK генлари ҳамда энергия алмашинувига оид ферментлар юқори даражада экспрессияланади. Бу ўзгаришлар микроспоранинг кейинги ривожланиш босқичлари учун физиологик тайёргарлигини таъминлайди [9].

Физиологик ва биокимёвий қайта ташкилланишлар микроспоранинг тотипотентлик хусусиятини намоён этади. Совуқ, юқори ҳарорат ёки осмотик стресс таъсирида ушбу босқичдаги микроспора гаметофит ривожланишини тўхтатиб, спорофит ривожланиш дастурига қайта дастурланади. Бу жараён эмбриоидлар ҳосил бўлишига олиб келади ва кейинчалик дабл-гаплоид ўсимликлар олиш имконини беради. Шунинг учун вакуолизация босқичидаги физиологик ўзгаришларни чуқур ўрганиш буғдой селекцияси ва биотехнологияси учун муҳим илмий аҳамиятга эга [3, 8].

Хулоса қилиб айтганда, буғдой чангчисининг морфогенези кўп босқичли ва мураккаб биологик жараён бўлиб, у археоспориал ҳужайралардан бошланиб, микроспора она ҳужайралари, мейоз, тетрада, эркин микроспора, вакуолизация, биринчи митоз ва етук чанг донаси шаклланишигача давом этади. Айниқса, вакуолизацияланган бир ядроли микроспора босқичи нафақат табиий гаметофит ривожланишида, балки *in vitro* андрогенез ва дабл-гаплоид технологияларида ҳам энг муҳим босқич сифатида эътироф этилмоқда. Бу жараёнларни чуқур ўрганиш буғдой селекциясида юқори маҳсулдор ва стресс омилларига чидамли янги навларни яратиш имкониятларини кенгайтиради.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Browne R.G. et al. Anter morphological development and stage determination in *Triticum aestivum.* Frontiers in Plant Science, 2018.9. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00228
2. De Storme, N., & Geelen, D. The impact of environmental stress on male reproductive development in plants: biological processes and molecular mechanisms. Plant, Cell & Environment, 2013. 43. https://doi.org/10.1111/pce.12142
3. Dubas, E., et al. New Prospects for improving microspore embryogenesis induction in highly recalcitrant winter wheat lines. Plants, 2024. 13(3), 363. https://doi.org/10.3390/plants13030363
4. Gamal El-Ga'zaliy et al. Studies of the developmental of wheat (*Triticum aestivum*) pollen; formation of the pollen aperture. Canadian Journal of Botany. 1986. 3141-3154. DOI:10.1139/b86-414
5. Li, H., et al. The Sequence Alignment/ Map format and SAMtools. Oxford journals Bioinformatics. Oxford, Angliya. 2009. 2078-2079. doi: 10.1093/bioinformatics/btp352
6. Parra-Vega, V., et al. Induction of Embryogenesis in *Brassica Napus* Microspores produces a callosic subintinal layer and abnormal cell walls with altered levels of callose and cellulose. Frontiers in Plant Science, 2015.6. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01018
7. Pérez-Pérez, Y., et al. Opposite Auxin Dynamics Determine the Gametophytic and Embryogenic Programs during Microspore Development. International Journal of Molecular Sciences, 2023. 24. DOI: 10.3390/ijms241311177
8. Testillano, P. S. Microspore embryogenesis: targeting the determinant factors of stress-induced cell reprogramming for crop improvement. Journal of Experimental Botany, 2019. 70(11), 2965–2978. DOI: 10.1093/jxb/ery464
9. Yang, F., et al. Microspore embryogenesis: in vitro cultivation induced cell reprogramming for plant breeding. Seed Biology, 2024. 3, 19. https://www.researchgate.net/publication/385636315_Microspore_embryogenesis_in_vitro_cultivation_induced_cell_reprogramming_for_plant_breeding

УЎК: 616-056.5 /612.359+ 615.89

ТУРЛИ СТРЕСС ВА ГИПОДИНАМИЯ БИЛАН ЧАҚИРИЛГАН МЕТАБОЛИК СИНДРОМ ШАРОИТИДА КАЛАМУШЛАР ЖИГАРИДАГИ РЕАКТИВ ЎЗГАРИШЛАР, УЛАРНИ ҚОРА СЕДАНА МОЙИ БИЛАН ФИТОКОРРЕКЦИЯ ҚИЛИШ ҲАМДА ЖИСМОНИЙ ЮКЛАМАДАН КЕЙИНГИ МОРФОФУНКЦИОНАЛ ЎЗГАРИШЛАР

А.С. Илясов, б.ф.д., проф., Навоий инновациялар университети, Навоий
Н.Э. ДЖуманова, катта ўқитувчи, мустақил изланувчи, Қорақалпоқ давлат университети, Нукус
Б.Н. Тошматов, PhD, доц., Зармед университети Тиббиёт ва биоинженерия институти, Самарқанд

Аннотация. *Алкоголсиз ёғли жигар касаллиги (АЁЖК) семиришга хос бўлган патологик ҳолат бўлиб, у гепатоцитларда ёғ томчилари ортиқча тўпланиши билан намоён бўлади. Бу эса, ўз навбатида, жигар фаолиятини издан чиқишига сабаб бўлади. Висцерал семиришни стандарт рационга ўтиш орқали тузатиш қон зардобининг биокимёвий кўрсаткичларини тўлиқ нормаллаштирди, бунда жисмоний юкламалар ушбу жараёнга қўшимча муҳим ҳисса қўшмади. Стандарт рационга қайтилганда жигарнинг гистоархитектоникаси қисман тикланди, аммо органда яллиғланиш инфильтрацияси сақланиб қолди. Стандарт рационни мўътадил жисмоний юкламалар билан биргаликда қўллашда эса жигар гистотузилмасининг янада яққол тикланиши ва органнинг фаол регенерацияси белгилари кузатилди. Шундай қилиб, ёғли гепатозни тузатишнинг энг самарали усули мувозанатлаштирилган рационга ўтишни мўътадил жисмоний юкламалар билан бирлаштириш ҳисобланади.*

Калит сўзлар: *каламушлар, юқори калорияли диета, ёғли гепатоз, жигар метаболизми, семиришни тузатиш, мувозанатлаштирилган овқатланиш, мўътадил жисмоний юкламалар.*

Аннотация. *В настоящем исследовании изучены морфофункциональные изменения печени крыс при метаболическом синдроме, вызванном сочетанным воздействием различных стрессовых факторов и гиподинамии, а также эффективность фитокоррекции с использованием масла черного тмина (Nigella sativa) и умеренной физической нагрузки. Эксперимент выполнен на крысах линии Wistar. Результаты морфологических и морфометрических исследований показали, что сочетание стандартного рациона, масла*

черного тмина и физических упражнений способствует выраженному восстановлению гистологической структуры печени, уменьшению воспалительных изменений и активации процессов регенерации. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности комплексного применения фитотерапии и физических нагрузок в коррекции поражений печени при метаболическом синдроме.

Ключевые слова: *метаболический синдром, печень, масло черного тмина, Nigella sativa, фитокоррекция, гиподинамия, стресс, физическая нагрузка, крысы, морфофункциональные изменения.*

Abstract. *This study investigated the morphofunctional changes in the liver of rats with metabolic syndrome induced by combined exposure to different stress factors and hypodynamia, as well as the effectiveness of phytocorrection using Nigella sativa (black seed) oil together with moderate physical exercise. The experiment was conducted on Wistar rats. Morphological and morphometric analyses demonstrated that the combined application of a standard diet, Nigella sativa oil, and moderate physical activity significantly restored the histological architecture of the liver, reduced inflammatory changes, and enhanced regenerative processes. The findings indicate that phytotherapy combined with physical exercise is an effective strategy for correcting liver damage associated with metabolic syndrome.*

Key words: *metabolic syndrome, liver, Nigella sativa oil, black seed oil, phytocorrection, hypodynamia, stress, physical exercise, rats, morphofunctional changes.*

Кириш. Бугунги кунда аҳоли орасида ортиқча тана вазни ва семириш муаммоларига катта эътибор қаратилмоқда, чунки уларнинг ортиб бориши замонавий дунёда эпидемия тусини олмоқда[1]. Жаҳон соғлиқни сақлаш ташкилоти *(ЖССТ)*нинг 2016 йилги маълумотларига кўра, Ер юзи катта ёшли аҳолисининг 39 %ида ортиқча тана вазни, 13 %ида эса семириш аниқланган ЖССТнинг 2022 йилги маълумотларига кўра, семириш МС, иккинчи тип қандли диабет, артериал гипертензия[2], атеросклероз, алкоголсиз ёғли жигар касаллиги *(АЁЖК)* ва бошқа касалликлар ривожланишининг хавф омили ҳисобланади.

Ортиқча вазн ва семиришнинг асосий сабаби мувозанатлаштирилмаган овқатланиш бўлиб, у таркибида тўйинган ёғ кислоталарига бой ҳайвон ёғлари ҳамда кўп миқдорда тозаланган, осон ҳазм бўладиган углеводлар мавжуд бўлади. Бундай парҳез жигарда метаболик ўзгаришларни келтириб чиқариб, унинг фаолияти бузилишига олиб келиши мумкин[3].

АЁЖК семиришга хос бўлган энг кенг тарқалган патологик ҳолатлардан бири бўлиб, жигар ҳужайралари (гепатоцитлар)да липид томчилари ортиқча тўпланиши билан тавсифланади[4]. Ҳозирги вақтда дунё бўйича АЁЖКнинг тарқалиши 25 %га етган бўлиб, 2030 йилга келиб ушбу ташхис қўйилган беморлар сони 33,5 %гача ошиши кутилмоқда[5].

Касаллик оғирлик даражасига қараб, АЁЖК турли хил гистопатологик кўринишларга эга: оддий стеатоз, алкоголсиз стеатогепатит, фиброз ва цирроз. Оддий жигар стеатози кўп ҳолларда яхши сифатли кечса, алкоголсиз стеатогепатит янада оғир босқичларга — фиброз ва циррозгача ривожланиши мумкин. Бу эса охир-оқибат жигар етишмовчилигига олиб келиб, радикал жарроҳлик даволаш усули — жигар трансплантациясини талаб қилади[6].

Касалликнинг ривожланишининг эрта босқичларида диета билан индукция қилинган кўплаб ўзгаришлар қайтар бўлиши мумкинлигини ҳисобга олган ҳолда, юқори калорияли диетанинг организмга, хусусан, жигарнинг морфофункционал ҳолатига таъсирини бартараф этишнинг эҳтимолий усулларини кўриб чиқиш зарур. Шубҳасиз, жигар метаболизмини меъёрлаштиришга фақат ортиқча калорияли овқатланишдан воз кечиб, калорияси меъёрий бўлган мувозанатлаштирилган рационга ўтиш орқали эришиш мумкин. Шунингдек, мўътадил жисмоний юкламалар соғломлаштирувчи таъсир кўрсатиши ва тана вазнининг камайишига ёрдам бериши маълум.

Бугунги кунда олимлар диққатини нафақат тана вазнини, балки жигар метаболизми ва семириш натижасида бузилган бошқа муҳим ҳаётий жараёнларни ҳам меъёрлаштиришга олиб келиши мумкин бўлган энг мақбул овқатланиш ва жисмоний машқ режимларини ишлаб

чиқиш жалб этмоқда[7]. Шу муносабат билан жигар функциясининг тикланишини қуйидаги экспериментал ёндашувлар ҳиссасини баҳолаган ҳолда ўрганиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади: юқори калорияли овқатланишдан воз кечиб, стандарт мувозанатлаштирилган рационга ўтиш ва овқатланишнинг турли калорияли шароитида мўътадил жисмоний юкламаларни қўллаш.

Тадқиқотнинг мақсади – турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МС нинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида қора седана мойи билан фито коррекция ва жисмоний машқдан кейинги кузатиладиган морфофункционал ўзгаришлар таҳлили ўрганиш.

Тадқиқот материаллари ва усуллари. Тажриба вояга етган Вистар каламушларида ўтказилди. Ҳайвонлар 3 ойлик ёшда тажрибага киритилди.

Овқатланиш хусусиятига қараб ҳайвонлар тасодифий равишда икки асосий гуруҳга ажратилди; Назорат «СтР» *(назорат)* гуруҳи 3 ойлик каламушларга 90 кун давомида яни 6 ойлик бўлганга кадар стандарт рацион билан озиқлантирилган назорат ҳайвонлар; Тажриба гуруҳи «СтР» ўсаётган, 3 ойлик каламушларга 60 кун давомида яъни 5 ойлик бўлганга кадар «гиподинамия ҳолатида ЮЁЮУР+шовқин ва ёруғлик комплекс таъсир этилган ҳайвонларга 5 ойлигидан бошлаб «СтР» билан 30 кун давомида гиподинамия ҳолатидан чиқарилиб, қора седана мойи фитокоррекцияси билан югуриш кўринишидаги жисмоний юкламалар таъсири таҳлил қилинди.

I гуруҳ – назорат гуруҳи 6 ойлик (n=14) Ҳар бир 3 ойлик каламуш (n=14) стандарт лаборатория шароитларида, қатъий белгиланган ёруғлик режимида *(ёруғлик/қоронғилик = 10:14 соат, ёруғлик 8:00 да ёқилиб, 18:00 да ўчирилиб)* сақланди. Каламуш кунига 20 г аралаш ем истеъмол қилди: оқсиллар — 24%, ёғлар — 6%, углеводлар — 44% ҳамда тоза сув қабул қилди *(бир каламуш учун суткасига 66,0 ккал, Бирулина и бошқ., 2020).* ҳарорат (22±2) ºС, ҳаво намлиги 60–65%.

II гуруҳ тажриба – уч ойлик *(n=16)* каламушларни 60 кун давомида иммобилизацион стресс фонида кунига 6 г махсус тайёрланган гранулаланган ем берилди *(70% стандарт аралаш емга 30% чўчқа ёғи қўшилган ҳолда);* 6,8 г чўчқа ёғи, 3,6 г оқ қуруқ нон, 3,6 г кунгабоқар уруғи берилди. Бу гурух ҳайвонлар ҳар иккинчи кунда сув ўрнига тажрибадаги каламушлар 10% фруктоза *(Дена — бананли сок)* эритмасини қабул қилди (*бир каламуш учун суткасига 161,5 ккал).* Шу билан бирга каламушлар табиий ёруғлик ҳамда тунги вақтда 60 Вт қувватли чўғланма лампага тенг ёруғлик берадиган кундузги ёруғлик лампаси билан таъминланган сунъий ёруғликнинг биргаликдаги таъсирига дучор қилинди Шу гуруҳ ҳайвонларга Стресс модели сенсор дезинтеграция усулида *(аудиоген таъсирлар шароитида).* Акустик таъсир махсус камерада 60 кун давомида ҳар куни 1 соатдан қўлланилди. Қуйидаги схема бўйича амалга оширилди: 1,5 дақиқа электр сирена *(110–115 дБ),* сўнгра 15 дақиқа «Keys ringing» — «калитлар жаранглаши» комплекс комбинацияланган таъсир кузатилиб, тажрибанинг 5 ойлигидан бошлаб 30 кун давомида махсус металл зонд орқали ошқозон ичига седана мойи *(nigella sativa)* юборилган Мўътадил жисмоний юкламалар тредмилда ҳафтасига 5 кун, эрталаб соат 9:00 дан 10:00 гача, оч қорингa, 15 м/мин тезликда 20 дақиқа югуриш кўринишида амалга оширилди [Wang R. et al., 2020] (n=16); Машғулотларнинг умумий давомийлиги 30 кунни ташкил қилди.

Морфологик тадқиқот усуллари. Морфологик таҳлил учун жигарнинг ўнг бўлагидан олинган тўқима бўлаклари криостатда тезкор музлатилди. Экспериментал материал музлатилгандан кейин HM 525 микротом-криостати (Microm, Германия) ёрдамида қалинлиги 4-6 мкм бўлган кетма-кет кесмалар тайёрланди. Криостат кесмалари ҳавода 2–5 дақиқа қуритилди, сўнгра совитилган 96 % этил спиртида фиксация қилинди.

Тўқима тузилишини ўрганиш учун кесмалар умум қабул қилинган усул бўйича гематоксилин-эозин билан бўялди. Гематоксилин-эозин билан бўяш энг кенг қўлланиладиган бўяш усули бўлиб, у барча ҳужайра элементлари ва айрим ҳужайрасиз тузилмаларни аниқлаш имконини беради. Ушбу икки каррали бўяшда гематоксилин (асосий бўёқ) ҳужайра ядроларини, эозин (кислотали бўёқ) эса ҳужайра цитоплазмасини ва камроқ даражада турли ҳужайрасиз тузилмаларни бўяйди.

Статистик таҳлил. Эксперимент натижалари Statistica 10.0 дастури ёрдамида қайта ишланди. Ўрганилган кўрсаткичларнинг тақсимланиши Шапиро–Уилк мезони бўйича текширилди. Маълумотлар нормал тақсимланган ҳолларда параметрик статистик усуллар қўлланилди: натижалар ўртача қиймат ± ўртача қийматнинг стандарт хатоси (M±SEM) кўринишида ифодаланди, гуруҳлар ўртасидаги статистик аҳамиятли фарқлар Стьюдентнинг t-мезони асосида баҳоланди. Статистик аҳамиятли фарқлар Манн–Уитнининг U-мезони бўйича ҳисобланди. $p \leq 0,05$ бўлганда натижалар статистик жиҳатдан ишончли деб қабул қилинди.

Тадқиқот натижалари ва мухокама. Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора седана мойи и ва жисмоний машқ билан фито коррекция «ЮЁЮУР/СтР+югуриш+қора седана мойи» гуруҳида, яъни уч хил коррекцияловчи омил *(стандарт рацион, югуриш ва қора седана мойи)* қўлланилганда, макроскопик текширувда патологик ўзгаришлар аниқланмади: жигар юзаси силлиқ, бир хил тўқ қизил рангда, капсуласи юпқа ва шаффоф эди.

Микроскопияда жигар тўқимаси қонга тўлган ва ўртача зичликка эга бўлди. Морфологик текширувда жигарнинг умумий архитектоникасида ўзгаришлар аниқламади. Айрим соҳаларда синусоидлар кенгайган бўлиб, уларнинг радиал жойлашиши кузатилди. Гепатоцитлар кўпбурчак шаклида бўлиб, ядролари турли ўлчамда ва кариоплазмаси оч рангда эди.

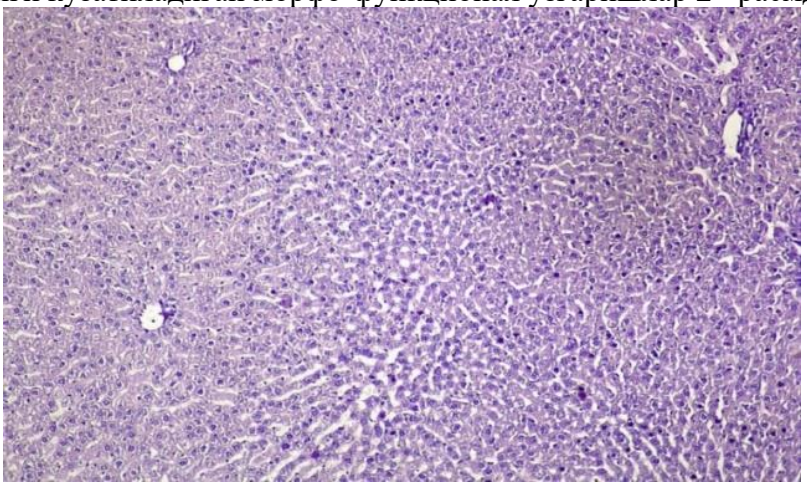
Гематоксилин-эозин билан бўялганда гепатоцитлар цитоплазмаси донадор бўялиб, жигарнинг айрим соҳаларида цитоплазмаси вакуолизацияланган ҳужайралар аниқланди. Кўп ҳолларда икки ядроли гепатоцитлар учради.

Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги морфометрик кўрсаткичлар куйдагича: Бўлакчалараро артериянинг ички диаметри 13,0 дан 19,0 мкм гача, унинг девор қалинлиги 6,0 дан 8,0 мкм гача. Жигардаги синусоид капиллярлар ички диаметри 9,0 дан 13,0 мкм гача, синусоидлар девори қалинлиги 2,0 дан 4,0 мкм гача. Жигар бўлакчалараро ўт йўлларининг ички диаметри 4,0 дан 7,0 мкм гача, ўт йўлларининг девор қалинлиги 2,0 дан 3,0 мкм га тенг.

Марказий веналар ва портал йўллари, ўзгаришсиз шаклда эди. Марказий веналарда айрим жойларда қоннинг шаклли элементларининг оз миқдорда тўпланиши кузатилди. Якка ҳолларда марказий веналар бироз кенгайган. Паренхимада синусоидлар ва портал йўллари бўйлаб кучсиз диффуз ҳужайрали инфильтрат кузатилди.

Каламушлар жигаридаги марказий венанинг тузилишини турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги таъсирида кузатиладиган морфо-функционал ўзгаришларни 1 – расмда кўрсатилган.

Каламушлар жигари паренхимасининг тузилишини турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида хамда қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги кузатиладиган морфо-функционал ўзгаришлар **2** - расмда кўрсатилган.

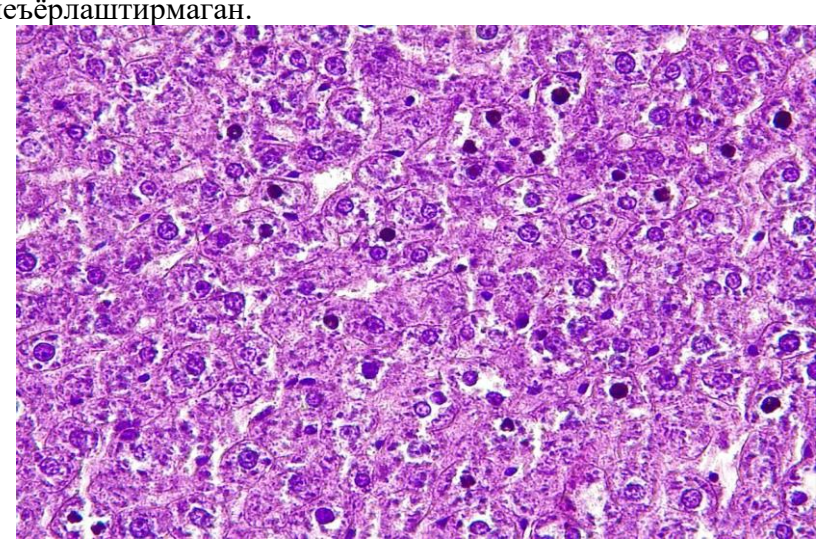


1 — расм. Каламушлар жигаридаги марказий венанинг тузилишини турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора

седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги кузатиладиган морфо-функционал ўзгаришлар: 1. Синусоид капиллярлар. 3. Диссе бўшлиғи. 4. Гепатацит ҳужайралари. 5. Марказий вена. Гемотоксилин ва эозин бўёқ. Ок. 10 х об.20.

Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги жигарнинг марказий вена қон томирининг ички диаметри 58,0 дан 69,0 мкм гача, унинг девори қалинлиги 6,0–9,0 мкм гача. Бўлакчалараро венанинг диаметри 31,0 дан 37,0 мкм гача, унинг томир деворининг қалинлиги 3,0 дан 5,0 мкм гача.

А.А. Басалай[9] фикрича тажрибада ўртача жисмоний юкламалар юқори калорияли диета билан чақирилган жигарнинг биокимёвий ва морфофункционал кўрсаткичларини кескин даражада меъёрлаштирмаган.



2 — расм. Каламушлар жигари паренхимасининг тузилишини турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида хамда қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги кузатиладиган морфо-функционал ўзгаришлар: 1. марказий вена. 2. Синусоид капиллярлар. 3. Глиссон капсуласи. 4. Гепатацит ҳужайралари. Гемотоксилин ва эозин бўёқ. Ок. 10 х об.40.

Mahalakshmi B. et al.,[10] таъкидлашича ўртача жисмоний фаоллик асаб толалар сезувчанликни оширади марказий ва вегетатив асаб тизимининг фаолиятини узайтириб, синаптик пластиклик, нейрогенез, ангиогенез ва аутофагия каби кўплаб жараёнларни, шунингдек асаб тизимида янги микрокон томирларининг ўсишини рағбатлантиради**.** Маълумки, жисмоний машқлар вақтида скелет мушакларининг қисқариши гуморал омилларни ажратиб чиқаради, улар бошқа мушак бўлмаган органлар билан ўзаро таъсир орқали бутун организм метаболизмини тартибга солади[11].

жадвал

Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги морфометрик кўрсаткичлар

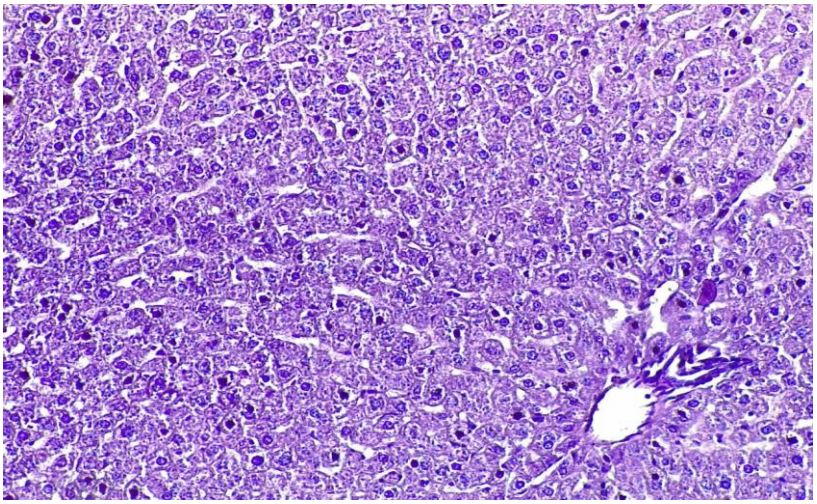
(M±m)

№	тажриба тури / кўрсаткичлар		Назорат «СтР»	Тажриба
1	марказий вена	ички диаметр	61,1±0,87	62,3±1,01
		девор қалинлиги	7,56±0,26	7,22±0,28
2	бўлакларо вена	ички диаметр	31,5±0,78	33,7±0,55
		девор қалинлиги	4,00±0,17	3,89±0,18
3	бўлакларо артерия	ички диаметр	14,6±0,52	15,4±0,55
		девор қалинлиги	7,06±0,17	7,50±0,18
4	синусоид капилляр	ички диаметр	11,3±0,35	11,4±0,37
		девор қалинлиги	3,19±0,17	3,00±0,18
5	ўт йўллари	ички диаметр	4,94±0,17	5,33±0,28
		девор қалинлиги	2,63±0,09	2,72±0,09

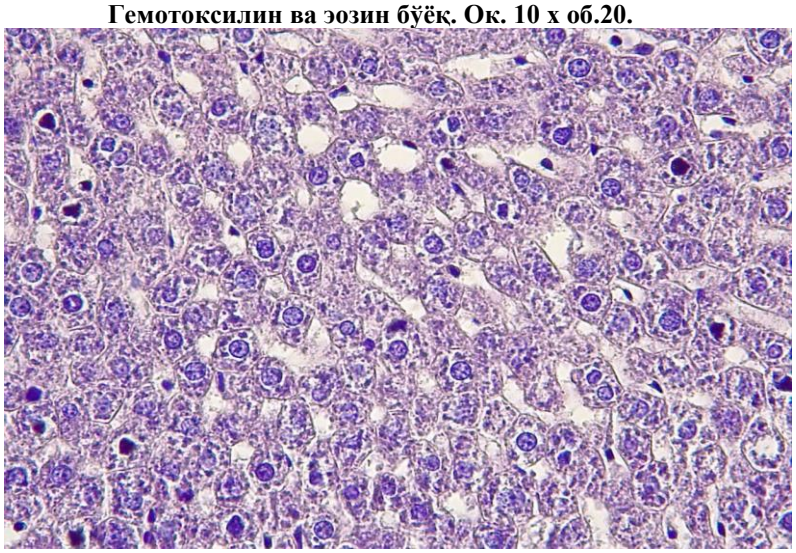
Изоҳ: «СтР» -стандарт рацион* $p < 0,05$ — «назорат гуруҳига нисбатан ишончли (статистик жиҳатдан аҳамиятли) фарқлар»

Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги морфометрик кўрсаткичлар жадвалда кўрсатилган. Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСда каламушлар жигарида қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги кузатиладиган морфо функционал ўзгаришларни 3 – расмда кўрсатилган.

Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган ўзгаришларни қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекция «ЮЁЮУД/СтД+югуриш+қора седана мойи» гуруҳида АЁЖК ривожланишининг олдини олиш тана вазни ва деполанган ёғ массасининг нормаллашуви ҳисобига, яъни юқори интенсивликдаги ва 30 кун давом этувчи жисмоний юкламалар таъсирида таъминланди. Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСда каламушлар жигарида қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги кузатиладиган структуравий ўзгаришлар 4 – расмда кўрсатилган.



3 — расм. Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСда каламушлар жигарида қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги кузатиладиган морфо-функционал ўзгаришлар: 1. Синусоид капиллярлар. 3. Диссе бўшлиғи. 4. Гепатацит ҳужайралари. 5. Марказий вена. Гемотоксилин ва эозин бўёқ. Ок. 10 х об.20.



4 — расм. Турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСда каламушлар жигарида қора седана мойи ва жисмоний машқ билан фито коррекциядан кейинги кузатиладиган структуравий ўзгаришлар: 1. Диссе бўшлиғи. 2. Синусоид капиллярлар. 3. Гепатоцит ҳужайралари. Гематоксилин ва эозин бўёқ. Ок. 10 х об.40.

Жисмоний машқлар турли стресс ва гиподинамия билан кечувчи МСнинг комплекс таъсирида каламушлар жигарида кузатиладиган шикастланишларида морфологик ва оксидловчи кўрсаткичларни яхшилади ҳамда тана вазнининг нормаллашишига олиб келди. Эҳтимол, семиришнинг ривожланишига тўсқинлик қилувчи юқори интенсивликдаги ва 30

муддатли жисмоний машқлар ЮЁЮУД/СтД+югуриш+қора седана мойи шароитида жигарнинг морфофункционал кўрсаткичларини нормаллаштиришда самарали ҳисобланади.

Бу таъсирни мувозанатлашган овқатланишга ўтиш билан таққослаш мумкин, чунки ҳар икки ҳолатда ҳам организмнинг оптимал энергетик мувозанати таъминланади. ЮЁЮУД дан стандарт диетага ўтилгандан кейин ўтказилган тажрибаларда қоннинг биокимёвий кўрсаткичлари деярли тўлиқ нормаллашгани ва жигар архитектоникаси сезиларли даражада тикланган, бироқ аъзода яллиғланиш инфильтрацияси белгилари сақланиб қолгани кузатилди.

Тажрибаларда аниқланган муҳим жиҳатлардан бири кўп сонли икки ядроли гепатоцитларнинг мавжудлиги бўлиб, бу стандарт диетага ўтиш ва тредмилда югуриш билан биргаликда жигар паренхимасининг фаол регенерация жараёни кечаётганлигидан далолат беради.

Шундай қилиб, узоқ муддатли *(90 кун)* ЮЁЮУР каламушларида ёғли гепатоз ривожланишига олиб келди, фақатгина жисмоний юклама ва рационни ўзгартирмасдан туриб унинг олдини олинмайди фақатгина морфо–функционал хусусиятларини қисман қайта тиклайди.

«ЮЁЮУР/СтР+югуриш+қора седана мойи» тажрибасида каламушлар жигарининг умумий архитектоникаси нисбатан тикланди. Стандарт рацион жисмоний юкламалар билан уйғунлаштириш каламушлар жигарининг морфо-физиологик хусусиятларини сезиларли даражада тикланишига олиб келади. Жигар тикланишининг морфо-физиологик белгилари сифатида икки ядроли гепатоцитлар сонининг ортиши билан белгиланади[12].

Каламуш жигаридаги функцияларини меъёрлашувини баҳолаш мақсадида қуйидаги тажрибавий ёндашувларни ўрганиш мақсадга мувофиқдир: ЮЁЮУРли овқатланишдан воз кечиб, стандарт мувозанатлашган рационга ўтиш ҳамда СтР овқатланиш фонида ўртача жисмоний юкламаларни қўллаш билан қора седана мойи истеъмоли жигар гистоструктурасининг тикланишига сабаб бўлади.

Хулосалар.

1. Каламушлар 30 кун давомида стандарт рацион фонида ўртача жисмоний юкламаларни қўллаш ва қора седана мойи истеъмоли билан жигарда кузатиладиган морфофункционал ўзгаришларни олди олинди.
2. Каламушлар 30 кун давомида стандарт рационга ўтиб, қора седана мойи юбориш ва ўртача жисмоний юклама билан бирга қўллаш жигар гистоструктурасининг тўлиқ тикланишига олиб келади. Жигар тикланишининг морфологик белгиси сифатида икки ядроли гепатоцитлар сонининг кўпайишида намоён бўлди.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Sarwar R., Pierce N., Koppe S. Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: current perspectives. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 2018, vol. 11, pp. 533–542. https://doi.org/10.2147/DMSO.S146339

2. Parker R. The role of adipose tissue in fatty liver diseases. *Liver Research*, 2018, vol. 2, no. 1, pp. 35–42. https://doi.org/10.1016/j.livres.2018.02.002

3. Açıkel Elmas M., Atay N., Bingöl Özakpınar Ö., Arbak S., Kolgazi M., Şener G., Ercan F. Exercise high-fat-diet induced liver damage in rats' morphological evaluation of effects of exercise on high-fat-diet-induced liver damage in rats. *Turkish Journal of Gastroenterology*, 2020, vol. 31, no. 9, pp. 626–632. https://doi.org/10.5152/tjg.2020.19638

4. Liu Y., Zhong G.-C., Tan H.-Y., Hao F.-B., Hu J.-J. Nonalcoholic fatty liver disease and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: a meta-analysis. *Scientific Reports*, 2019, vol. 9, no. 1, art. 11124. https://doi.org/10.1038/s41598-019-47687-3

5. Abdelmalek M. F. Nonalcoholic fatty liver disease: another leap forward. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 2021, vol. 18, no. 2, pp. 85–86. https://doi.org/10.1038/s41575-020-00406-0

6. Mahalakshmi B., Maurya N., Lee S.-D., Bharath Kumar V. Possible neuroprotective mechanisms of physical exercise in neurodegeneration. *International Journal of Molecular Sciences*, 2020, vol. 21, no. 16, art. 5895. https://doi.org/10.3390/ijms21165895

7. Kim S., Choi J. Y., Moon S., Park D. H., Kwak H. B., Kang J. H. Roles of myokines in exercise-induced improvement of neuropsychiatric function. *Pflügers Archiv – European Journal of Physiology*, 2019, vol. 471, no. 3, pp. 491–505. https://doi.org/10.1007/s00424-019-02253-8

8. Басалай А.А. Морфофункциональное состояние печени крыс-самцов линии Вистар при диет-индуцированном ожирении и его коррекции// Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2022. – Т. 19, № 3. – Б. 308–320. https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-3-308-320

9. [1]Ильясов А.С. ДЖуманова Н.Э. Модель жирового гепатоза крыс при высокожировой и высокоуглеводной диеты//"Экономика и социум" №12(139) 2025 121-131, стр

10. [2]Ильясов А.С. ДЖуманова Н.Э. Модель жирового гепатоза крыс при высокожировой и высокоуглеводной диеты // "Экономика и социум" №12(139) 2025. 121-131, стр.

11. Ильясов А.С. ДЖуманова Н.Э. Морфология печени крыс при высокожировой и высокоуглеводной питания //Fundamental fanlarning zamonaviy tibbiyot rivojiga qo'shgan hissasi" Respublika ilmiy-amaliy anjumanining materiallar to'plami, 2025-yil 25-26-mart 137.стр ttps://uzresearch1.uz/index.php/UC/issue/view/18

12. Djumanova N.E., Toshmamatov B.N. Structure of the aortic wall in rats in a diet-induced model of metabolic syndrome// European journal of modern medicine and practice Vol. 5 No. 2 (Feb — 2025) 234-237 https://inovatus.es/index.php/ejmmp/article/view/5210

УДК 633.512: 577.355: 581.132.1

СОПРЯЖЕННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОЛИНА И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ХЛОПЧАТНИКА К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ

А.С. Имамходжаева, PhD, с.н.с., Центр геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент
Н.Р. Рахматова, PhD, зав.лабораторией, Центр геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент
Ш.Б. Кадирова, м.н.с., Центр геномики и биоинформатики АН РУз, Ташкент
А. Мамаджанов, м.н.с., Институт биофизики и биохимии при Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент
Д.А. Мирзабаев, м.н.с., Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент

Annotatsiya. *Ilmiy ishda seleksiya uchun istiqbolli navlrni aniqlash maqsadida 28 ta g'o'za navining (G.hirsutum L.) sho'r stressga (0, 150 va 200 mM NaCl) nisbatan navga xos fiziologik-biokimyoviy javob reaksiyasi o'rganildi. Sho'rlanish sharoitida erkin prolin, fotosintetik pigmentlar (xlorofillar a va b, karotinoidlar) miqdori va ularning nisbatlari baholandi. Tuz stressi oshishi turlicha yo'naltirilgan o'zgarishlarni keltirib chiqardi: ayrim navlarda 200 mM NaCl ta'sirida prolinning keskin to'planishi va fotosintetik apparat barqarorligini aks ettiruvchi pigmentlar dinamikasi kuzatildi. Ko'p belgili genotip-ideyotip masofa indeksi (MGIDI) yordamida kompleks baholash asosida eng sho'rga chidamli Nasaf va Buxoro-14 navlari ajratib olindi. Olingan natijalar g'o'za navlarini sho'rlanishga moslashuvchanligi bo'yicha differensatsiyalashda taklif etilgan yondashuvning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.*

Kalit so'zlar*: g'o'za, tuzli stress, NaCl, prolin, xlorofill, karotinoidlar, fotosintez pigmentlari, MGIDI.*

Аннотация. *В работе изучен физиолого-биохимический ответ 28 сортов хлопчатника (G.hirsutum L.) на солевой стресс (0, 150 и 200 мМ NaCl) с целью выявления перспективных генотипов для селекции. В условиях засоления оценивали содержание свободного пролина, пигментов фотосинтетического аппарата (хлорофиллы a и b, каротиноиды) и их соотношения. Установлено, что повышение солевой нагрузки вызывает разнонаправленные изменения: у ряда сортов зафиксировано выраженное накопление пролина при 200 мМ NaCl и стабильность пигментного фонда. На основе комплексной оценки с применением многопризнакового индекса MGIDI выделены наиболее солеустойчивые сорта Nasaf и Buxoro-14. Полученные данные подтверждают высокую эффективность предложенного подхода для дифференциации хлопчатника по степени адаптивности к засолению.*

Ключевые слова*: хлопчатник, солевой стресс, NaCl, пролин, хлорофилл, каротиноиды, фотосинтетические пигменты, MGIDI.*

Abstract. *The study investigates the cultivar-specific physiological and biochemical response of 28 cotton cultivars (Gossypium hirsutum L.) to salt stress (0, 150, and 200 mM NaCl) to identify promising genotypes for breeding. Under salinity conditions, the content of free proline, photosynthetic pigments (chlorophylls a and b, carotenoids), and their ratios were evaluated. Elevated salt loads caused distinct genotype-specific changes: certain cultivars exhibited pronounced*

proline accumulation at 200 mM NaCl and stable pigment profiles reflecting photosynthetic apparatus resilience. Based on a comprehensive evaluation using the Multi-trait Genotype-Ideotype Distance Index (MGIDI), the most salt-tolerant cultivars, Nasaf and Buxoro-14, were identified. These findings confirm the high efficiency of the proposed approach for differentiating cotton genotypes by their adaptability to salinity for breeding programs.

***Key words**: cotton, salt stress, NaCl, proline, chlorophyll, carotenoids, photosynthetic pigments, MGIDI*

Введение. Засоление почв является одним из основных абиотических факторов, ограничивающих продуктивность сельскохозяйственных культур, особенно в засушливых и полузасушливых регионах, где хлопчатник (Gossypium hirsutum L.) имеет важное экономическое значение [1]. Избыточная концентрация солей нарушает водный и ионный гомеостаз растений, усиливает окислительный стресс и приводит к функциональным нарушениям фотосинтетического аппарата [2]. В ответ на солевой стресс растения активируют комплекс адаптивных механизмов, среди которых важное место занимают накопление пролина и поддержание стабильности фотосинтетических пигментов [3]. Пролин участвует в осмотической адаптации, стабилизации клеточных структур и защите хлоропластов, тогда как сохранение хлорофиллов и каротиноидов отражает способность фотосинтетического аппарата противостоять стрессу [4].

Однако поскольку реакции растений на засоление могут существенно различаться и изменяться с увеличением интенсивности стресса, то использование отдельных физиолого-биохимических признаков не всегда позволяет объективно оценить устойчивость сортов. Поэтому комплексная оценка взаимосвязанных признаков может обеспечить более информативную характеристику адаптивных стратегий хлопчатника. В частности, многомерные методы анализа позволяют одновременно учитывать изменения содержания пролина, хлорофиллов и каротиноидов и выявлять сорта с наиболее благоприятным сочетанием признаков.

Целью исследования было оценить специфичность физиолого-биохими-ческого ответа хлопчатника (*G.hirsutum* L.) на солевой стресс.

накопления пролина и фотосинтетических пигментов у 28 сортов () при воздействии 0, 150 и 200 мМ концентраций растворов NaCl, определить характер их физиологических ответов.

2. Материалы и методы. В анализ вовлечены следующие 28 сортов хлопчатника (*G.hirsutum* L.) из фонда Центра геномики и биоинформатики АН РУз, а также от других семенных компаний: C1(Afsona), C2(Baraka), C3(Buxoro-10), C4(Buxoro-102), C5 (Buxoro-14), C6(Buxoro-6), C7(C-4727), C8(Chimboy), C9(Chuntay-2), C10(Gulba-hor-2), C11(Ishonch), C12(Jinken-1402), C13(Junjen), C14(Kelajak), C15(Kupaysin), C16(Namangan-102), C17(Namangan-34), C18(Namangan-77), C19(Nasaf), C20 (Navbahor-2), C21(Omad), C22(Porloq-1), C23(Ravnaq-1), C24(Sulton), C25(TM-1). C26 (Turkan), C27 (Xin LuZhong-87), C 28(Xin LuZhoo-78).

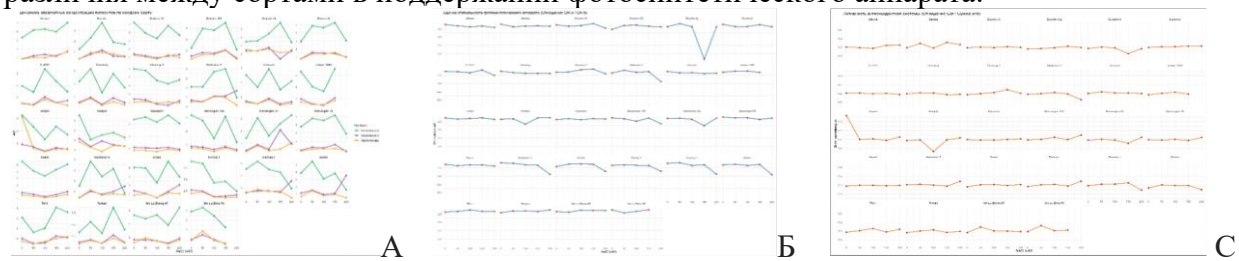
Эксперимент проводили в контролируемых условиях фитотрона при температуре 22 - 29 °C. Солевой стресс создавали растворов NaCl (0 мМ- контроль, 150 и 200 мМ. Содержание свободного пролина определяли по методу Carillo и Gibon (2011) [5]. Содержание пигментов определяли спектрофотометрическим методом [6]. Мультитрейтовый отбор и расчет индекса MGIDI выполнялись в среде RStudio v. 4.5.1 с использованием пакета metan [7]. Сортам в матрице данных были предварительно присвоен (табл.1).

3. Результаты и их обсуждение.

3.1. Сортоспецифические изменения фотосинтетических пигментов и пролина при солевом стрессе

Солевой стресс вызывал выраженные сортоспецифичные изменения фотосинтетических пигментов. Наиболее заметными были различия в динамике Chl *a*: у TM-1, Porloq-1, Ravnaq-1, Baraka и ряда сортов Buxoro его содержание сохранялось или возрастало при повышении

концентрации NaCl, тогда как у Jinken-1402, Namangan-102 и Xin Lu Zhoo-78 наблюдалось более выраженное снижение (рис.1,А). Таким образом, повышение солевой нагрузки не приводило к однонаправленному изменению пигментного комплекса, что указывает на различия между сортами в поддержании фотосинтетического аппарата.



А Б С

Рисунок 1. Динамика пигментов (Chl a, Chl b, Car) (А); отношение Chl a/b (Б) и отношение каротинов к сумме Chl (a+b) (С) при солевом стрессе по каждому сорту.

Изменения Chl *b* сопровождались перестройкой соотношения Chl *a/b* (рис. 1,Б). В большинстве сортов этот показатель изменялся умеренно, тогда как наиболее выраженные сдвиги отмечены у Junjen, Kelejak, Chuntay-2, Navbahor-2, Porloq-1 и Ravnaq-1. Это свидетельствует о том, что солевой стресс затрагивал не только абсолютное содержание пигментов, но и их относительный баланс.

Дополнительную характеристику пигментного ответа давало отношение Car/Chl(a+b) (рис.1,С), отражающее изменение относительного вклада каротиноидов в общий пигментный пул. В совокупности динамика абсолютных концентраций пигментов и их соотношений показывает, что сорта различались не только по степени сохранения хлорофиллов, но и по характеру перестройки фотосинтетического и фотозащитного компонентов.

Накопление свободного пролина при 150 и 200 мМ NaCl также существенно различалось между сортами (рис. 2). Сопоставление пролинового ответа с динамикой пигментов позволяет оценить, связана ли способность поддерживать фотосинтетический аппарат с усилением осмотической адаптации. Такой комплексный подход особенно важен для дифференциации сортов, поскольку высокий уровень отдельного показателя не обязательно отражает общую устойчивость к стрессу.

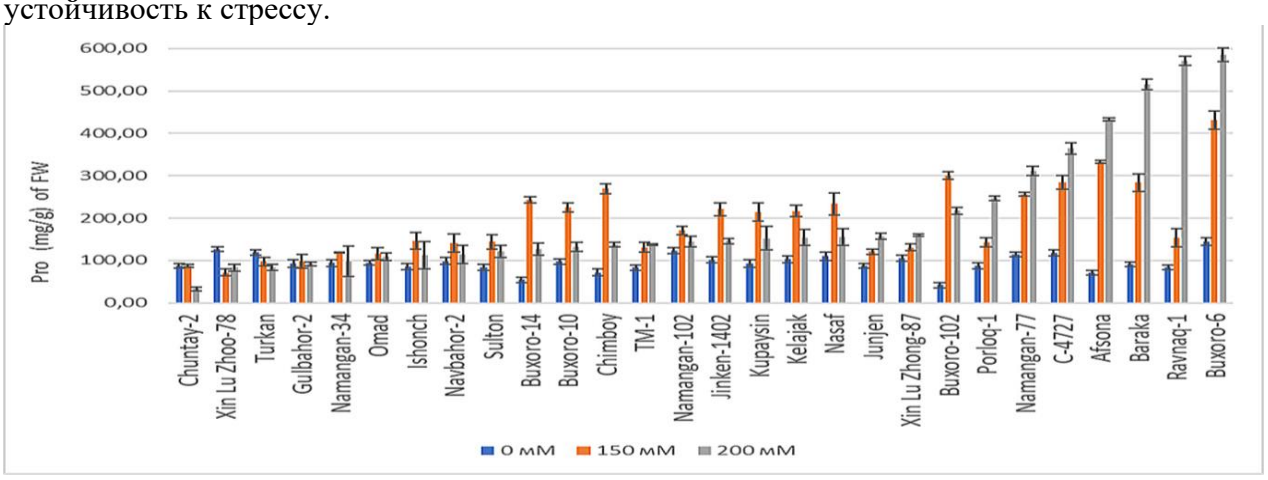


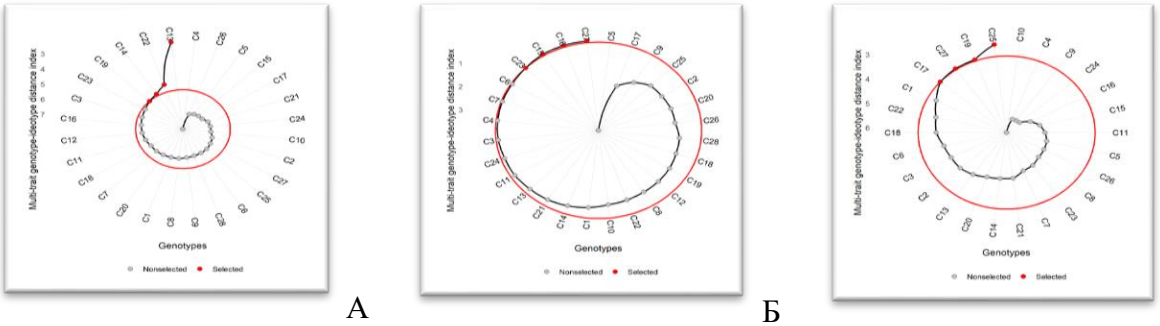
Рисунок 2. Изменение содержания свободного пролина от воздействия солевого раствора (0, 150 и 200 мМ NaCl).

При повышении солевого порога NaCl у части сортов отмечалось увеличение содержания пролина, особенно при 200 мМ, тогда как у других его динамика была менее выраженной или нелинейной. Таким образом, пролиновый ответ существенно различался между сортами и зависел от интенсивности стресса. Выявленная вариабельность приобретает особое значение при сопоставлении с изменениями фотосинтетических пигментов. У сортов, сохранявших относительно высокое содержание Chl(a+b), накопление пролина может рассматриваться как компонент комплексной адаптивной реакции, тогда как его увеличение при одновременной потере пигментов указывает на иной характер стрессового ответа. Следовательно, уровень пролина целесообразно оценивать в сочетании с показателями

состояния фотосинтетического аппарата, а не как самостоятельный критерий солеустойчивости.

3.2. Многопризнаковая оценка сортов методом MGIDI

Для комплексного отбора сортов использовали индекс **MGIDI** (*Multi-trait genotype-ideotype distance index*) (рис.3) Идеотип формировали с учетом признаков, характеризующих осмотическую адаптацию и состояние фотосинтетического аппарата; интенсивность отбора составляла 20% [8]. В модель включали содержание свободного пролина, сумму хлорофиллов Chl(a+b), отношение Chl *a/b* и Car/Chl(a+b). MGIDI позволил оценить изменение многопризнакового ранжирования сортов при 0, 150 и 200 мМ NaCl (рис. 3). Красные точки обозначают сорта, вошедшие в группу отбора по совокупности рассматриваемых признаков. В условиях солевого стресса среди отобранных материалов выделялись, в частности, Nasaf и Buxoro-14, что указывает на благоприятное сочетание признаков осмотической адаптации и сохранения фотосинтетического статуса.



А Б С

Рисунок 3. Многомерная оценка и отбор сортов хлопчатника по индексу MGIDI в условиях (А) контроля (0 мМ) и градиента солевого стресса (Б) (150 мМ) и (С) (200 мМ).

Заключение. Исследование показало выраженную сортоспецифичность адаптационного ответа хлопчатника на 150 и 200 мМ NaCl, проявлявшуюся в изменении содержания пролина, фотосинтетических пигментов и их соотношений. Комплексная оценка этих признаков с использованием MGIDI позволила выделить наиболее перспективные сорта, в частности Nasaf и Buxoro-14, для дальнейшего использования в селекции на солеустойчивость. Полученные результаты подтверждают эффективность многопризнакового физиолого-биохимического подхода для оценки адаптивности хлопчатника к засолению.

Финансирование. Данное исследование финансировалось в рамках государственной программы Академии наук Республики Узбекистан.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Hao, S.; Wang, Y.; Yan, Y.;Liu, Y.; Wang, J.; Chen, S. A Reviewon Plant Responses to Salt Stress andTheir Mechanisms of Salt Resistance. Horticulturae 2021, 7, 132.

2. Kaur, G., Sanwal, S.K., Kumar, A.et al. Role of osmolytes dynamics in plant metabolism to cope with salinity induced osmotic stress. Discov Agric 2, 59 (2024). https://doi.org/10.1007/s44279-024-00070-x.

3. Рахматуллина Н.Ш., Насриддинова П.М., Акиншина Н.Г., Азизов А.А., Мирходжаев У.З. Адаптация фотосинтетического аппарата растений к солевому стрессу. // Научное обозрение. Биологические науки. 2022. № 1. С. 56-61; https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1261

4. Luca, D. M., Grigore, M. N., & Vicente, O. (2023). Accumulation of Proline in Plants under Contaminated Soils—Are We on the Same Page?. Antioxidants, 12(3), 666.

5. Carillo P., Gibon Y. Protocol: Extraction and Determination of Proline. 2011. Available online:https://www.researchgate.net/publication/ 211353600.

6. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. // Biochem. Soc. Trans. 1983. Vol. 11. P. 591–592.

7. Olivoto, Lúcio, 2020 - Olivoto T, Lúcio AD. metan: An R package for multi-environment trial analysis. Methods Ecol Evol. 2020; 11: 783–789. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384

8. Gul et al., 2025 - Gul, N., Khan, Z., Shani, M.Y. et al. Identification of salt-resilient cotton genotypes using integrated morpho-physiological and biochemical markers at the seedling stage. Sci Rep 15, 5276 (2025). https://doi.org/10.1038/s41598-025-89582-0

УДК 612.64.57(575.1)

ФИЗИОЛОГО-ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРЕДИМПЛАНТАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭМБРИОНОВ В ПРОГРАММАХ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОГО ОПЛОДОТВОРЕНИЯ

М.Х. Исламбекова, базовый докторант, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент

З.А. Маматова, к.б.н., доц., Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент

Annotatsiya. *Ekstrakorporal urug'lantirish dasturlarida embrionlarni rivojlanishning 3- va 5-kunlarida ko'chirishda ootsitar pul shakllanishi va preimplantatsion rivojlanishning fiziologik-embriologik qonuniyatlari o'rganildi. Ootsitlarning yadroviy yetilishi, normal urug'lanish, erta bo'linish va blastotsista bosqichiga yetish funksional embriologik seleksiya hamda implantatsion kompetentlikning shakllanishi bilan bog'liq jarayonlar sifatida O'zbekiston Respublikasi tadqiq etilgan populyatsiyasida baholandi.*

Kalit so'zlar: *follikulogenez, ootsit, yadroviy yetilish, urug'lanish, erta bo'linish, blastulyatsiya, preimplantatsion rivojlanish, hujayra differensiyalanishi, implantatsion kompetentlik, embrion-endometriy sinxronizatsiyasi.*

Аннотация*. Исследованы физиолого-эмбриологические закономерности формирования ооцитарного пула и предимплантационного развития эмбрионов при переносе на 3-и и 5-е сутки. Оценены ядерная зрелость ооцитов, частота нормального оплодотворения, раннее дробление и достижение стадии бластоцисты как последовательные этапы развития, определяющие функциональный отбор эмбрионов и формирование их имплантационной компетентности в исследованной популяции Республики Узбекистан.*

Ключевые слова: *фолликулогенез, ооцит, ядерное созревание, оплодотворение, раннее дробление, бластуляция, предимплантационное развитие, клеточная дифференцировка, имплантационная компетентность, эмбрио-эндометриальная синхронизация.*

Abstract*. Physiological and embryological patterns of oocyte-pool formation and preimplantation embryo development were investigated in cycles with embryo transfer on Days 3 and 5. Oocyte nuclear maturation, normal fertilization, early cleavage, and blastocyst formation were evaluated as sequential developmental stages underlying functional embryo selection and acquisition of implantation competence in the studied IVF population of the Republic of Uzbekistan.*

Keywords: *folliculogenesis, oocyte, nuclear maturation, fertilization, early cleavage, blastulation, preimplantation development, cell differentiation, implantation competence, embryo–endometrial synchronization.*

Введение. Предимплантационное развитие эмбриона человека включает последовательные клеточные и молекулярные преобразования от зиготы до бластоцисты. На ранних этапах развитие обеспечивается ресурсами ооцита, затем происходит материнско-зиготный переход и возрастает роль собственного генома эмбриона [1]. Дальнейший ранний эмбриогенез сопровождается митотическими делениями и перестройкой клеточной организации [2].

Функциональные предпосылки дальнейшего развития формируются при созревании ооцита. Завершение первого мейотического деления и достижение MII характеризуют его ядерную зрелость; морфологические критерии оценки ооцитов и эмбрионов стандартизированы современными эмбриологическими подходами [3].

После оплодотворения эмбрион должен поддерживать последовательные митотические деления и сформировать первые дифференцированные клеточные линии. К стадии бластоцисты обособляются внутренняя клеточная масса и трофэктодерма [4].

Компактизация сопровождается перестройкой межклеточных контактов и механических свойств бластомеров и обеспечивает переход от дробления к моруле и бластоцисте [5].

Бластуляция требует согласованной работы межклеточных соединений, транспорта ионов и жидкости с формированием бластоцеля; достижение этой стадии отражает прохождение нескольких взаимосвязанных этапов предимплантационного развития [6].

Формирование эмбриональной когорты связано с функциональным состоянием фолликулярного аппарата. АМГ отражает величину растущего фолликулярного пула; значение показателей овариального резерва показано и у женщин репродуктивного возраста Республики Узбекистан [7].

Актуальность исследования. Количество ооцитов не отражает полностью функциональную зрелость когорты: значение имеют достижение MII, нормальное оплодотворение и сохранение дальнейшего развития.

На 3-и сутки эмбрион находится на стадии дробления, тогда как к 5-м суткам проходит компактизацию, кавитацию и формирование внутренней клеточной массы и трофэктодермы [4, 5]. Поэтому различие между переносом на 3-и и 5-е сутки определяется не только длительностью культивирования, но и объёмом реализованной программы предимплантационного развития.

При продолженном культивировании часть эмбрионов не достигает стадии бластоцисты; к 5-м суткам сохраняются эмбрионы, прошедшие дополнительные этапы раннего эмбриогенеза. Это придаёт продлённому культивированию функцию дополнительной эмбриологической селекции.

Для пациенток программ ЭКО Республики Узбекистан данные, связывающие овариальный резерв, зрелость ооцитов, оплодотворение, дробление, бластуляцию и имплантацию, ограничены. Их анализ позволяет оценить биологическое значение достижения стадии бластоцисты в исследованной популяции.

Цель исследования - изучить функциональные закономерности предимплантационного развития эмбрионов человека и физиологические факторы, связанные с реализацией их имплантационного потенциала, в зависимости от стадии развития и стратегии эмбриотрансфера в программах экстракорпорального оплодотворения.

Экспериментальная часть. Ретроспективно проанализированы обезличенные данные 177 пациенток и 222 циклов ЭКО: 60 пациенток/86 циклов с переносом на 3-и сутки и 117 пациенток/136 циклов с переносом на 5-е сутки. Повторные циклы учитывали при статистическом анализе; все переносы выполнялись в криоциклах.

Функциональное состояние яичников оценивали по АМГ, базальным ФСГ и эстрадиолу, числу развивающихся фолликулов и фолликулов ≥16 мм, длительности стимуляции, дозе гонадотропинов и концентрации эстрадиола. Эти показатели соответствуют современным принципам оценки овариального ответа при IVF/ICSI [8]. Толщину эндометрия определяли в начале цикла и в день триггера.

После получения ооцитов определяли их количество и ядерную зрелость; после денудации клетки классифицировали как GV, MI и MII. Зрелыми считали MII-ооциты с первым полярным тельцем.

Для оплодотворения использовали MII-ооциты. ICSI выполняли на инвертированном микроскопе с микроманипуляционной системой, вводя предварительно иммобилизированный сперматозоид в ооплазму.

Оплодотворение оценивали через 16–18 ч после ICSI; нормальным считали формирование 2PN. Ооциты культивировали в Vitrolife G-TL при 37 °C, CO_2 7,4%, O_2 5% и целевом pH 7,4.

На 3-и сутки оценивали число и симметрию бластомеров, темп дробления и степень фрагментации.

На 5-е сутки регистрировали достижение бластоцисты и оценивали степень экспансии, внутреннюю клеточную массу и трофэктодерму по Gardner [9].

Пониженная концентрация кислорода являлась компонентом контролируемой газовой среды, приближённой к условиям предимплантационного развития in vivo [10].

Статистический анализ разграничивали по уровню пациентки и цикла. Непрерывные показатели сравнивали критерием Уилкоксона–Манна–Уитни, категориальные - χ^2 Пирсона; повторные циклы анализировали GEE с кластеризацией по пациентке и exchangeable-корреляционной структурой, значимость коэффициентов - по Wald χ^2. Корреляции оценивали методом Спирмена; $p<0,05$ считали статистически значимым.

Анализ полученных результатов. Средний возраст составлял 36,72±0,54 года в группе 3-х суток и 34,87±0,36 года в группе 5-х суток, p=0,003; ИМТ - 26,00±0,81 и 25,86±0,54 кг/м² соответственно, p=0,856. В группе 5-х суток было больше пациенток младших возрастных категорий (рис. 1).

Уровень АМГ составлял 1,74±0,26 нг/мл в группе 3-х суток и 3,88±0,28 нг/мл в группе 5-х суток, p<0,001. Более высокий АМГ отражал больший пул растущих фолликулов и возможность формирования более многочисленной ооцитарной и эмбриональной когорты (рис. 2).

Базальный ФСГ составлял 9,26±0,43 и 7,41±0,22 МЕ/л, p=0,330; исходный эстрадиол - 49,58±6,57 и 37,39±1,90 пг/мл, p=0,108. Статистически подтверждённым межгрупповым различием овариального резерва оставался прежде всего АМГ (рис. 3).

В группе 5-х суток формировалось больше развивающихся фолликулов и фолликулов ≥16 мм. Пиковый эстрадиол составлял 2116,76±65,27 против 1770,55±145,54 пг/мл, p=0,040; в день триггера - 2062,13±60,07 против 1706,14±117,67 пг/мл, p=0,009. При сопоставимой продукции эстрадиола на один зрелый фолликул более высокий общий эстрогенный ответ отражал большую численность активной фолликулярной когорты (рис. 4).

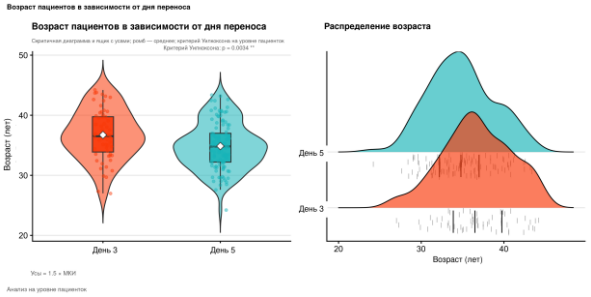


Рис. 1. Распределение пациенток по возрастным категориям в зависимости от суток переноса эмбриона.

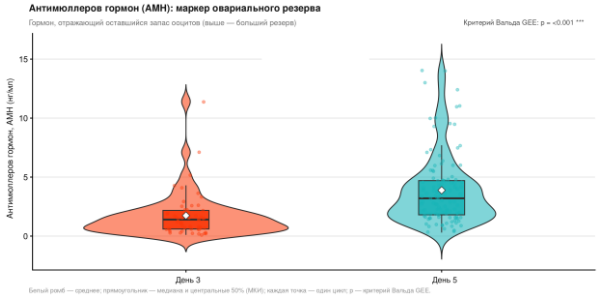


Рис. 2. Уровень антимюллерова гормона в группах переноса эмбрионов на 3-и и 5-е сутки развития.

Толщина эндометрия была сопоставимой: исходно 4,60±0,28 и 4,34±0,20 мм, p=0,426; в день триггера - 10,45±0,34 и 10,85±0,22 мм, p=0,870. Более высокий эстрогенный ответ не сопровождался пропорциональным увеличением толщины эндометрия (рис. 5).

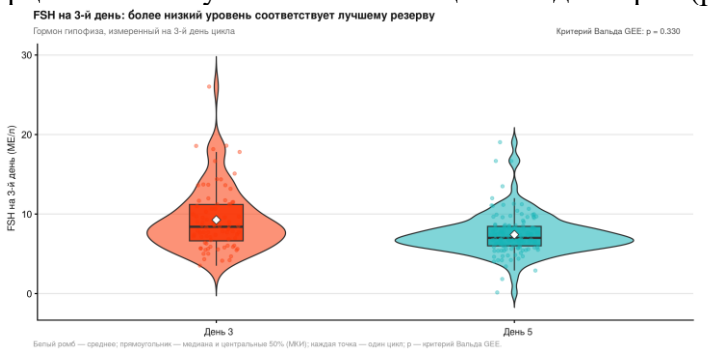


Рис. 3. Базальные уровни ФСГ и эстрадиола в группах переноса эмбрионов на 3-и и 5-е сутки развития.

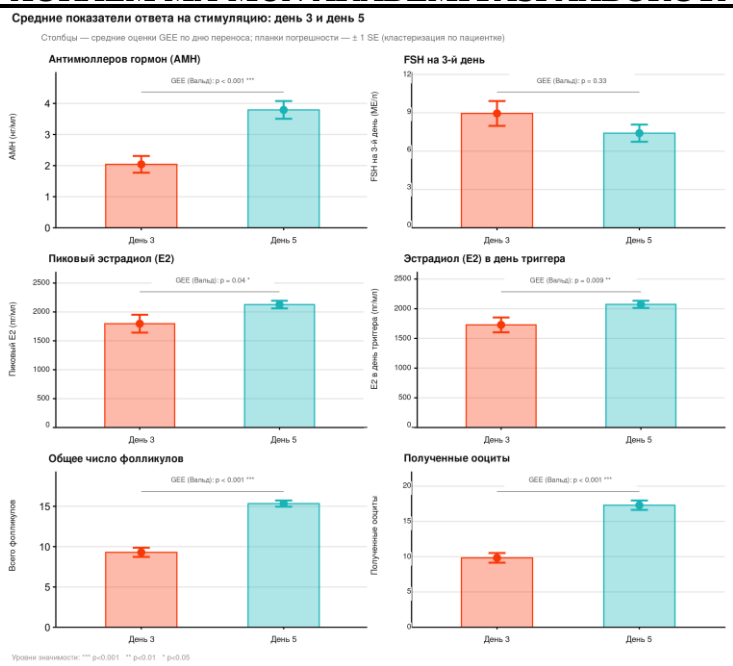


Рис. 4. Показатели фолликулогенеза и уровень эстрадиола в исследуемых группах.
Примечание: столбцы - средние оценки GEE, планки погрешности - ±1 SE; Wald χ^2, кластеризация по пациентке. АМН: p<0,001; FSH на 3-й день: p=0,330; пиковый E2: p=0,040; E2 в день триггера: p=0,009; общее число фолликулов: p<0,001; полученные ооциты: p<0,001.

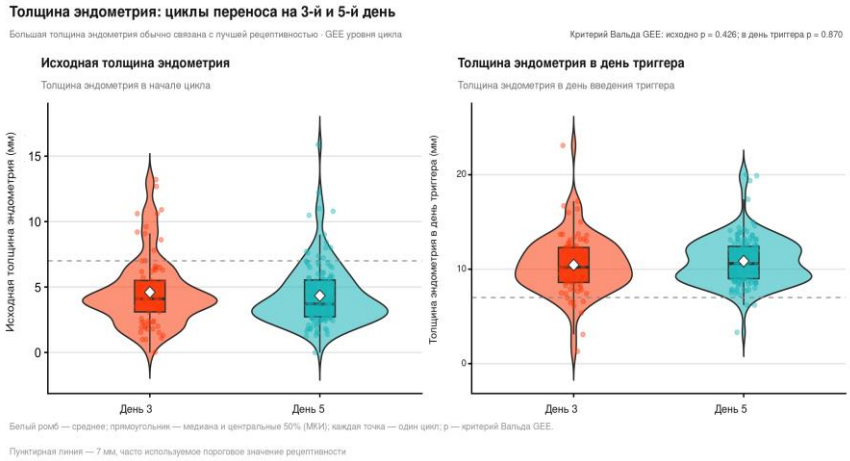


Рис. 5. Толщина эндометрия в начале цикла и в день триггера в исследуемых группах.

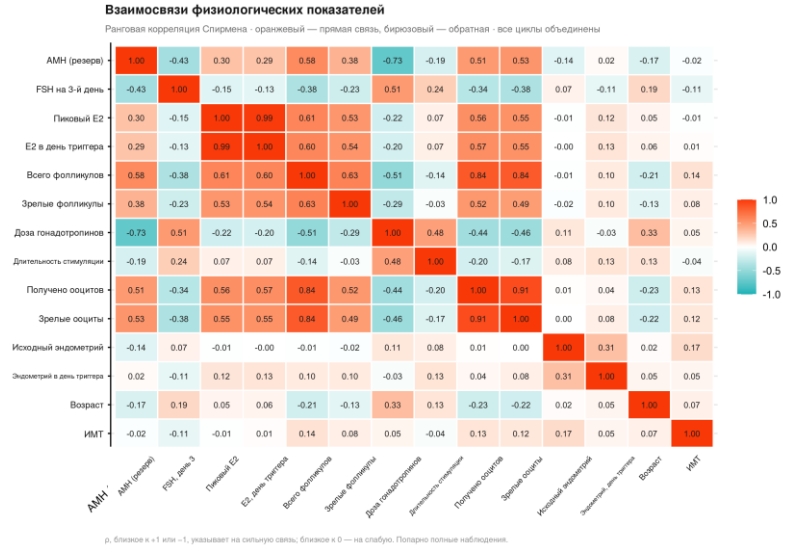


Рис. 6. Взаимосвязь показателей овариального резерва, фолликулогенеза и гормонального профиля стимулированного цикла.

АМГ положительно ассоциировался с числом развивающихся фолликулов и обратно - с базальным ФСГ; численность фолликулярной когорты была связана с общей продукцией эстрадиола. Эти связи отражают последовательность «овариальный резерв - фолликулогенез - стероидогенная активность» (рис. 6).Получено 9,47±0,63 против 17,23±0,66 ооцита; число MII составляло 6,22±0,45 и 13,26±0,48, а частота созревания до MII - 69,47±2,24% и 78,85±1,16% соответственно; по всем показателям p<0,001. Различия касались не только размера когорты, но и доли ооцитов, завершивших первое мейотическое деление (рис. 7).

После ICSI число 2PN-зигот составляло 4,49±0,33 и 11,15±0,44, а частота нормального оплодотворения - 51,27±2,35% и 66,42±1,26%, p<0,001. Формирование 2PN отражает активацию ооцита, завершение второго мейотического деления и образование мужского и женского пронуклеусов; большая доля нормально оплодотворённых ооцитов сопровождалась большим числом зигот для дальнейшего культивирования (рис. 8).

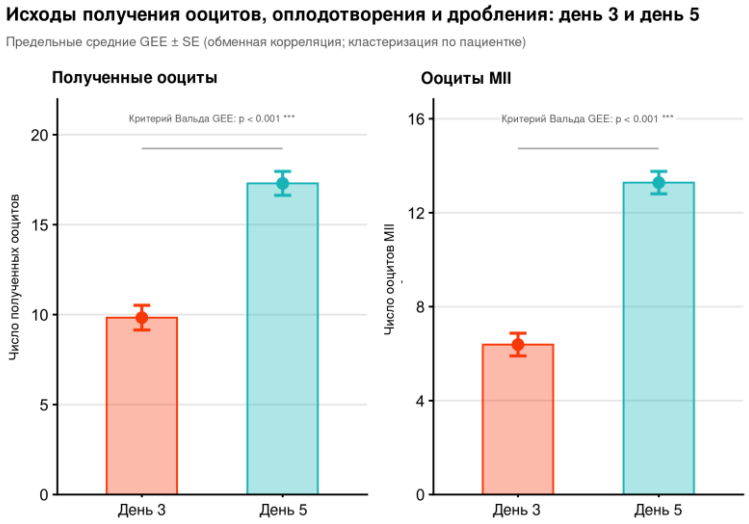


Рис. 7. Количество полученных ооцитов и зрелых ооцитов стадии MII в исследуемых группах.

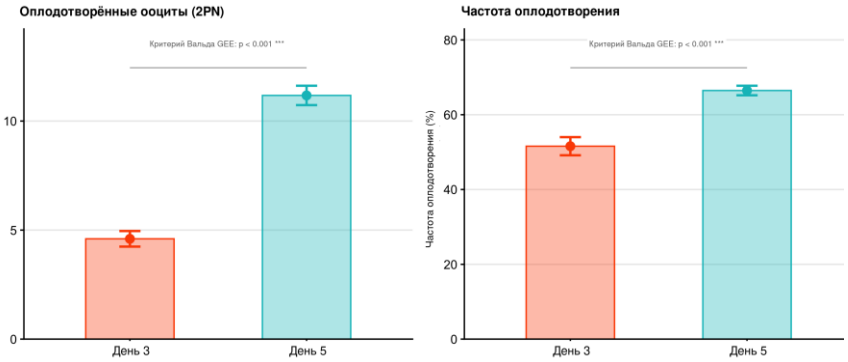


Рис. 8. Число нормально оплодотворённых ооцитов (2PN) и частота оплодотворения в исследуемых группах.

Частота дробления составляла 78,43±3,03% в группе 3-х суток и 86,15±1,18% в группе 5-х суток, p=0,020. Показатель отражает долю нормально оплодотворённых зигот, сохранивших способность к последовательным митотическим делениям (рис. 9).

К 5-м суткам формировалось 6,62±0,34 бластоцисты при частоте бластуляции 58,99±2,03%. До этой стадии доходила часть исходной когорты, прошедшая дробление, компактизацию, формирование бластоцеля, внутренней клеточной массы и трофэктодермы; это отражало функциональную селекцию по способности продолжать развитие.

Среднее число переносимых эмбрионов составляло 1,84±0,09 на 3-и сутки и 1,44±0,05 на 5-е сутки, p<0,001. Более многочисленная исходная когорта при продолженном культивировании сочеталась с меньшим числом эмбрионов, отобранных для переноса (рис. 10).

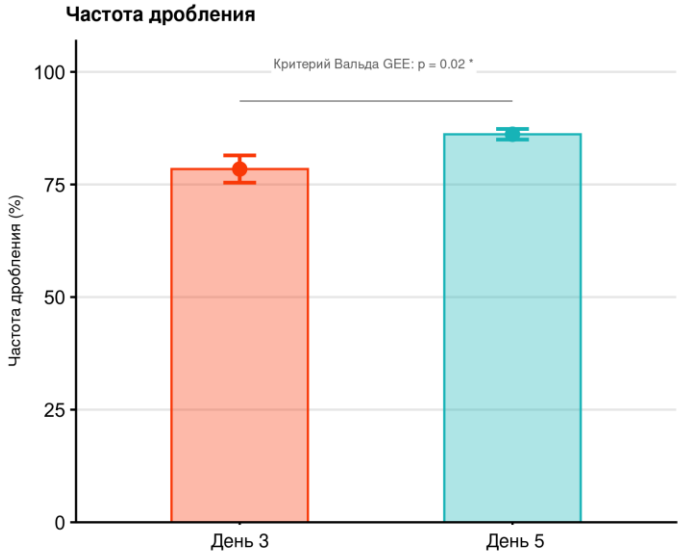


Рис. 9. Частота дробления эмбрионов в группах переноса на 3-и и 5-е сутки развития.

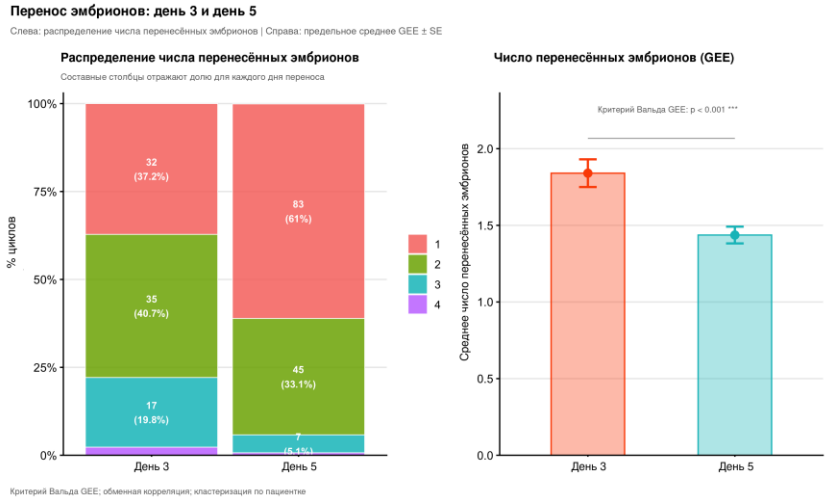


Рис. 10. Среднее число эмбрионов, переносимых на 3-и и 5-е сутки развития.
Примечание: p<0,001.

Частота имплантации на один перенесённый эмбрион составляла 22,9±4,0% на 3-и сутки и 42,8±4,2% на 5-е сутки, p<0,001 (табл. 1). При меньшем среднем числе переносимых эмбрионов бластоцисты характеризовались более высокой имплантационной эффективностью.

Таблица 1.

Частота имплантации в зависимости от стадии развития эмбриона к моменту переноса

Стадия переноса	N	Среднее ± SE	Медиана [МКИ]
3-и сутки	85	22,9 ± 4,0%	0% [0–50%]
5-е сутки	125	42,8 ± 4,2%	0% [0–100%]

Примечание: частота имплантации = число гестационных мешков/число перенесённых эмбрионов (максимум 100%); p<0,001.

Заключение. В исследованной популяции пациенток программ ЭКО Республики Узбекистан группа переноса эмбрионов на 5-е сутки характеризовалась более высоким овариальным резервом, более выраженным фолликулярным ответом и формированием более многочисленного ооцитарного пула. Более высокая суммарная продукция эстрадиола была связана преимущественно с большей численностью функционально активных фолликулов, тогда как толщина эндометрия в исследуемых группах существенно не различалась.

На уровне гамет и раннего предимплантационного развития в группе переноса на 5-е сутки отмечались более высокая доля зрелых MII-ооцитов, большая частота нормального оплодотворения с формированием 2PN и более высокая частота дробления. При продолжении

культивирования до 5-х суток происходил дальнейший отбор эмбрионов, поскольку стадии бластоцисты достигала только часть исходной эмбриональной когорты. Сохранение способности к последовательным митотическим делениям, компактизации и бластуляции отражало более высокий уровень функциональной состоятельности эмбрионов, продолжавших развитие до стадии бластоцисты.

При переносе на 5-е сутки среднее число переносимых эмбрионов было ниже, чем при переносе на 3-и сутки, тогда как частота имплантации в расчёте на один перенесённый эмбрион была выше. Это указывает на связь достижения стадии бластоцисты с более высокой реализацией имплантационного потенциала при меньшем количестве эмбрионов, отобранных для переноса.

Полученные данные формируют последовательную физиолого-эмбриологическую взаимосвязь между состоянием фолликулярного аппарата, мейотическим созреванием ооцитов, нормальным оплодотворением, ранним дроблением, бластуляцией и последующей имплантацией.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Brantley S., Di Talia S. The maternal-to-zygotic transition // Current Biology. – 2024. – Vol. 34. – № 11. – P. R519–R523.

2. Shahbazi M.N. Mechanisms of human embryo development: from cell fate to tissue shape and back // Development. – 2020. – Vol. 147. – № 14. – dev190629.

3. Working Group on the update of the ESHRE/ALPHA Istanbul Consensus, Coticchio G., Ahlström A., Arroyo G., Balaban B., Campbell A., De Los Santos M.J., Ebner T., Gardner D.K., Kovačič B., Lundin K., Magli M.C., Mcheik S., Morbeck D.E., Rienzi L., Sfontouris I., Vermeulen N., Alikani M. The Istanbul consensus update: a revised ESHRE/ALPHA consensus on oocyte and embryo static and dynamic morphological assessment // Human Reproduction. – 2025. – Vol. 40. – № 6. – P. 989–1035.

4. Skory R.M. Revisiting trophectoderm-inner cell mass lineage segregation in the mammalian preimplantation embryo // Human Reproduction. – 2024. – Vol. 39. – № 9. – P. 1889–1898.

5. Firmin J., Ecker N., Rivet Danon D., Özgüç Ö., Barraud-Lange V., Turlier H., Patrat C., Maître J.L. Mechanics of human embryo compaction // Nature. – 2024. – Vol. 629. – № 8012. – P. 646–651.

6. Watson A.J., Barcroft L.C. Regulation of blastocyst formation // Frontiers in Bioscience. – 2001. – Vol. 6. – P. D708–D730.

7. Atakhodjaeva F.A., Kayumova D.T., Mirzakhmedova N.A., Khikmatillaeva N.A. Predictors of reduced ovarian reserve in women of reproductive age // Вестник фундаментальной и клинической медицины. – 2022. – № 4(4). – С. 215–218.

8. The ESHRE Guideline Group on Ovarian Stimulation. ESHRE guideline: ovarian stimulation for IVF/ICSI: an update in 2025 // Human Reproduction. – 2026. – Vol. 41. – № 4. – P. 498–514.

9. Gardner D.K., Schoolcraft W.B. In vitro culture of human blastocysts // Towards Reproductive Certainty: Fertility and Genetics Beyond / ed. by R. Jansen, D. Mortimer. – Carnforth: Parthenon Publishing, 1999. – P. 378–388.

10. van Montfoort A.P.A., Arts E.G.J.M., Wijnandts L., Sluijmer A., Pelinck M.-J., Land J.A., van Echten-Arends J. Reduced oxygen concentration during human IVF culture improves embryo utilization and cumulative pregnancy rates per cycle // Human Reproduction Open. – 2020. – Vol. 2020. – № 1. – hoz036.

УДК: 633.88:58.1.1+581.6

ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ В РАЗЛИЧНЫХ СООТНОШЕНИЯХ НА УРОЖАЙНОСТЬ СОРТОВ РАСТОРОПШИ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.Р. Кадамова, независимый исследователь (PhD),Хорезмская Академия Маъмуна, Хива
У.К. Абдурахимов, доктор философии по биологическим наукам, с.н.с., Хорезмская Академия Маъмуна, Хива

Аннотация. *В статье представлены результаты исследования влияния биостимуляторов — галловой и глицирризиновой кислот — в различных соотношениях (1:2, 1:4, 1:8 и 1:10) на урожайность сортов расторопши пятнистой – Дебют, Старт, Панацея и Амулет. На основании результатов проведённых научных исследований установлено, что соотношение биостимуляторов 1:4 характеризуется высокой технологической и экономической эффективностью, а также обеспечивает получение стабильного и высококачественного урожая семян расторопши.*

Ключевые слова: *расторопша пятнистая, биостимуляторы, галловая кислота, глицирризиновая кислота, продуктивность, урожайность.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada rastoropshaning Debut, Start, Panacea va Amulet navlari hosildorligiga biostimulyatorlar – gall va glitsirrizin kislotalarning turli nisbatlardagi (1:2, 1:4, 1:8 va 1:10) ta'sirini o'rganish bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan. O'tkazilgan ilmiy tadqiqot natijalariga asoslangan holda, biostimulyatorlarning 1:4 nisbati yuqori texnologik va iqtisodiy samaradorlikka ega bo'lib, rastoropsha o'simligidan barqaror va sifatli urug' hosili yetishtirish imkoniyatini beradi.*

Kalit so'zlar: *rastoropshaning biostimulyatorlar, gall kislota, glitsirrizin kislotasi, mahsuldorlik, hosildorlik.*

Abstract. *The article presents the results of a study on the effects of the biostimulants gallic acid and glycyrrhizic acid, applied at different ratios (1:2, 1:4, 1:8, and 1:10), on the seed yield of Silybum marianum (L.) Gaertn. cultivars 'Debut', 'Start', 'Panacea', and 'Amulet'. Based on the results of the study, the 1:4 ratio of the biostimulants was found to exhibit high technological and economic efficiency while ensuring a stable and high-quality seed yield of milk thistle.*

Key words: *Milk thistle, biostimulants, gallic acid, glycyrrhizic acid, productivity, yield.*

Введение. Обеспечение фармацевтической отрасли натуральным лекарственным растительным сырьём является одним из стратегических направлений государственной политики Республики Узбекистан, как и многих других стран мира. Это обусловлено тем, что данное направление охватывает сразу несколько важных задач: сохранение здоровья населения, развитие национальной фармацевтической промышленности и дальнейшее совершенствование агропромышленного комплекса по выращиванию лекарственных растений [1].

Жизнедеятельность растений непосредственно зависит от условий окружающей среды, а процессы их адаптации регулируются, прежде всего, гормональной системой. Основную роль в регуляции интегральных физиологических процессов растений, включая формирование ответных реакций на неблагоприятные факторы внешней среды, играют биостимуляторы и фитогормоны различной природы, обеспечивающие их синтез и транспорт [2].

Биостимуляторы и фитогормоны контролируют все этапы онтогенеза растений, способны изменять интенсивность ростовых процессов и повышать устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды [3].

Широкий спектр физиологической активности фитогормонов открывает значительные перспективы их применения в сельском хозяйстве. Особый интерес представляет использование брассиностероидов, абсцизовой кислоты (АБК) и их аналогов, обладающих высокой регуляторной активностью [4].

Флора Республики Узбекистан богата ценными видами растений, имеющими большое значение для народного хозяйства. Среди них особое место занимает расторопша пятнистая (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.), широко используемая в народной медицине, фармацевтической промышленности и современной клинической практике. Вместе с тем влияние фитогормонов на морфологические, физиологические особенности и биохимический состав семян различных сортов расторопши в почвенно-климатических условиях Хорезмской области до настоящего времени изучено недостаточно.

В связи с этим экспериментальные исследования биологических особенностей сортов расторопши, направленные на их хозяйственную оценку, рациональное районирование и внедрение в культуру, являются актуальной научной задачей.

Изучение влияния фитогормонов, таких как галловая кислота, аденин, кинетин и янтарная кислота, на морфофизиологические и биохимические характеристики сортов расторопши Дебют, Старт, Панацея и Амулет, а также разработка эффективных технологий их возделывания и размножения имеют важное научное и практическое значение. Реализация подобных исследований позволит не только получать значительные объёмы лекарственного растительного сырья для фармацевтической промышленности, но и совершенствовать

технологии переработки дикорастущих лекарственных растений с последующим внедрением их в производство.

Цель и методы исследования. Целью исследования заключалась в определении влияния биостимуляторов на основе галловой и глицирризиновой кислот на урожайность сортов расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.), выращиваемых в почвенно-климатических условиях Хорезмской области.

Экспериментальные исследования проводились в 2024–2026 гг. на опытных полях Каракумской научно-опытной станции Научно-исследовательского института лесного хозяйства, расположенной на территории Хивинского района Хорезмской области. В ходе исследований сорта расторопши выращивали с применением биостимуляторов в различных соотношениях, после чего оценивали их влияние на показатели урожайности.

В качестве биостимулирующих препаратов использовали галловую кислоту ($C_7H_6O_5$, чистота 99,5%) и глицирризиновую кислоту ($C_{42}H_{62}O_{16}$, чистота 98%). Рабочие растворы готовили на дистиллированной воде. Соотношение компонентов (галловая кислота: глицирризиновая кислота) составляло: контроль (без обработки), 1:2, 1:4, 1:8 и 1:10.

Перед посевом семена замачивали в 1%-ных растворах исследуемых биостимуляторов в течение 24 часов при температуре 25 ± 2 °C. В контрольном варианте семена выдерживали в дистиллированной воде без добавления биостимуляторов [5].

Объектами исследования являлись сорта расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) Дебют, Старт, Панацея и Амулет, созданные во Всероссийском научно-исследовательском институте лекарственных и ароматических растений (ВИЛАР, Российская Федерация). В качестве факторов воздействия использовали галловую и глицирризиновую кислоты.

Полевые исследования в почвенно-климатических условиях Хорезмской области проводили методом мелкоделяночного опыта. Размер каждой опытной делянки составлял 10х20 м. Каждый сорт высевали в трёхкратной повторности. Общая площадь экспериментального участка составляла 3000 м².

Фенологические наблюдения проводили с момента появления всходов до полного созревания растений. Началом соответствующей фазы развития считали её проявление у 10% растений, а наступление полной фазы фиксировали при достижении 75% растений данной стадии развития.

Динамику роста и развития сортов расторопши определяли путём измерения 50 растений по диагонали двух несмежных повторностей. Измерения выполняли в десяти точках каждой опытной делянки [6].

В течение всего вегетационного периода во всех фенологических фазах определяли основные биометрические показатели растений. Фенологические наблюдения проводили ежемесячно, 2-го числа каждого месяца. Полученные экспериментальные данные обрабатывали методами статистического анализа в соответствии с общепринятыми рекомендациями по обработке результатов фенологических наблюдений [7].

Полученные результаты и их обсуждение. Результаты трёхлетних исследований (2024–2026 гг.) показали, что продуктивность и урожайность сортов расторопши пятнистой зависят как от генетических особенностей сорта, так и от оптимального соотношения применяемых биостимуляторов. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что обработка семян композициями галловой и глицирризиновой кислот оказывает положительное влияние на формирование урожая, однако степень этого воздействия определяется как биологическими особенностями сорта, так и соотношением компонентов биостимулирующей композиции.

В первый год исследований (2024 г.) применение различных соотношений галловой и глицирризиновой кислот способствовало увеличению урожайности всех изучаемых сортов по сравнению с контрольным вариантом. Наиболее выраженный эффект отмечен у сортов Панацея и Амулет. При использовании композиции в соотношении 1:4 урожайность составила соответственно 13,1 и 13,2 ц/га, что существенно превышало показатели контрольного

варианта (10,2 и 10,4 ц/га). У сортов Дебют и Старт также наблюдалось повышение урожайности под влиянием биостимуляторов, однако величина прибавки была менее выраженной. Максимальные значения для этих сортов также были зарегистрированы при соотношении 1:4, где урожайность достигла 10,6 и 10,5 ц/га соответственно. Варианты с соотношениями 1:2 и 1:8 обеспечивали средний уровень эффективности, тогда как при соотношении 1:10 прирост урожайности оказался минимальным. Таким образом, уже в первый год исследований установлено, что соотношение галловой и глицирризиновой кислот 1:4 является наиболее эффективным для всех изученных сортов (табл. 1).

Таблица-1

Влияние биостимуляторов в различных соотношениях на урожайность сортов расторопши пятнистой *Silybum marianum* L. (Gaertn)), 2024-2026 гг.

Сорта расторопши	Соотношение биостимуляторов (галловоя + глицирризиновая)	Урожайность по годам, ц/га			Среднее за 3 года, ц/га	Прибавка к контролю	
		2024	2025	2026		ц/га	%
Дебют	Контроль (без обработки)	9,7	10,2	9,9	9,9	0	0
	1:2	10,1	10,7	10,4	10,4	0,5	4,7
	1:4	10,6	10,9	11,3	10,9	1,0	10,1
	1:8	10,3	10,9	10,5	10,6	0,6	6,4
	1:10	9,9	10,4	10,2	10,2	0,2	2,3
Старт	Контроль (без обработки)	9,6	10,0	9,8	9,8	0	0
	1:2	10,0	10,5	10,3	10,3	0,5	4,8
	1:4	10,5	10,8	11,1	10,8	1,0	10,2
	1:8	10,2	10,7	10,4	10,4	0,6	6,5
	1:10	9,8	10,3	10,1	10,1	0,3	2,7
Панацея	Контроль (без обработки)	10,2	10,8	10,5	10,5	0	0
	1:2	11,2	11,9	11,5	11,5	1,0	9,8
	1:4	13,1	13,4	13,7	13,4	2,9	27,6
	1:8	11,9	12,6	12,2	12,2	1,7	16,5
	1:10	10,8	11,4	11,1	11,1	0,6	5,7
Амулет	Контроль (без обработки)	10,4	11,0	10,6	10,7	0	0
	1:2	11,4	12,2	11,8	11,8	1,1	10,6
	1:4	13,2	13,5	13,8	13,5	2,8	26,6
	1:8	12,1	12,8	12,5	12,5	1,8	16,9
	1:10	11,0	11,6	11,3	11,3	0,6	5,9

Во второй год исследований (2025 г.) выявленные ранее закономерности полностью подтвердились. Во всех вариантах с применением биостимуляторов урожайность превышала контрольные значения, что свидетельствует о стабильном положительном влиянии исследуемых композиций. Наиболее высокие результаты вновь были получены при использовании композиции в соотношении 1:4. Урожайность сортов Панацея и Амулет достигла соответственно 13,4 и 13,5 ц/га, что значительно превышало показатели контроля. Для сортов Дебют и Старт максимальная урожайность также была зафиксирована в варианте 1:4, составив 10,9 и 10,8 ц/га соответственно. При применении композиций в соотношениях 1:2 и 1:8 также отмечалось увеличение урожайности по сравнению с контролем, однако их эффективность была ниже, чем у варианта 1:4. Минимальная прибавка урожая наблюдалась при соотношении 1:10. Полученные результаты свидетельствуют о сохранении высокой эффективности композиции 1:4 независимо от погодных условий года исследований.

В третий год исследований (2026 г.) ранее выявленные тенденции были полностью подтверждены. Наиболее высокие показатели урожайности вновь были получены при использовании композиции галловой и глицирризиновой кислот в соотношении 1:4. Урожайность сортов Панацея и Амулет составила соответственно 13,7 и 13,8 ц/га, тогда как у сортов Дебют и Старт данный показатель достиг 11,3 и 11,1 ц/га. Композиции с соотношениями 1:2 и 1:8 также способствовали повышению урожайности, однако их эффективность уступала варианту 1:4. Наименьшие значения урожайности вновь были отмечены при применении композиции в соотношении 1:10 (табл. 1).

Анализ результатов трёхлетних исследований показал, что предпосевная обработка семян композициями галловой и глицирризиновой кислот оказывает устойчивое положительное влияние на урожайность расторопши пятнистой. Для всех изученных сортов максимальная эффективность была достигнута при использовании композиции в соотношении 1:4. Наиболее высокий отклик на применение биостимуляторов отмечен у сортов Панацея и Амулет, средняя урожайность которых за три года исследований составила соответственно 13,4 и 13,5 ц/га, что на 2,9 и 2,8 ц/га, или 27,6 и 26,6 %, превышало контрольные показатели. У сортов Дебют и Старт также наблюдалось достоверное повышение урожайности, однако величина прибавки в наиболее эффективном варианте составила около 10 %.

Заключение. Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о целесообразности применения композиции галловой и глицирризиновой кислот в соотношении 1:4 для повышения урожайности расторопши пятнистой, особенно при возделывании сортов Панацея и Амулет в почвенно-климатических условиях Хорезмской области. Данный вариант обработки может быть рекомендован в качестве эффективного элемента технологии возделывания культуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кадиров Ш.Ю., Абдурахимов У.К. Лекарственные растения в трудах Абу Райхана Беруний и их применение в современной медицине. – Хива: Издательский отдел Хорезмской академии Маъмуна, 2016. – 112 с.

2. Ahmad R., Arshad M., Khan M.A., Zahir Z.A. Physiological role of natural phenolic compounds in seed germination and early seedling growth of medicinal plants // Plant Growth Regulation. – 2020. – Vol. 91. – P. 55–63.

3. Sharopov F.S., Khalifaev P.D., Satyal P., Sun Y., Safomuddin A., Musozoda S., Setzer W.N. The chemical composition and biological activity of the essential oil from the underground parts of Ferula tadshikorum (Apiaceae) // Records of Natural Products. – 2019. – Vol. 13, No. 1. – P. 18–23.

5. Титов А.Ф., Акимова Т.В., Таланова В.В., Топчиева Л.В., Шерудило Е.Г., Мешкова Е.А. Устойчивость активно вегетирующих растений к низким и высоким температурам. II. Роль белоксинтезирующей системы и абсцизовой кислоты в механизмах устойчивости // Наземные и водные экосистемы Северной Европы: управление и охрана: материалы Международной конференции, посвящённой 50-летию Института биологии Карельского научного центра РАН. – Петрозаводск, 2003. – С. 145–151.

6. Ганиева Г.М. Биологическая активность галловой кислоты при прорастании семян расторопши пятнистой // Ботанический журнал Узбекистана. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 88–94.

7. Нилов В.Н. Методы статистической обработки материалов фенологических наблюдений // Журнал ботаники. – 1980. – № 2 (65). – С. 282–284.

8. Тухтаев Б.Ё., Махкамов Т.Х., Тулаганов А.А., Маматкаримов А.И., Махмудов А.В., Аллаяров М.О. Методические рекомендации по созданию плантаций лекарственных и кормовых растений и заготовке сырья. – Ташкент, 2015. – С. 3–5.

УДК 612.111.11:616.15-018.5

ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЭКСТРАКТА ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ТОКСИЧЕСКОМ ПОРАЖЕНИИ ПЕЧЕНИ У КРЫС

Б.А.Кахоров, к.б.н., Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент

Ю.А.Катаева, базовый докторант, Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент

Annotatsiya. *Tadqiqotda uglerod tetraxlorid (CCl_4) ta'sirida jigarning toksik zararlanishi modeli sharoitida qoramol limfa tugunlaridan olingan suvli va fiziologik eritmadagi ekstraktlarning immun tizimiga ta'siri o'rganildi. Ekstraktlar qo'llanilishi limfotsitlar, T- va B-limfotsitlar nisbiy miqdorining oshishi hamda granulotsitlar ulushining kamayishi bilan namoyon bo'ldi. Fiziologik eritmada tayyorlangan ekstrakt qo'llanganda limfotsitlar va B-limfotsitlarning nisbiy miqdori intakt guruh qiymatlariga ko'proq yaqinlashdi. T-limfotsitlar miqdori esa intakt guruh darajasidan yuqori bo'ldi.*

Kalit so'zlar: *qoramol limfa tugunlari, to'qima ekstrakti, CCl_4, jigarning toksik zararlanishi, T-limfotsitlar, B-limfotsitlar, immunomodulyatsiya, kalamushlar.*

Аннотация. *В работе изучено влияние водного экстракта и экстракта на физиологическом растворе лимфатических узлов крупного рогатого скота на показатели иммунной системы крыс с CCl_4-индуцированным токсическим поражением печени. Применение экстрактов сопровождалось повышением относительного содержания лимфоцитов, Т- и В-лимфоцитов и снижением доли гранулоцитов. При применении экстракта на физиологическом растворе содержание лимфоцитов и В-лимфоцитов было численно ближе к значениям интактной группы. Содержание Т-лимфоцитов превышало уровень интактной группы.*

Ключевые слова: *лимфатические узлы крупного рогатого скота, тканевой экстракт, CCl_4, токсическое поражение печени, Т-лимфоциты, В-лимфоциты, иммуномодуляция, крысы.*

Abstract. *The study investigated the effects of aqueous and physiological saline extracts of bovine lymph nodes on immune parameters in rats with CCl_4-induced toxic liver injury. Administration of the extracts was associated with increased relative levels of lymphocytes, T- and B-lymphocytes and decreased granulocyte proportion. With the saline extract, the relative levels of lymphocytes and B-lymphocytes were numerically closer to those in the intact group. T-lymphocyte levels remained above the intact-group value.*

Key words: *bovine lymph nodes, tissue extract, CCl_4, toxic liver injury, T-lymphocytes, B-lymphocytes, immunomodulation, rats.*

Введение. Печень является одним из центральных органов метаболической трансформации и поддержания гомеостаза. Токсическое повреждение печени сопровождается нарушением внутриклеточного обмена, окислительным стрессом, повреждением клеточных мембран и развитием воспалительной реакции. Для экспериментального изучения этих процессов широко используется модель, индуцированная тетрахлорметаном (CCl_4), позволяющая воспроизводимо формировать токсическое поражение печени у лабораторных животных [1, 2].

Важную роль в развитии токсического поражения печени играют иммунные механизмы. При CCl_4-индуцированном повреждении изменяется функциональное состояние Т- и В-лимфоцитов и их взаимодействие. Показано, что CCl_4 может оказывать более выраженное влияние на В-лимфоциты, чем на Т-лимфоциты, при этом характер иммунных изменений зависит от стадии поражения печени [3]. Современные исследования также подтверждают участие Т-клеточных механизмов в регуляции воспалительного ответа: регуляторные Т-лимфоциты способны ограничивать патологическую активацию эффекторных клеток и влиять на выраженность воспаления и фиброзирования печени [4].

В связи с этим интерес представляют лимфатические узлы как периферические органы иммунной системы и источник биологически активного тканевого материала. В лимфатических узлах функционально организованы Т- и В-зависимые зоны, обеспечивающие взаимодействие клеточного и гуморального звеньев иммунитета. У крупного рогатого скота Т-лимфоциты преимущественно локализуются в паракортикальной зоне, тогда как В-лимфоциты — в лимфоидных фолликулах [5]. Молекулярные исследования также характеризуют лимфатические узлы КРС как сложные иммунологически активные структуры, участвующие в презентации антигена и формировании адаптивного иммунного ответа [6]. Перспективность лимфатической ткани как источника биологически активных компонентов подтверждается экспериментальными данными. В частности, экстракт надвыменных лимфатических узлов КРС способен стимулировать пролиферацию клеток in vitro [7]. Поэтому лимфатические узлы КРС представляют научный интерес как источник тканевых экстрактов с потенциальным иммуномодулирующим действием. Особый интерес представляет сравнение экстрактов, полученных на различных экстрагирующих основах. При использовании одинакового исходного сырья, технологической схемы и дозировки сравнение водного экстракта и экстракта на физиологическом растворе позволяет оценить влияние среды экстракции на выраженность иммуномодулирующего эффекта.

Цель исследования. Целью исследования являлось сравнительное изучение влияния водного экстракта и экстракта на физиологическом растворе лимфатических узлов крупного рогатого скота на показатели клеточного и гуморального звеньев иммунитета при CCl_4-индуцированном токсическом поражении печени у крыс.

Материалы и методы. Исследование выполнено на 40 белых беспородных крысах-самцах массой тела 320±15 г. Животные содержались в вентилируемых клетках при температуре 24,5±2 °C и относительной влажности воздуха 44±5 %. В качестве исходного материала для получения тканевого препарата использовали лимфатические узлы крупного рогатого скота без признаков патологии после проведения ветеринарно-санитарного контроля. Подготовка тканевого материала включала отделение лимфатических узлов от окружающей соединительной и жировой ткани. Далее материал подвергали холодовой консервации (активации) при температуре +2…+4 °C в течение 7 суток в условиях, исключающих воздействие света. Затем ткань подвергали гомогенизации и экстракции. Полученный материал подвергали термической обработке, фильтрации и стандартизации с последующей стерилизацией в автоклаве при температуре 120 °C. Технологический подход основывался на принципах тканевой терапии по В. П. Филатову.

Получали два варианта экстракта лимфатических узлов КРС: водный, приготовленный с использованием дистиллированной воды, и экстракт на физиологическом растворе, приготовленный с использованием 0,9%-ного раствора натрия хлорида. Для обоих вариантов применяли одинаковую технологическую схему получения. Для сравнительной оценки использовали одинаковую дозировку — 0,5 мг/кг при объёме введения 0,5 мл. Экспериментальное токсическое поражение печени моделировали тетрахлорметаном (CCl_4). Использовали 20%-ный раствор CCl_4, приготовленный на оливковом масле. Раствор вводили внутрибрюшинно по 0,2 мл каждому животному один раз в сутки в течение трёх последовательных суток.

Животные были распределены на четыре группы по 10 особей: 1-я — интактные животные (n=10); 2-я — контрольная группа (n=10), получавшая 0,9%-ный раствор NaCl по 0,5 мл в сутки; 3-я — опытная группа, получавшая водный экстракт лимфатических узлов КРС в дозе 0,5 мг/кг при объёме 0,5 мл; 4-я — опытная группа, получавшая физиологический экстракт лимфатических узлов КРС в дозе 0,5 мг/кг при объёме 0,5 мл. Исследуемые препараты вводили внутрибрюшинно один раз в сутки в течение пяти суток.

Для характеристики клеточного состава периферической крови определяли относительное содержание лимфоцитов, гранулоцитов и моноцитов с использованием гематологического анализатора. Состояние клеточного звена иммунитета оценивали по относительному содержанию Т-лимфоцитов и показателям Е-РОК методом розеткообразования. Состояние В-клеточного звена оценивали по относительному содержанию В-лимфоцитов и показателям ЕАС-РОК. Результаты представлены в виде M±m. Статистически значимыми считали различия при $p<0,05$.

Таблица 1.

Результаты исследования относительного содержания основных популяций лейкоцитов и Т- и В-лимфоцитов

Показатель	Интактная группа	Контрольная группа	1-я опытная группа	2-я опытная группа
Относительное содержание лимфоцитов%	70,24±4,29	48,58±4,51**	57,66±4,69*	62,78±5,47*
Относительное содержание гранулоцитов%	24,43±3,57	48,24±4,62**	37,69±4,99*	35,87±6,17*
Относительное содержание моноцитов%	1,31±1,10	0,65±0,05	0,74±0,38*	0,94±0,31*
Относительное содержание Т-лимфоцитов	30,10±3,00	36,11±6,78**	44,26±4,15*	47,84±4,02*
Относительное содержание В-лимфоцитов	26,13±1,92	14,61±3,35	21,12±7,32*	24,09±1,72*

Примечание — * $p<0,05$ — статистически значимые различия относительно интактной и контрольной групп; ** $p<0,05$ — статистически значимые различия относительно интактной группы.

Результаты исследования. У интактных животных относительное содержание лимфоцитов составляло 70,24±4,29 %. В контрольной группе на фоне токсического поражения печени показатель снижался до 48,58±4,51 %. После введения водного экстракта содержание лимфоцитов составляло 57,66±4,69 %, а при применении экстракта на физиологическом растворе — 62,78±5,47 %. По сравнению с контрольной группой это соответствовало увеличению показателя соответственно на 18,7 и 29,2 % (табл. 1).

Относительное содержание гранулоцитов у интактных животных составляло 24,43±3,57 %, тогда как в контрольной группе увеличивалось до 48,24±4,62 %. На фоне водного экстракта и экстракта на физиологическом растворе показатель снижался соответственно до 37,69±4,99 и 35,87±6,17 %. Таким образом, снижение относительно контроля составляло 21,9 и 25,6 % соответственно. Относительное содержание моноцитов у интактных животных составляло 1,31±1,10 %, в контрольной группе — 0,65±0,05 %. После введения водного экстракта и экстракта на физиологическом растворе показатель увеличивался до 0,74±0,38 и 0,94±0,31 % соответственно. Наиболее выраженные изменения выявлены при анализе Т- и В-лимфоцитов. У интактных животных относительное содержание Т-лимфоцитов составляло 30,10±3,00 %, в контрольной группе — 36,11±6,78 %. После применения водного экстракта показатель возрастал до 44,26±4,15 %, а экстракта на физиологическом растворе — до 47,84±4,02 %. По сравнению с контрольной группой увеличение составляло соответственно 22,6 и 32,5 %. В отношении В-лимфоцитов выявлена противоположная динамика: у интактных животных показатель составлял 26,13±1,92 %, в контрольной группе снижался до 14,61±3,35 %, а после введения водного экстракта и экстракта на физиологическом растворе возрастал до 21,12±7,32 и 24,09±1,72 % соответственно. По сравнению с контрольной группой увеличение составляло 44,6 и 64,9 %. Значение, полученное в группе экстракта на физиологическом растворе, приближалось к уровню интактных животных.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что CCl_4-индуцированное токсическое поражение печени сопровождается выраженной перестройкой лейкоцитарного состава периферической крови. Снижение относительного содержания лимфоцитов при одновременном увеличении доли гранулоцитов может отражать развитие системной воспалительной реакции, сопровождающей токсическое повреждение печени. В настоящем исследовании снижение относительного содержания В-лимфоцитов в контрольной группе также было более выраженным, чем изменение Т-клеточного показателя. После применения экстракта лимфатических узлов КРС наблюдалось повышение относительного содержания лимфоцитов и В-лимфоцитов и снижение доли гранулоцитов. При этом содержание Т-лимфоцитов увеличивалось и превышало уровень интактной группы. Такая совокупность изменений позволяет рассматривать действие исследуемого тканевого материала как иммуномодулирующее в условиях экспериментального токсического поражения печени; увеличение доли Т-лимфоцитов не свидетельствует о нормализации этого показателя.

В настоящем исследовании экстракт на физиологическом растворе демонстрировал более выраженную численную направленность содержания лимфоцитов и В-лимфоцитов к значениям интактных животных. В частности, содержание лимфоцитов достигало 62,78±5,47 %, а В-лимфоцитов — 24,09±1,72 %. Содержание Т-лимфоцитов составляло 47,84±4,02 % и превышало значение интактной группы (30,10±3,00 %). Полученные результаты позволяют предположить, что физиологическая среда экстракции способствует более выраженному сохранению или извлечению компонентов тканевого препарата, определяющих его иммуномодулирующее действие. Для подтверждения данного предположения необходимы дополнительные биохимические исследования состава экстрактов.

Заключение. Экспериментальное CCl_4-индуцированное токсическое поражение печени сопровождалось снижением относительного содержания лимфоцитов и В-лимфоцитов и увеличением доли гранулоцитов и Т-лимфоцитов. Применение обоих вариантов экстракта лимфатических узлов КРС сопровождалось повышением относительного содержания лимфоцитов и В-лимфоцитов и снижением доли гранулоцитов. Доля Т-лимфоцитов увеличивалась и оставалась выше уровня интактной группы. Таким образом, экстракт

лимфатических узлов крупного рогатого скота оказывал иммуномодулирующее действие в условиях экспериментального токсического поражения печени, а вариант на физиологическом растворе характеризовался более выраженной численной направленностью содержания лимфоцитов и В-лимфоцитов к значениям интактных животных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Mao J., Tan L., Tian C., Wang W., Zhang H., Zhu Z., Li Y. Research progress on rodent models and its mechanisms of liver injury // Life Sciences. 2024. Vol. 337. 122343. DOI: 10.1016/j.lfs.2023.122343. URL: https://doi.org/10.1016/j.lfs.2023.122343

2. Fareed M.M., Khalid H., Khalid S., Shityakov S. Deciphering Molecular Mechanisms of Carbon Tetrachloride-Induced Hepatotoxicity: A Brief Systematic Review // Current Molecular Medicine. 2024. Vol. 24, No. 9. P. 1124–1134. DOI: 10.2174/0115665240257603230919103539.

3. Bryzgina T.M. Change in the cooperation of T- and B-lymphocytes during the immune response of ram erythrocytes in the presence of liver injury by carbon tetrachloride // Fiziologicheskii Zhurnal. 1989. Vol. 35, No. 1. P. 25–30. PMID: 2785461. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2785461/

4. Ikeno Y., Ohara D., Takeuchi Y., Watanabe H., Kondoh G., Taura K., Uemoto S., Hirota K. Foxp3+ Regulatory T Cells Inhibit CCl4-Induced Liver Inflammation and Fibrosis by Regulating Tissue Cellular Immunity // Frontiers in Immunology. 2020. Vol. 11. 584048. DOI: 10.3389/fimmu.2020.584048. URL: https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.584048

5. Irgashev A., Asanova E., Kalandarova Z., Cho G.J., Ishenbaeva S. Comparative Immunohistochemical Detection of Major Immunocompetent Cells and Cell Proliferation in Peripheral Lymphoid Organs in Cattle and Yak (Bos gruniensis) // Anatomia, Histologia, Embryologia. 2025. Vol. 54, No. 3. e70039. DOI: 10.1111/ahe.70039. URL: https://doi.org/10.1111/ahe.70039

6. Barut G.T., Kreuzer M., Bruggmann R., Summerfield A., Talker S.C. Single-cell transcriptomics reveals striking heterogeneity and functional organization of dendritic and monocytic cells in the bovine mesenteric lymph node // Frontiers in Immunology. 2023. Vol. 13. 1099357. DOI: 10.3389/fimmu.2022.1099357. URL: https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1099357

7. Duffy D.M., Garrett S.M., Ellis S.E., Scott T.R. Influence of supramammary lymph node extract on in vitro cell proliferation // Cell Proliferation. 2008. Vol. 41, No. 2. P. 299–309. DOI: 10.1111/j.1365-2184.2008.00521.x. URL: https://doi.org/10.1111/j.1365-2184.2008.00521.

УЎК: 611.085.1: 612.332.72: 616.89

КАЛАМУШЛАРГА "ЮЁЮУР" МС ВА ТУРЛИ СТРЕССЛАРНИНГ *(АУДИОГЕН ВА ЁРУҒЛИК ДЕСИНХРОНОЗИ)* КОМПЛЕКС ТАЪСИРИДА БУЙРАКДАГИ ЎЗГАРИШЛАР ҲАМДА ҚОН КЎРСАТГИЧЛАРИНИНГ ЎЗГАРИШЛАР ВА УЛАРНИ ЧАКАНДА МОЙИ БИЛАН ФИТОКОРРЕКЦИЯСИ

Б.А. Мамаражабова, мустақил тадқиқотчи, Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети, Нукус

Аннотация. *Каламуш буйрагида "ЮЁЮУР" МС ва турли стрессларнинг алоҳида ва комплекс таъсирида кузатиладиган қоннинг биокимёвий ўзгаришларни баҳоланди ҳамда уларни олдини олишда чаканда мойининг ҳимоявий роли кузатилди. Стресс омилларидан ёруғлик десинхронози, аудиоген стресс, МС ва уларнинг комплекс таъсири организмда гормонал, метаболик ва буйрак фаолияти бузилишларига олиб келиши қоннинг биокимёвий кўрсатгичлари орқали ўрганилди. Чаканда мойининг фитокоррекциясидан кейин эса бу бузилишларни меъёрлаштиришда самарали восита экани илмий-амалий жиҳатдан тасдиқланди. Олинган натижалар стресссдан келиб чиқадиган буйрак ва метаболик бузилишларни коррекциялашда фитокоррекция усулини тавсия этишга асос бўлади.*

Калит сўзлар : *Каламуш, стандарт рацион, буйрак, нефрон, аудиоген стресс.*

Аннотация. *Были оценены биохимические изменения крови, наблюдаемые в почках крыс при отдельном и комплексном воздействии МС "ЮЁЮР" и различных стрессов, а также наблюдалась защитная роль облепихового масла в их профилактике. Среди стрессовых факторов были изучены биохимические показатели крови, свидетельствующие о том, что световой десинхроноз, аудиогенный стресс, МС и их комплексное воздействие приводят к нарушениям гормональной, метаболической и почечной деятельности в организме. После фитокоррекции облепихового масла было научно и практически подтверждено, что это эффективное средство для нормализации нарушений. Полученные результаты являются*

основанием для рекомендации метода фитокоррекции при коррекции почечных и метаболических нарушений, вызванных стрессом.

Ключевые слова: *Крыса, стандартный рацион, почки, нефрон, аудиогенный стресс.*

Abstract. *The biochemical changes of the blood observed in the kidneys of rats under the separate and complex influence of MS and various stresses were evaluated, and the protective role of sea buckthorn oil in their prevention was observed. Among stress factors, light desynchronization, audiogenic stress, MS, and their complex impact on hormonal, metabolic, and renal functional disorders in the body were studied using biochemical blood parameters. After phytocorrection of sea buckthorn oil, it was scientifically and practically confirmed that it is an effective means of normalizing these disorders. The results obtained serve as the basis for recommending a phytocorrection method for the correction of stress-induced renal and metabolic disorders.*

Keywords: *Rat, standard diet, kidney, nephron, audiogenic stress.*

Бугунги кунда аҳоли саломатлигини муҳофаза қилиш, меҳнат шароитида инсон организмига таъсир этувчи зарарли ва ҳавфли омилларни камайтириш, ходимлар орасида юқумли бўлмаган касалликларнинг олдини олиш ҳамда меҳнатга лаёқатли аҳолининг саломатлигини сақлаш дунё миқёсидаги тиббий – ижтимоий муаммолардан бири ҳисобланади. МС – қорин бўшлиғи семизлиги, юқори қон босими, қонда қанд ва липид миқдори даражасининг бузилиши каби холатлар мажмуаси – бутоун дунё соғлиқни сақлаш соҳасида ортиб бораётган муаммо бўлиб, ҳали ҳам етарли даражада тавсифланмаган. Худудларда 196 та давлат орасида МС тарқалиши ёш, урбанизация даражаси ва даромаднинг ортиши билан ортиб борган, минтақалар буйича аёллар орасида 7,5% дан 45,0% гача, эркаклар орасида 6,5% дан 59,6% гача ташкил этиб, бу кўрсатгичлар ортиб борган. Ушбу натижалар глобал муаммога қарши мақсадли чора тадбирларни ташкил қилади [6]. 28,2 милион инсонни қамраган 2022 йилги мета – таҳлилга кўра, МС тарқалиши текширув мезонларига қараб 12,5-31,4 % ташкил этиб, ушбу кўрсатгич кардиометоболик касалликларга қарши янада фаол чора тадбирларни талаб қилади [5].

Сменада ишлаш каби ноанъанавий жадваллар циркадиан тизими бузиб, юрак - қон томир ва метаболик касалликлар хавфини оширади, буйракдаги циркадиан бузилишлар эса смена ишчиларида гипертензия ва саломатлик натижаларининг салбий омили бўлиши мумкин. Ёруғлик қоронғилик циклининг сурункали силжиши буйракнинг айирув ритмларини бузиши ва туз юклатилган SHR каламушларда буйрак шикастланишини тезлаштиришини лонгитудинал тадқиқотда кузатдик [1].

Шовқиннинг бир вақтда ва алоҳида таъсир эттирилиши натижасида юзага келадиган буйракка оид таъсирлар ўрганилди. Шовқин таъсири альбумин, сийдик кислотаси, холестерин ва мочевина даражаларини камайтирди, креатинин, глюкоза, ва триглицерид даражаларини эса оширди. Шовқин буйрак тўқимасида кучли гломеруляр дезорганизация, гломеруляр ҳужайраларнинг кичрайиши ва ноаниқ чўткили чегара анқланди [2].

Меҳнат жараёнидаги физик омиллар – шовқин, ёритиш, микроиқлим, шунингдек кам ҳаракатлилик, нотўғри овқатланиш, ортиқча вазн ва семизлик каби метоболик хавф омилларининг кенг тарқалиши профилактик тиббиёт ва меҳнат гигиенасида комплекс ёндашувни талаб этади. ЖССТ ва ХМТ баҳолашларида иш жойидаги шовқин ҳам касбий омиллардан бири сифатида қамраб олинган. Сўнги йилларда меҳнат билан боғлиқ саломатлик муаммосининг глобал кўлами янада яққол намоён бўлмоқда. Замонавий меҳнат гигиенасида шовқин алоҳида аҳамиятга эга бўлган физик омиллардан бири ҳисобланади. Шовқиннинг меъёридан ортиқ ва узоқ муддатли таъсири нафақат эшитиш қобилятига, балки организмларнинг функционал тизимларига ҳам таъсир кўрсатиши мумкин. Иш жойларидаги шовқинни меъёрлаш, уни ўлчаш профилактик меҳнат гигиенасининг муҳим вазифаларидан ҳисобланади. Ўзбекистон Республикасида ушбу масаланинг босқичма босқич кучайтирилмоқда. Хусусан, 2026 йил 9 сентябрда қабул қилинган ЎРҚ – 1171 – сон "Аҳоли шовқиннинг зарарли таъсиридан ҳимоя қилиш тўгрисида"ги Қонун шовқиннинг йўл қўйиладиган даражасини инсон организмининг функционал тизимларида жиддий

ўзгаришларни келтириб чиқармайдиган даража сифатида белгилайди. Қонун иш жойларида шовқиннинг йўл қўйиладиган даражаларини алоҳида белгилаш, шовқиннинг зарарли таъсиринибаҳолаш ва ундан ҳимоя қилиш чора – тадбирлари назарда тутилган.

Тадқиқотда 54 та 6 ойлик оқ зотсиз каламушлар, жумладан: назорат гурухи 12 та буйракда кузатиладиган морфо-функционал куратгичлари *(«СтР»да)* стандарт рационда ҳамда тажрибада ҳар бир гурухда 14 тадан бунда буйрак тузилишининг морфологик ўзгаришлари "ЮЁЮУР"да МС (*юқори ёғли ва юқори углеводли рацион)* турли стрессларнинг *(ёруғлик десинхронози ҳамда аудиоген стресс)* комплекс таъсирида қоннинг биокимёвий ўзгариш курсатгичларни баҳолаш учун олинди.

Тадқиқотда бир ҳафта мобайнида 3-6 ойлик каламушлар карантин шароитида кузатилди. Ҳеч қандай соматик ёки инфекцион касаллик кузатилмагач одатий виварий шароитига ўтказилди.

Назорат гуруҳи: «СтР»да *(стандарт рацион)* жами (n=12) Каламуш кунига 20 г аралаш ем истеъмол қилди: оқсиллар — 24%, ёғлар — 6%, углеводлар — 44% ҳамда тоза сув қабул қилди. Бир каламуш учун суткасига 66,0 ккал берилди [3].

Ҳар бир тажриба гурухи: «СтР» ўсаётган, уч ойлик (n=14) каламушларни 3 ойлигидан бошлаб 90 кун, (ЮЁЮУР): кунига 6 г махсус тайёрланган гранулаланган ем берилди *(70% стандарт аралаш емга 30% қорамол ёғи қўшилган ҳолда);* 6,8 г қорамол ёғи, 3,6 г оқ қуруқ нон, 3,6 г кунгабоқар уруғи берилди. Бу гурух хайвонлар ҳар иккинчи кунда сув ўрнига тажрибадаги каламушлар 10% фруктоза *(Мева- бананли сок)* эритмасини қабул қилди. Бир каламуш учун суткасига 161,5 ккал [4].

Каламушларнинг 5 ойлигидан бошлаб ёруғлик десинхронози кунига 500 люкс ёритиш даражасида ва аудиоген стресс кунига 3 соатдан 90 дц даражадаги акустик таъсир кўрсатилди.

Каламушлар қони ҳайвонларнинг дум венасидан олиниб, реагентлар билан махсус аппаратларда текширилди.

Ишда келтирилган миқдорий кўрсаткичлар M±m форматида тизимлаштирилди ва ифодаланди, бунда M – танланманинг ўрта арифметик қийматини, m – ўрта арифметикнинг стандарт хатолигини билдиради. Ҳар бир экспериментал ва назорат гуруҳидаги ҳайвонлар сони қатъий белгиланди. Гуруҳлараро фарқларнинг статистик аҳамиятлилигини баҳолаш учун мустақил танланмалар учун параметрик Стьюдентнинг t-мезони қўлланилди. Фарқлар P<0,05 да статистик ишончли деб ҳисобланди.

Каламуш буйрагида "ЮЁЮУР" МС ва турли стрессларнинг алоҳида ва комплекс таъсирида кузатиладиган қоннинг биокимёвий ўзгаришларни баҳоланди ҳамда уларни олдини олишда чаканда мойининг ҳимоявий роли кузатилди. Стресс омилларидан ёруғлик десинхронози, аудиоген стресс, МС ва уларнинг комплекс таъсири назорат гуруҳига нисбатан олиб борилган солиштирма таҳлил шуни кўрсатадики, каламуш буйрагида "ЮЁЮУР" шароитида қўлланилган барча стресс омиллари қондаги кортизол миқдорининг ошишига олиб келади. Энг юқори стресс юкламаси комплекс стресс гуруҳида кузатилиб, кортизол 11,2±0,2 ни ташкил этди. Фитокоррекция қўлланилган гуруҳда эса кортизол 5,0±0,3 гача пасайди, бу эса фитокоррекциянинг стрессдан келиб чиқадиган гормонал бузилишларни меъёрлаштиришда самарали эканини кўрсатади.

Каламуш буйрагида "ЮЁЮУР" шароитида турли стресс омиллари қондаги кортизол миқдорини ишончли даражада оширади. Энг юқори стресс юкламаси комплекс стресс таъсирида кузатилади. Фитокоррекция эса кортизол секрециясини сезиларли даражада пасайтириб, организмнинг стрессга бўлган жавобини меъёрлаштиради. Шу сабабли фитокоррекция усулини стрессдан келиб чиқадиган буйрак ва метаболик бузилишларни коррекциялашда самарали восита сифатида хисобланди.

Каламуш буйрагида "ЮЁЮУР" шароитида қўлланилган барча стресс омиллари қондаги мочевина миқдорининг ошишига олиб келади. Энг юқори стресс юкламаси комплекс стресс гуруҳида кузатилиб, мочевина 42,3±0,5 ммоль/л ни ташкил этди, бу назоратга нисбатан 8,9 баробарга ошган. Фитокоррекция қўлланилган гуруҳда эса мочевина 9,62±0,79 ммоль/л гача

пасайди, бу эса чаканда мойининг стрессдан келиб чиқадиган буйрак функцияси бузилишларини меъёрлаштиришда самарали восита хисобланди.

Кондаги мочевина кўрсаткичи стресс омилларининг буйракка таъсирини баҳолашнинг ишончли биокимёвий маркёри сифатида хизмат қилади. Каламушлар буйрагида "ЮЁЮУР" шароитида қўлланилган барча стресс омиллари қондаги креатинин миқдорининг назорат гуруҳига нисбатан ошишига олиб келади. Бу эса стресс омилларининг буйрак фаолиятига салбий таъсир кўрсатишини ва буйрак фильтрация қобилиятининг пасайишини англатади.

Энг юқори стресс юкламаси комплекс стресс гуруҳида кузатилиб, креатинин 114,8±1,2 мкмоль/л ни ташкил этди, бу назоратга нисбатан 6,1 баробарга юқори кўрсаткичдир. Бу ҳолат бир нечта стресс омилларининг *(метаболик синдром, ёруғлик десинхронози, аудиоген стресс)* биргаликда таъсири натижасида буйракда чуқур дисфункция юзага келганини кўрсатади.

Ёруғлик десинхронози ва аудиоген стресс гуруҳларида креатинин мос равишда 3,2 баробар ошган. Бу эса якка стресс омиллари ҳам буйрак функциясига сезиларли таъсир кўрсатишини, аммо уларнинг комплекс таъсирида бу таъсир янада кучайтирилишини тасдиқлайди. Демак, стресс омилларининг биргаликда таъсири синергетик хусусиятга эга.

Чаканда мойи билан фитокоррекция қўлланилган гуруҳда креатинин 29,1±0,76 мкмоль/л гача пасайди, бу максимал стресс даражасига нисбатан 3,9 баробар паст кўрсаткичдир. Бу эса фитокоррекция воситасининг буйрак функциясини меъёрлаштиришда, креатинин миқдорини назорат даражасига яқинлаштиришда самарали эканини кўрсатади. Фитокоррекция нафақат гормонал (кортизол) ва метаболик (мочевина) кўрсаткичларга, балки буйракнинг фильтрация функциясини акс эттирувчи креатинин даражасига ҳам ижобий таъсир кўрсатди.

Энг юқори стресс юкламаси МС ва комплекс стресс гуруҳида кузатилиб, глюкоза 17,5±1,02 ммоль/л ни ташкил этди, бу назоратга нисбатан 3,2 баробарга юқори кўрсаткичдир. Бу ҳолат бир нечта стресс омилларининг биргаликда таъсири натижасида углевод алмашинувида чуқур бузилиш юзага келади.

Ёруғлик десинхронози гуруҳида глюкоза 2,3 баробар, аудиоген стресс гуруҳида эса 1,6 баробар ошган. Бу эса стресс омиллари ҳам глюкоза метаболизмига сезиларли таъсир кўрсатишини тасдиқлайди.

Чаканда мойи қўлланилган гуруҳда глюкоза 8,4±0,43 ммоль/л гача пасайди, бу максимал стресс даражасига нисбатан 2,1 баробар паст бўлиб, фитокоррекция воситасининг углевод алмашинувини меъёрлаштиришда мухимдир.

1- жадвал

Каламуш буйрагида "ЮЁЮУР" МС ва турли стрессларда (*ёруғлик десинхронози ва аудиоген ва ҳамда уларнинг комплекс таъсири*) кузатиладиган қоннинг биокимёвий тахлили

кўрсатгичлар / гуруҳ (%)		Кортизол (нмоль/л)	Мочевина (ммоль/л)	Креатинин (мкмоль/л)	Глюкоза (ммоль/л)
Назорат		-	4,7±0,1	18,7±0,7	5,5±0,2
Тажриба	ёруғлик десинхронози	8,3±0,3	10,6±0,3	55,1±1,2	14,2±0,4
	аудиоген стресс	9,5±0,15	15,6±0,4	60,5±1,2	8,6±0,3
	МС ва комплекс стресс	11,2±0,2	42,3±0,5	114,8±1,2	17,5±1,02
	МС, комплекс стресс ва уни фитокоррекцияси	4,99±0,32	9,62±0,79	29,11±0,76	8,37±0,43

Шундай килиб, стресс омилларининг *(ёруғлик десинхронози, аудиоген стресс, МС ва уларнинг)* комплекс таъсири организмда гормонал, метаболик ва буйрак фаолияти бузилишларига олиб келиши, фитокоррекция эса бу бузилишларни меъёрлаштиришда самарали восита экани илмий-амалий жиҳатдан тасдиқланди. Олинган натижалар стрессдан келиб чиқадиган буйрак ва метаболик бузилишларни коррекциялашда фитокоррекция усулини тавсия этишга асос бўлади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Hill, A. M., Crislip, G. R., Stowie, A., Ellis, I., Ramsey, A., Castanon-Cervantes, O., Gumz, M. L., & Davidson, A. J. (2021). Environmental circadian disruption suppresses rhythms in kidney function and accelerates excretion of renal injury markers in urine of male hypertensive rats.*American journal of physiology. Renal physiology*,*320*(2), F224–F233.

2. Amirreza Abouee-Mehrizi, Yahya Rasoulzadeh, Mehran Mesgari-Abbasi, Ahmad Mehdipour, Abbas Ebrahimi-Kalan, /Nephrotoxic effects caused by co-exposure to noise and toluene in New Zealand white rabbits: A biochemical

and histopathological study//, Life Sciences, Volume 259,2020,118254, ISSN 0024-3205, https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118254.

3. Бирулина Ю. Г., Воронкова О. В., Иванов В. В., Буйко Е. Е., Щербакова М. М., Чернышов Н. А., Мотлохова Е. А. Маркеры системного воспаления у крыс в модели диет-индуцированного метаболического синдрома./ Сибирский государственный медицинский университет, Томск, Россия. 2022

4. Бирулина Ю.Г., Иванов В.В., Буйко Е.Е., Трубачева О.А., Петрова И.В., Гречишникова А.Ю., Носарев А.В., Гусакова С.В. Влияние высокожировой и высокоуглеводной диеты на клетки крови крыс // Бюллетень сибирской медицины. – Томск, 2021. – Т. 20, №3. – С 6-12.

5. Noubiap, J. J., Nansseu, J. R., Lontchi-Yimagou, E., Nkeck, J. R., Nyaga, U. F., Ngouo, A. T., Tounouga, D. N., Tianyi, F. L., Foka, A. J., Ndoadoumgue, A. L., & Bigna, J. J. (2022). Geographic distribution of metabolic syndrome and its components in the general adult population: A meta-analysis of global data from 28 million individuals.*Diabetes research and clinical practice*,*188*, 109924.

6. https://doi.org/10.1016/j.diabres.2022.109924

7. Noubiap, J. J., Nansseu, J. R., Nyaga, U. F., Ndoadoumgue, A. L., Ngouo, A. T., Tounouga, D. N., Tianyi, F. L., Foka, A. J., Lontchi-Yimagou, E., Nkeck, J. R., & Bigna, J. J. (2025). Worldwide trends in metabolic syndrome from 2000 to 2023: a systematic review and modelling analysis.*Nature communications*,*17*(1), 573. https://doi.org/10.1038/s41467-025-67268-5

УДК 599:591.5(575.1)

АНАЛИЗ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ДИНАМИКИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПРИАРАЛЬЯ

С.М. Мамбетуллаева, д.б.н., проф., Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук, Нукус

Г.С. Байниязова, преподаватель, Нукусский государственный педагогический институт, Нукус

З.Д. Акимниязова, преподаватель, Нукусский государственный педагогический институт, Нукус

С.Х. Атаджанова, преподаватель, Нукусский государственный педагогический институт, Нукус

Annotatsiya. *Janubiy Orolbo'yi sharoitida mayda sutemizuvchilarning dominant turlari dinamikasining deterministik tarkibiy qismini tahlil qilish natijalari ko'rib chiqilgan. Mayda sutemizuvchilar tabiiy va antropogen buzilgan ekotizimlarning bioindikatorlari hisoblanadi. Aniqlanishicha, mayda sutemizuvchilar populyatsiyasi, ularning yosh va jinsiy tuzilishi bir qator omillar ta'sirida shakllanadi, ular orasida hududning tur areallariga nisbatan joylashuvi va uning landshaft xususiyatlari katta ahamiyatga ega.*

Kalit so'zlar: *Mayda sutemizuvchilar, ekologik omillar, dinamika, ekotizimlar, tartibga solish.*

Аннотация*. Рассматриваются результаты анализа детерминистической составляющей динамики доминирующих видов мелких млекопитающих в условиях Южного Приаралья. Мелкие млекопитающие являются биоиндикаторами естественных и антропогенно- нарушенных экосистем. Установлено, что популяции мелких млекопитающих, их возрастная и половая структуры формируются под влиянием целого ряда факторов, среди которых большое значение имеют положение территории относительно видовых ареалов и ее ландшафтные особенности.*

Ключевые слова: *Мелкие млекопитающие, экологические факторы, динамика, экосистемы, регуляция.*

Abstract. *The results of the analysis of the deterministic component of dynamics of dominant species of small mammals in the conditions of the Southern Aral Sea region are considered. Small mammals are bioindicators for natural and anthropogenic ecosystems. It has been established that the populations of small mammals, their age and sex structures, are formed under the influence of a number of factors, among which the position of the territory relative to species ranges and its landscape features are of great importance.*

Key words: *Small mammals, environmental factors, dynamics, ecosystems, regulation.*

Южное Приаралье с ее обширной территорией, с разнообразием экосистем и видовым составом нуждается в развитии специальных исследований, направленных на инвентаризацию, оценку состояния биоразнообразия, развитие системы мониторинга, на разработку принципов и методов сохранения природных биосистем. Изменения природной среды Каракалпакстана под воздействием экологического кризиса привели к деградации и трансформации всех компонентов экосистем региона. Из-за интенсивного разрушения экосистем осложняется охрана и использование растительного и животного мира [2, 6].

За последние десятилетия в природе исчезли и продолжают исчезать многие виды животных и растений, разрушаются уникальные природные комплексы, что вызывает большую тревогу и серьезные опасения. Быстрыми темпами идет обеднение биологического разнообразия [4, 16, 21]. Только за последнее столетие исчезли такие крупные виды млекопитающих, как кулан, гепард, каракал. На грани исчезновения и другие виды - еще недавно встречавшийся сотнями тысяч сайгак, многочисленный джейран и азиатский муфлон, из птиц дрофа-красотка. Изменение и уничтожение местообитаний приводит и к угрозе сокращения видового богатства, численности, ареалов многих видов животных и растений [1, 16, 18, 21, 24].

Процессы, протекающие в популяциях животных, с одной стороны, тесно связаны с условиями среды обитания (климат, почва, растительность, хищники, состояние кормовой базы и др.), с другой, определяются биологическими особенностями самой популяции (видовая принадлежность, тип питания, половозрастной состав, интенсивность размножения, динамика численности, плотностно-зависимые обратные связи и др.). Одна из основных причин отсутствия строгой научной теории популяционной регуляции – малочисленность долговременных стационарных наблюдений за разными видами. Кроме того, малочисленны исследования, проведенные в различающихся ландшафтно-географических зонах, когда регистрировали не только численность, демографическую структуру населения, но и внешние факторы [9, 12, 22].

Различные типы взаимодействия животных со средой сложились исторически в процессе эволюции и в конечном итоге отражают пути оптимального использования всего комплекса внешних условий при столь же полной реализации возможностей популяции. Вместе с тем понятно, что в рамках только детерминистического подхода проблему возникновения и существования популяционной динамики решить невозможно. Анализ причин изменчивости демографической и пространственной структуры населения мелких млекопитающих может быть проведен только с применением теории сложных систем, которая способна обнаружить общие закономерности явлений и процессов в сложных неравновесных популяционных системах с учетом присущих им принципов самоорганизации [7, 9, 22].

Другая причина – неравновесные популяционные системы способны осуществлять бифуркационные переходы к новым состояниям, обеспечивая тем самым жизнеспособность популяции. После перехода на каждую новую траекторию необходимо оценить относительную устойчивость наиболее вероятных состояний, а также время нахождения системы в их окрестностях [11, 20].

Мелкие млекопитающие в сравнении с другими представителями млекопитающих имеют высокую численность, многообразие видов и наиболее высокую чувствительность к изменениям в окружающей среде. Другими словами, мелкие млекопитающие являются оптимальными биоиндикаторами естественных и антропогенно нарушенных экосистем. Поэтому использование их с целью оценки произошедших изменений в природных сообществах является вполне обоснованным [3, 4, 5].

Материалы и методы. В основу исследований положены результаты многолетнего изучения популяционной динамики мелких млекопитающих, собранные сотрудниками Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук. Систематическое положение изучены по И.М. Павлинову, О.Л.Россолимо (1987, 1998) [14]. Исследования осуществляли на территории плато Устюрт. Материал собирали двумя методами: 1) отлов грызунов на линиях давилок; 2) учет грызунов на стационарных площадках по 5 га, методом

повторных отловов меченых зверьков. Использовали ловушки Геро со стандартной приманкой. Ловушки в линиях расставляли с интервалом в 5 м. Число ловушек на линиях варьировало от 25 до 95. Отлов на каждой линии проводили в течение 3-х суток с одной проверкой в сутки (рано утром). Отловленных на линиях зверьков обрабатывали по общепринятым методикам, с замером основных экстерьерных показателей, определением пола и возраста [10,19].

Для учета тушканчиков использовали капканно-площадочный метод. Для анализа пространственного распределения особей в поселениях грызунов использованы такие показатели, как размеры участков обитания [3, 10]. Площадь участков обитания оценивали на основе данных, полученных при повторных отловах зверьков или визуальных наблюдениях на площадках мечения, регистрируя положение особей в координатной сетке с последующей компьютерной обработкой данных с помощью программы STATISTICA.

Выбор параметров среды осуществляли на основе субъективных представлений об их влиянии на распределение рассматриваемых видов мелких млекопитающих в районе исследования. Для решения поставленных задач, по количественной оценке, экзо- и эндогенных факторов на динамику численности популяций млекопитающих использованы материалы лаборатории Экологии животных Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук. Для исследования взаимосвязи популяционных параметров и экологических факторов была выбрана популяция малого тушканчика *(Allactaga elater)* - один из фоновых видов грызунов, обитающих на плато Устюрт.

Таблица 1.

Показатели многолетней численности популяций мелких млекопитающих в разные месяцы сезона размножения

Месяц	Кол-во наблюдений	Среднее	Медиана	Стандартное отклонение
Апрель	43	9,2	6,6	8,1
Май	38	12,7	12,4	6,8
Сентябрь	22	12,5	11,4	6,7
Октябрь	20	11,3	12,6	5,8

Распространение животного населения были изучены путем широкой рекогносцировки территории исследования. Для оценки достоверности различий (сходства) многолетних сезонных популяционных динамик использовали схемы непараметрического дисперсионного анализа ANOVA.

Результаты и обсуждение. Плато Устюрт площадью в 200 000 кв. км, расположено на границах трех государств — Казахстана, Туркменистана и Узбекистана. Оно является одним из самых древних сухопутных территорий Центральной Азии. Каракалпакская часть территории Устюрта составляет 7,1 млн. га (32,2%) и очень богата полезными ископаемыми - природный газ, нефти и другие.

Территория Каракалпакской части Устюрта, начиная с 60-х годов XX века подвержена сильному техногенному, промышленному, строительному и хозяйственному освоению в поисках и добычи природного газа, нефти и драгоценных металлов в течение многих лет. В последние годы с интенсивным освоением территории Устюрта резко возросло влияние антропогенных факторов (строительство железных дорог, газопроводов и т.п.) на динамику ландшафта и растительных сообществ, видового разнообразия фауны и ее биопродукции [1, 13, 15, 16].

По флористическому анализу Сарыбаев Б. (1987) выявил в Каракалпакской части Устюрта 426 видов высших растений, относящихся к 225 родам, к 41 семействам. Динамика антропогенного и техногенного опустынивания территории плато Устюрта, деградация растительности, снижение биоразнообразия экосистем отражена в работах Бондаренко О.Н. (1964 - 330 видов, 189 родов, 40 семейств); Сарыбаева Б. (1968 - 724-видов, 295 родов, 59 семейств); Турсунбаева Х.(1970 - 238 видов 158 родов, 32 семейств); Сарыбаева Б.(1973 - 302 видов, 188 родов, 42 семейств); Койбагарова К. (1973 - 402 видов, 211 родов, 41 семейств); П. Халмуратова (1980 - 340 видов, 170 родов, 39 семейств); Б. Сарыбаева (1987 - 426 видов, 225 родов, 41 семейств); П. Тажимуратова (2001 – 326 видов, 192 родов, 42 семейств); Б.

Сарыбаева, Р. Пиржановой, Р. Аймуратова (2007-2012 - 183 видов, 114 родов, 25 семейств) [1, 18, 23].

По результатам исследований в центральной части плато Устюрт насчитывается 52 видов растений из них: дерево 1 вид, кустарники - 6, полукустарники – 8 видов, полукустарнички – 1 вид, многолетние травянистые растения - 42, однолетние - 30 вид, зафиксировано 2 эндемичных вида: *Lagochilus acutilobus, Eremostachys tuberose* [1, 18, 23].



Рис.1. Карта-схема территории исследований.

Характерной особенностью климата Приаралья является резко континентальным. В последние годы с уменьшением количества атмосферных осадков отсутствием водных источников, засоления почвы вокруг буровых скважин, скопления большого количества металлолома от буровых установок и труб, бессистемной езды автотранспорта расширяется ареал низко продуктивных малопоедаемых растений: биюргуна, климокаптеры, гаплопилумы, однолетних солянок [1, 13, 16].

С 2020 г. по 2026 г. наблюдались засушливые погодные условия, что повлияли на пространственные перемещения растений в ассоциациях, а также на исчезновение ряда видов. Наблюдается отрицательное воздействие климатических факторов на закономерности формирования фитоценозов, сезонные и годичные изменения видового состава растительных сообществ.

Сообщество мелких млекопитающих, как компонент биоценозов является биоиндикаторами состояния природных экосистем [5, 8, 9]. Многообразие, высокая численность, обилие, доступность и высокая чувствительность к изменениям среды мелких млекопитающих определили их выбор в качестве объектов исследования. Изучение биотопического размещения отдельных видов мелких млекопитающих показало, что все они отличаются значительной эвритопностью, населяют самые разнообразные стации (табл.2).

Таблица 2

Современное состояние грызунов на территории плато Устюрт

№	Название вида	Устюрт
Отряд Грызуны – Rodentia. Семейство беличьи - Sciuridae		
1	Малый суслик *Citellus pygmaeus*	++
2	Желтый суслик *Spermophilus fulvus*	++
Семейство Тушканчиковые – Dipodidae		
3	Большой тушканчик *Allactaga jaculus*	++
4	Малый тушканчик *Allactaga elater*	+++
5	Тушканчик Северцова *Allactaga severtzovi*	++

6	**Тушканчик-прыгун *Allactaga saltator***	+
7	**Земляной зайчик или тарбаганчик *Alactagulus pumilio***	++
8	**Жирнохвостый карликовый тушканчик *Salpingotus crassicauda***	+
9	**Индийская земляная крыса, или мускусная крыса Stylodipus telum**	+
Семейство Хомякообразные – Cricodidae		
10	**Серый хомячок *Cricetulus migratorius***	+
11	**Слепушонка *Ellobius talpinus***	++
Семейство Песчанковые – Gerbillidae		
12	**Гребенщиковая песчанка *Meriones tamariscinus***	+
13	**Краснохвостая песчанка *Meriones erythrourus***	++
14	**Полуденная песчанка *Meriones meridianus***	+
15	**Большая песчанка *Rhombomys opimus***	+++
Семейство мышиные – Muridae		
16	**Домовая мышь *Mus musculus***	+
	ВСЕГО – 16 видов	

Примечание: *-виды занесенные в Красную книгу Республики Узбекистан (2019)
+ редкие, ++ обычные +++ многочисленные

В пределах одного и того же биотопа размещение мелких млекопитающих носит мозаичный характер и сильно зависит от особенностей рельефа, количества и качества кормовых ресурсов. Изучение территориального размещения мелких млекопитающих показывает тесную их связь с определенными типами местности, характеризующимся комплексом орографических, флористических, микроклиматических и биоценотических условий. Среди них количество многочисленных массовых видов популяций мелких млекопитающих на плато Устюрт составили 4 вида (12,5), обычных видов – 7 (43,7%) и редкие виды - 7 (43,7%).

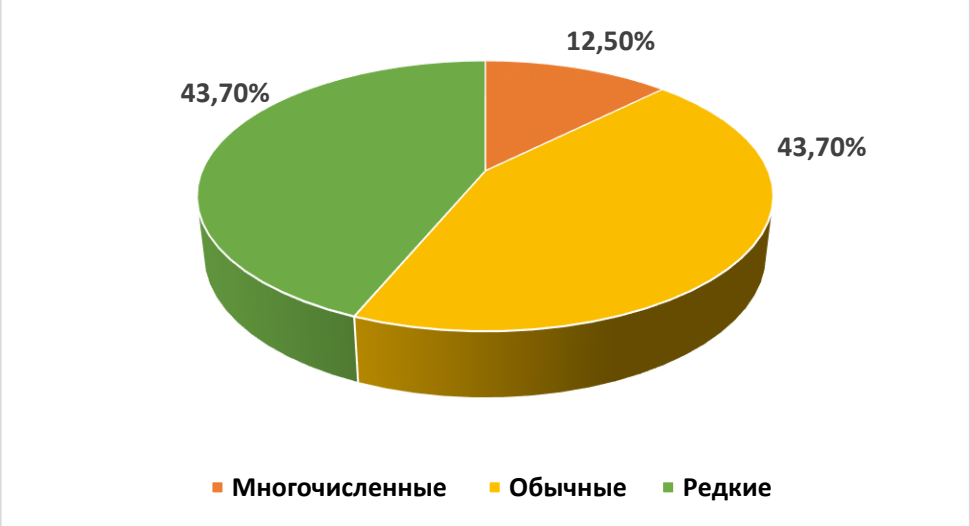


Рис. 2. Распределение численности мелких млекопитающих на плато Устюрт, %

Динамическая смена аспектов пространственного распределения с диффузного, равномерного при высокой численности зверьков на мозаичный в периоды депрессий имеет важное приспособительное значение и способствует стабильности вида. Этим путем достигается необходимый для репродукции контакт особей, удовлетворение их кормовых и защитных потребностей в условиях резкого сокращения численности, конкуренции, освоение среды обитания заселение новых территорий при увеличении интенсивности размножения.

Комплексное применение индексов разнообразия и их разносторонний анализ позволяют дифференцировать сообщества по происходящим в них изменениям, обусловленным действием рассмотренных выше групп факторов. Выявлена корреляционная связь между показателями видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих и степенью влияния абиотических факторов (температура воздуха). Корреляционная связь

между показателями площади природных биотопов и видового богатства мелких млекопитающих на территории плато Устюрт составляет p=0,58±0,16 (рис.3).

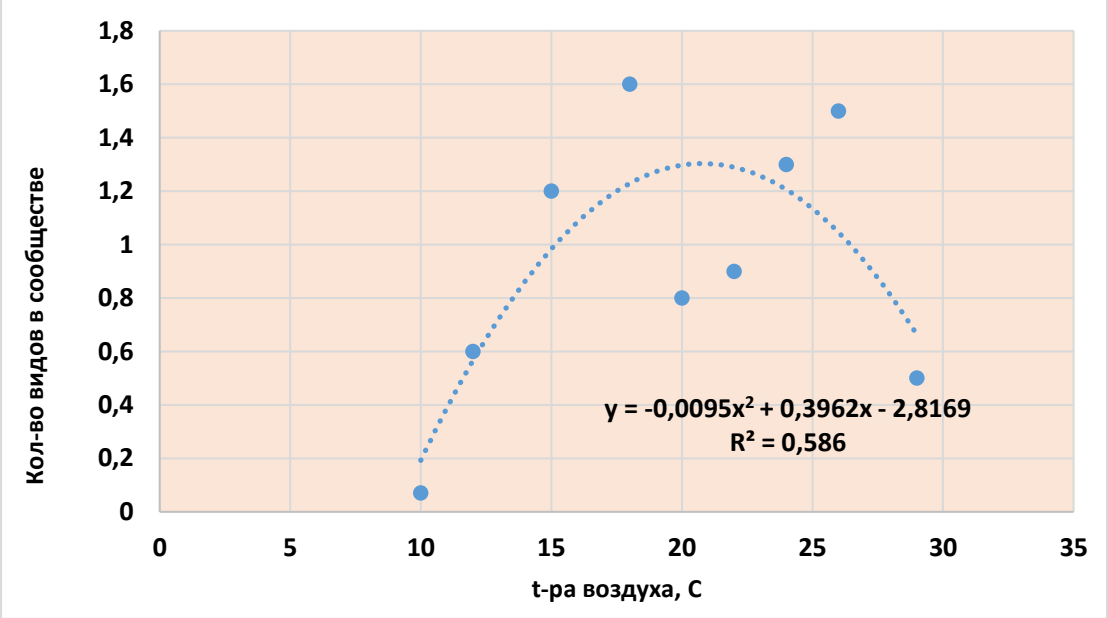


Рис. 3. Зависимость видового разнообразия мелких млекопитающих от абиотических факторов

Проведенные исследования показали, что функция распределения количества видов популяции мелких млекопитающих по градиенту имеет следующий вид:

$$y = -0,0095x2 + 0,3962x - 2,8169$$

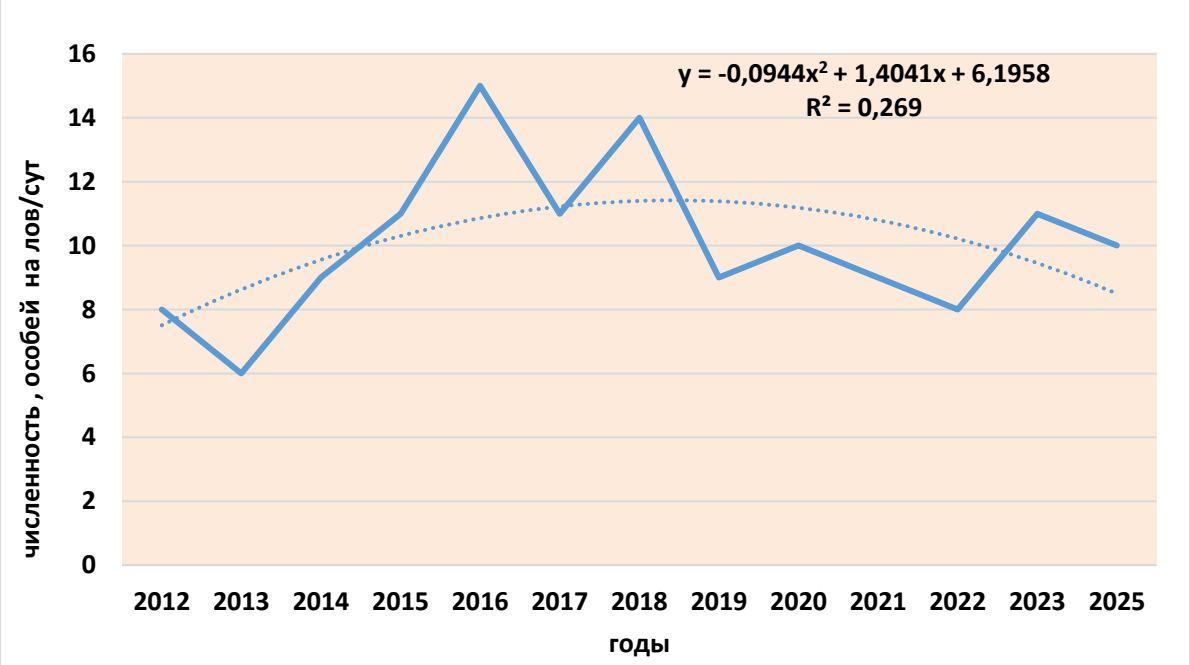


Рис.4. Динамика суммарной численности сообществ мелких млекопитающих на исследуемой территории.

Уровень стабильности и устойчивости сообществ мелких млекопитающих можно охарактеризовать изменением структуры доминирования [11, 22]. За более стабильные приняты сообщества с равномерными показателями численности и рангового распределения видов, за менее стабильные - те, в которых изменяются значения численности и структура доминирования. Наряду с видовым богатством и выравненностью немаловажное значение имеет пространственное распределение видов в сообществе, зависящее от ландшафтно-экологических условий, в которых находится экосистема [4, 5, 8].

Динамика численности и пространственная дифференциация являются первым этапом эволюционного процесса, той базой, на которой возникает дифференциация по другим биологическим показателям.

Проведенные исследования показали, что динамика численности популяций мелких млекопитающих имеет циклический характер, где основные подъемы численности приходятся на 2015, 2018, 2020 и 2023 годы (рис.4).

В настоящее время по оценке многих специалистов, изучение динамики численности в природных популяциях тушканчиков (Allactaga) обнаруживает различные сочетания трех введенных зависимостей популяционных параметров от плотности [8, 9, 13]. Мы исследовали вопрос о значении каждого из трех возможных механизмов регуляции, вводя различные их сочетания в оценку динамики численности популяции *Allactaga elater*.

Allactaga elater населяет разнообразные местообитания в полупустынной и пустынной зонах. Предпочитает супесчаные и легкие суглинистые почвы, однако, встречается и на плотных глинистых и щебнистых субстратах, и на участках уплотненных засоленных песков. В настоящих песках не живет, но нередко в них забегает. Расселяется неравномерно, обычно небольшими группами на глинистых буграх эфемерово-полынной растительностью, на уплотненных песках и вокруг колодцев, вдоль грунтовых дорог. Рассматривая динамику численности популяции *Allactaga elater*, можно отметить, что на территории Устюрта ее численность несколько превышает, начиная с 1980-х по 2010 годы (рис.5).

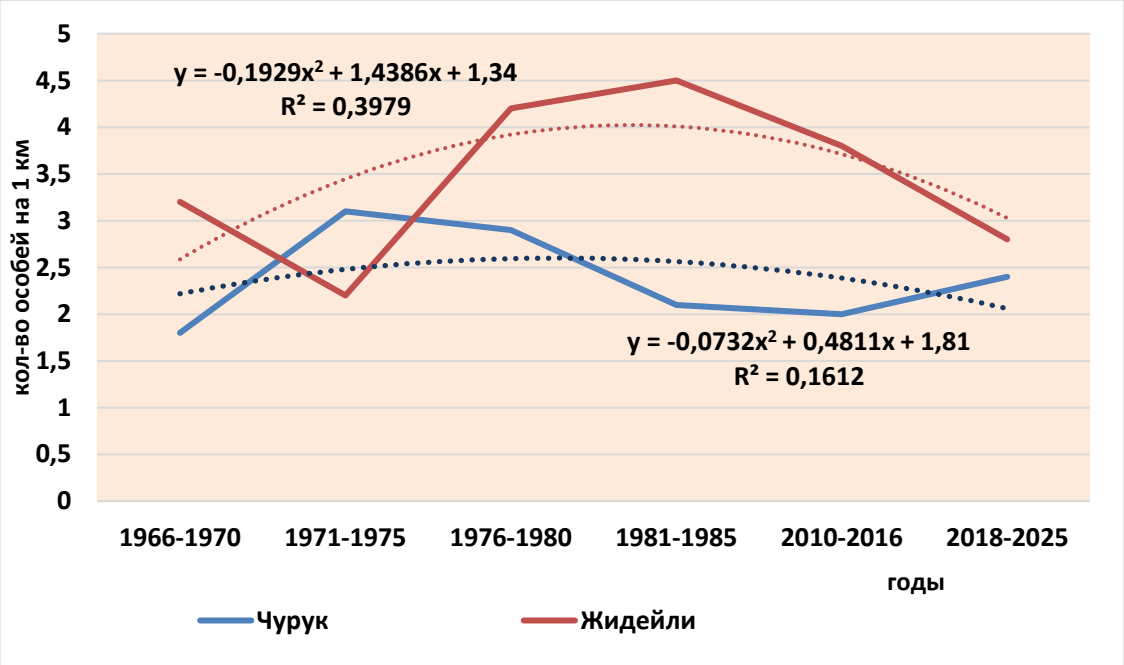


Рис. 5. Динамика численности популяции малого тушканчика на плато Устюрт (1966-2025 гг.)

Характерно резкое колебание численности по сезонам и годам в зависимости от климатических и кормовых условий, характера размножения и др. популяционных параметров. В благоприятные годы количество тушканчиков увеличивается в 2-3 раза. В период 1976-1985 гг. с бесснежной зимой и холодной весной на 1 км отмечено в среднем около 3 – 4 особей на 1 км. Проведенный анализ показал, что при учете обратных связей между плотностью популяции в весенний период амплитуда колебаний уменьшалась. При введении в статистическую модель показателей механизмов регуляции, изменяющихся демографических параметров (смертности и скорости полового созревания молодняка) колебания динамики численности сохранились, но амплитуда их также уменьшилась (рис.6).

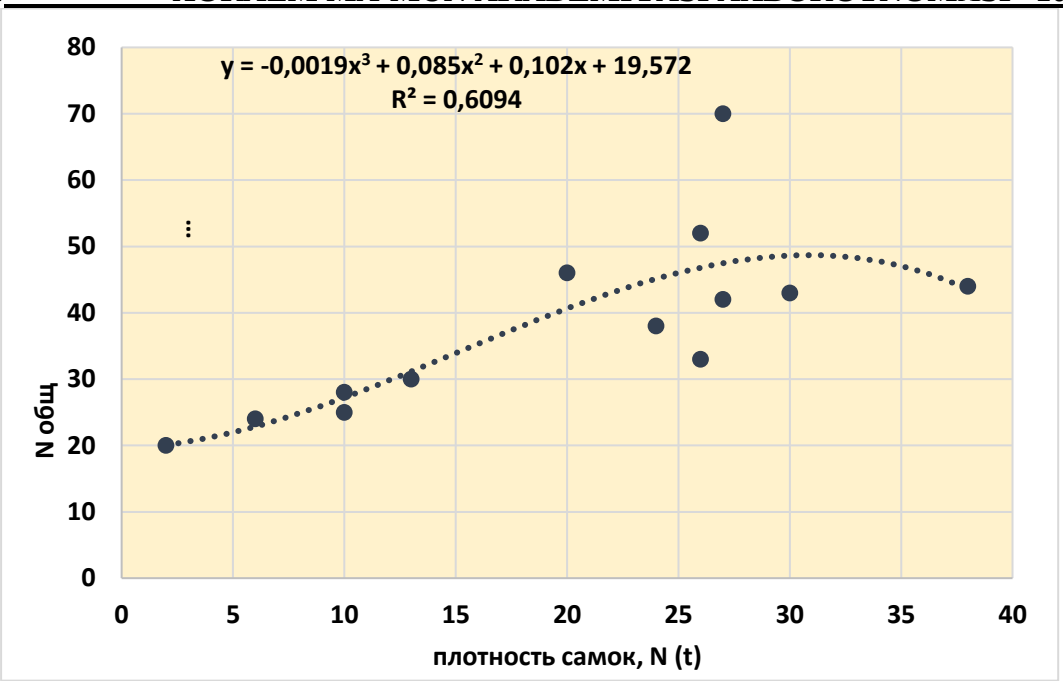


Рис. 6. Зависимость плотности популяции *Allactaga elater* от плотности самок, где от плотности зависят промежуток между пометами и скоростью созревания.

Статистический анализ дал возможность выявить ряд популяционных зависимостей, необходимых для построения имитационной модели популяции. Аппроксимация проводилась методом наименьших квадратов, незначимые члены отбрасывались. Для нелинейных зависимостей использовался коэффициент корреляции между расчетными и экспериментальными данными. Как показали расчеты особи старших возрастных групп, выходящие из спячки значительно раньше молодых и обычно составляющие небольшую часть популяции, характеризуются высокой плодовитостью, слабо зависящей от плотности всей популяции:

$$y = -0{,}0018x2 + 0{,}0356x + 95{,}419$$

где коэффициент $r^2 = 0{,}9782$

При этом коэффициент корреляции составил r=0,68. Последующий массовый выход молодняка значительно увеличивает активной части популяции, вызывает рост агрессивности зверьков и блокирует их спаривание [35, 27, 29]. Графики зависимости показал, что молодые и старые особи имеют различную зависимость плодовитости от плотности популяции.

Зависимость плодовитости от самок от плотности популяции имеет вид

$$y = -0{,}0067x2 - 0{,}0863x + 102{,}58$$

где коэффициент $r^2 = 0{,}9861$.

Отметим, что при учете возрастной структуры остаточные дисперсии различаются статистически незначимо. Возможно, что это связано с наличием не учтенных в настоящей работе факторов.

Таким образом, в рассматриваемых условиях, характеризующихся ограниченным запасом корма, весенняя численность малого суслика определяется урожаем растительности предыдущего года, которая формирует экологически благоприятную емкость среды обитания. Разработанный подход для оценки зависимости динамики численности популяций грызунов с кормовыми ресурсами среды и собственными параметрами популяции показал, что при высоком урожае кормовых ресурсов возможно появление циклических изменений численности популяции мелких млекопитающих.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аймуратов Р., Матекова Г., Пиржанова Р. Современное состояние растительного и животного мира Каракалпакской части Устюрта // Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов южного Приаралья.- Тез.докл. Междун. научн.-прак. конф.– Нукус, 2012. – С. 12.

2. Бердюгин К. И., Большаков В. Н. Млекопитающие в экологическом мониторинге // Методы экологического мониторинга: большой специальный практикум: Учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. 236 с.

3. Бигон М., Харпер Дж.,Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества.- М.: Мир, 1989.- Т. 2.- 477 с.

4. Большаков В.Н. Пути приспособления мелких млекопитающих к горным условиям.- М.: Наука, 1972.- 200 с.

5. Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г, Данилов В.А., Шадрин Д.Я., Величенко В.В. Сообщества мелких млекопитающих антропогенных ландшафтов Западной Якутии// Наука и образование. - 2005. - № 2 (вып. 38). - С. 47-52.

6. Гашев С. Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: ТюмГУ, 2000. 220 с.

7. Жигальский О.А. Анализ популяционной динамики мелких млекопитающих // Зоол. журн. 2002. Т. 81.- № 9. С. 1078–1106.

8. Жигальский О.А., Жокушева З.Г. Продуктивность мелких млекопитающих и их связь с растительным покровом // Аграрный вестник Урала.-2009.-№ 11(65). - С. 95-97.

9. Жигальский О.А. Экологические механизмы поддержания демографической и пространственной структуры популяций мелких млекопитающих // Экология. 2014. № 5. С. 393–396.

10. Кучерук В.В. Количественный учет важнейших видов вредных грызунов и землероек // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 9–46.

11.Литвинов Ю.Н., Абрамов С.А., Панов В.В. Значение популяционной динамики грызунов в формировании многолетней структуры сообществ // Экология. 2013. № 4. С. 300–309.

12. Лукьянова Л.Е. Мелкие млекопитающие в экологически дестабилизированной среде: последствия локальных природных катастроф // Автореф. дис. докт. биол. наук. - Екатеринбург: ИЭРиЖ, 2013. 42 с.

13. Мамбетуллаева С.М. Определение экологических критериев нормирования антропогенной нагрузки на фауну млекопитающих в низовьях Амударьи // Актуальные проблемы биологии, экологии и почвоведения. Матер. Респуб. науч.-прак. конф. Ташкент, 2008. – С. 85–87.

14. Павлинов И.М., Россолимо О.Л. Систематика млекопитающих СССР: дополнения М.: Изд-во МГУ, 1998 — 190 с.

15. Реймов А., Реймов Р., Терионаселение Южного Приаралья и сохранение его биоразнообразия // Вестник ККО АН РУз, 1997, №5, 19 с.

16. Реймов Р. Аральский кризис и изменения фауны млекопитающих Южного Приаралья // Вестник ККО АН РУз, 1993, №3, 3 с.

17. Реймов Р. Грызуны Южного Приаралья. Ташкент, изд-во ФАН УзССР, 1987, 124 с.

18. Реймов Р., Пиржанова Р., Тажимуратов П. Особенности фаунистического состава Центральной части каракалпакского Устюрта // Вестник ККО АН РУз, 2006, №1. 12 с.

19. Тупикова Н.В. Изучение размножения и возрастного состава популяций мелких млекопитающих // Методы изучения природных очагов болезней чело-

20. века. М.: Медицина, 1964. С. 154–191.

21. Getz L.L. Vole population fluctuations: why and when // Acta Theriol. Sinica. 2005. V. 25. P. 209–218.

22. Bekmuratova D.; Mambetullaeva S. Population dynamics analysis of small mammal species in anthropogenic pollution zones of Southern Aral Region // BIO Web of Conferences.- 2024 | Conference paper.- DOI: 10.1051/bioconf/202411603012.- EID: 2-s2.0-85198087271.- Part of ISSN: 21174458 22731709.

23. Krebs C.J. Population cycles revisited // J. Mam. 1996. V. 77. № 1. P. 8–24.

24. Otenova F.T.; Mambetullaeva S.M. Ecological assessment of soil salinization in the southern Aral Sea Region // BIO Web of Conferences.- 2024 | Conference paper.- DOI: 10.1051/bioconf/202410300027.- EID: 2-s2.0-85191426650.- Part of ISSN: 21174458 22731709.

25. Zhigal'skiĭ O.A.; Mambetullaeva S.M. Assessment of the effect of endogenous and exogenous factors on multiplication of productive populations of muskrats // Doklady Akademii nauk / [Rossiiskaia akademii nauk].- 1994 | Journal article.- EID: 2-s2.0-0028437360.- Part of ISSN: 08695652.

УДК 581.9:581.5

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ЭКОЛОГО-ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ И ПРИМОРСКОЙ ПОЛОСЫ ПЛАТО УСТЮРТ

Х.К. Матжанова, к.б.н., доц., зав.лаб. Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук Каракалпакского отделения АН РУз, Нукус

М.М. Орел, с.н.с., Каракалпакского научно-исследовательского института естественных наук Каракалпакского отделения АН РУз, Нукус

Annotatsiya. *Maqolada Janubiy Orolbo'yining noyob tabiiy-geografik hududi hamda cho'l-yaylov chorvachiligining asosiy bazasi hisoblangan Ustyurt platosi o'simlik qoplami bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Geobotanik va ekologik tadqiqot usullari asosida plato markaziy va dengizbo'yi qismlaridagi o'simliklarning ekologik tarqalish xususiyatlaridagi farqlar aniqlangan.*

Kalit so'zlar: *Ustyurt platosi, markaziy va dengizbo'yi qismi, o'simlik qoplami, gipsofitlar, galofitlar, psammofitlar.*

Аннотация. В *статье представлены результаты исследований растительности плато Устюрт — уникального природно-географического объекта Южного Приаралья, являющегося основной базой пустынно-пастбищного животноводства. На основе геоботанических и экологических методов выявлены различия экологической приуроченности растений центральной и приморской частей плато.*

Ключевые слова: *плато Устюрт, центральная и приморская часть, растительный покров, гипсофиты, галофиты, псаммофиты.*

Abstract. *This article presents the results of studies on the vegetation of the Ustyurt Plateau, a unique natural and geographical region of the Southern Aral Sea area and the main resource base for desert pastoral livestock farming. Using geobotanical and ecological research methods, differences in the ecological distribution of plant species between the central and coastal parts of the plateau were identified.*

Key words: *Ustyurt Plateau, central and coastal parts, vegetation cover, gypsophytes, halophytes, psammophytes.*

Введение. Республика Каракалпакстан занимает 40% площади Узбекистана. Включает пустынные (Кызылкум), платообразные (Устюрт), речно-дельтовые (низовья Амударьи) и приаральские (пустынья Аралкум) экосистемы. В связи с возрастающим антропогенным воздействием и изменением природно-климатических условий особую актуальность приобретают комплексные исследования экосистем Каракалпакского Устюрта.

Исследование растительного мира Каракалпакского Устюрта имеет большое значение для изучения процессов адаптации организмов к аридным условиям, оценки современного состояния экосистем и разработки эффективных мер по сохранению биологического разнообразия.

Каракалпакская часть плато Устюрт представляет собой уникальный природный регион, обладающий высоким биоразнообразием и значительной природоохранной ценностью. Несмотря на суровые климатические условия, территория отличается богатством флоры, многие представители которых являются редкими, эндемичными или занесены в Красную книгу. Здесь произрастают растения, приспособленные к экстремальным условиям пустынного климата, многие из которых имеют важное значение для поддержания экологического равновесия.

Плато Устюрт представляет собой возвышенную равнину с абсолютными высотами 160–300 м над уровнем моря, окружённое крутыми обрывами — чинками высотой 190–256 м. Общая площадь Устюрта составляет 21,2 млн га, из которых 7,2 млн. га приходятся на территорию Каракалпакстана [1: с.75-83]. Исследуемая территория является объектом

научного исследования благодаря уникальному сочетанию природных пастбищных экосистем. В настоящее время на нее оказывает значительное влияние усиливающаяся техногенная нагрузка, обусловленная освоением и эксплуатацией газовых месторождений.

В физико-географическом и ландшафтном отношении Каракалпакская часть плато Устюрт подразделяется на 4 основных района: северная часть, южная часть, центральная часть и приморская полоса [2. С.87-89]. Каждый из них характеризуется своеобразием рельефа, климатических условий и растительного покрова.

В рамках выполнения научного проекта «Исследование биоразнообразия современного состояния природной флоры Южного Приаралья и подбор нетрадиционных, соле- и засухоустойчивых растений для создания «зеленых поясов» были проведены исследования центральной и приморской полосы плато Устюрт. В 2026 году исследования, выполненные в рамках раздела «Биологический банк данных как основа предотвращения вторичного опустынивания и устойчивого использования биологических ресурсов центральной части и приморской полосы плато Устюрт», были направлены на изучение и сравнительного анализа растительного покрова указанных территорий.

Целью исследования являлось – изучение современного состояния растительного покрова центральной части и приморской полосы плато Устюрт, включая анализ флористического состава, спектра жизненных форм растений и выявление различий в составе растительных сообществ исследуемых территорий.

Материал и методика исследований. Полевыми исследованиями были охвачены территории центральной части плато Устюрт, а также его приморской полосы.

Центральная часть плато Устюрт располагается в пределах радиорелейных станций №17–№19 — от спуска Урга №1 до спуска Кабанбай. Имеет ориентировочные размеры шириной около 100 км и протяженностью около 97 км**.** Для данной территории, характерен преимущественно плоский равнинный рельеф с незначительным понижением поверхности в направлении с востока на запад.

Приморская полоса плато, шириной 12–18 км и протяжённостью около 240 км, приурочена к восточному чинку Устюрта и простирается от спуска к озеру Судочье до границы Республики Казахстан [2: с.87-89].

В качестве методологической основы исследования использованы традиционные геоботанические и экологические методы, изложенные в классических научных источниках и определителях флоры, в том числе в издании «Определитель высших растений Каракалпакии» [3, с. 304; 4, с. 215; 5, с. 214]. Видовая принадлежность растений определялась по базе данных POWO (Plants of the World Online).

Результаты и обсуждения. Центральная часть плато Устюрт, представляет собой преимущественно плоскую равнинную территорию с незначительным понижением рельефа в направлении с востока на запад. По литературным данным [2, с.87-89.] на центральной части плато Устюрт произрастало 62 вида высших растений.

Растительный покров **центральной части плато Устюрт** представлен преимущественно биюргуновыми сообществами (*Anabasis salsa* (Ledeb.) Benth. Ex Volken), которые занимают значительные площади и определяют характерный серовато-зеленый фон территории. Вместе с тем растительный покров отличается выраженной микрокомплексной структурой, обусловленной сочетанием различных растительных ассоциаций с участием биюргуна (*Anabasis salsa*), полыни белоземельной (*Artemisia terrae-alba* Krasch.), боялыча (*Oreosalsola arbusculiformis* (Drobov) Sennikov), черного саксаула (*Haloxylon ammodendron* (C.A.Mey) Bunge ex Fenzl) и других галофитно-ксерофитных видов. Такое сочетание определяет высокую пространственную неоднородность растительности и придает ей характерное флористическое и ценотическое своеобразие.

В результате проведённых авторами флористических обследований, в исследуемой части плато Устюрт выявлено 88 видов высших растений. По жизненным формам они распределяются следующим образом: 1 вид древесных растений, 6 видов кустарников, 8 видов полукустарников, 1 вид полукустарничков, 42 вида многолетних травянистых растений и 30

видов однолетних растений. Отмечено два эндемика плато Устюрт — *Lagochilus acutilobus* (Ledeb.) Fisch. & C.A.Mey. и *Phlomoides uralensis* Salmaki.

В связи с усилением аридизации и антропогенно-техногенного фактора в последние годы расширяется ареал низкопродуктивных малопоедаемых растений, таких как, биюргун (*Anabasis salsa*), климакоптеры (*Climacoptera lanata (*Pall.) Botsch., *C.brachiata* (Pall.) Akhani & Roalson) и однолетних солянок.

Приморская полоса плато Устюрт отличается разнообразным рельефом – широковолнистой равниной; плоской равниной с общим понижением поверхности с востока на запад. Под влиянием высыхания Аральского моря изменились ландшафтно-климатические факторы, поэтому изменился и флористический состав. По данным исследований Б.Сарыбаева и др. (2016) [6: с.40] в приморской полосе установлен всего 81 вид высших растений.

По результатам исследований, проведённых авторами в настоящее время, выявлено 113 видов высших растений. Установлены жизненные формы, и они распределяются следующим образом: древесных растений не обнаружено, 11 видов кустарников, 13 видов полукустарников, 3 вид полукустарничков, 44 вида многолетних травянистых растений и 42 видов однолетних растений.

Основную площадь приморской полосы плато Устюрт занимают сообщества с доминированием биюргуна (*Anabasis salsa*), полыней (*Artemisia* spp.) и боялыча (*Suaeda arbuscula*). Данные фитоценозы формируют основу растительного покрова исследуемой территории и характеризуются высокой степенью адаптации к засолённым гипсоносным почвам и аридным климатическим условиям.

Наряду с ними локальное распространение имеют кейреуковые сообщества с доминированием *Caroxylon orientale* (S.G.Gmel.) Tzvelev. Эти сообщества приурочены преимущественно к участкам с более лёгким механическим составом почв и занимают относительно небольшие по площади ареалы.

Характерной особенностью приморской полосы является расширение ареалов псаммо-галофильных видов, что обусловлено современными изменениями экологических условий, связанными с усыханием Аральского моря, перераспределением солевых отложений и формированием песчано-солончаковых субстратов. Наиболее широко представлены *Climacoptera brachiata, Eremopyrum orientale* и *Aeluropus littoralis*, которые успешно осваивают нарушенные местообитания и свидетельствуют о трансформации растительного покрова приморской зоны. Такие виды, как *Eremopyrum orientale* и *Aeluropus littoralis* также являются хорошим кормовыми растениями для отгонного животноводства.

Особую природоохранную ценность исследуемой территории определяет присутствие редких и охраняемых видов растений, занесённых в Красную книгу. В ходе исследований отмечены популяции *Tulipa borszczowii, T.buhseana, T.biflora* и *T.sogdiana*. Наличие данных видов свидетельствует о высокой флористической значимости приморской полосы плато Устюрт и подчёркивает необходимость сохранения её природных экосистем в условиях возрастающего антропогенного воздействия и продолжающейся трансформации природной среды.

Заключение. Результаты исследований показали, что растительный покров центральной части плато Устюрт испытывает значительное антропогенно-техногенное воздействие, связанное с развитием транспортной инфраструктуры и нефтегазового комплекса. Несмотря на это, отмечается увеличение видового разнообразия (вместо 62 – обнаружено 88) за счёт расширения ареалов представителей рода *Climacoptera* (*C. lanata, C. brachiata*) и ряда однолетних солянок, адаптированных к нарушенным и засолённым местообитаниям. Вместе с тем растительные сообщества центральной части плато характеризуются низкой кормовой продуктивностью. Особую природоохранную ценность территории определяет наличие эндемичных видов *Lagochilus acutilobus* и *Phlomoides uralensis*, сохранение которых имеет важное значение для поддержания биоразнообразия пустынных экосистем.

На приморской полосе плато Устюрт выявлено 113 видов высших сосудистых растений против ранее зарегистрированного 81 вида. Увеличение видового разнообразия, вероятно,

связано с отсутствием значительного антропогенного воздействия и заносом семенного материала с территории пустыни Аралкум. Выявление *Tulipa borszczowii*, *T. buhseana*, *T. biflora* и *T. sogdiana*, занесённых в Красную книгу, подтверждает высокую флористическую и природоохранную ценность приморской полосы, растения которой также отличаются более высокой кормовой ценностью.

Полученные результаты могут служить научной основой для разработки мер по охране растительного покрова, рациональному использованию природных ресурсов и сохранению биоразнообразия плато Устюрт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Шомуродов Х.Ф., Сарибаева Ш.У., Ахмедов А. Распространение и современное состояние редких видов растений на плато Устюрт в Узбекистане. Аридные экосистемы, 2015, том 21, №4 (65), с. 75-83.

2. Аимбетов Н.К.Тлеумуратова Б.С., Мамбетуллаева С.М. и др. Динамика и потенциал природной среды Каракалпакстана. Изд-во «Илим». 2017 г. 252 с. http://aknuk.uz/vestnik.html

3. Бондаренко О.Н. Определитель высших растений Каракалпакии. Изд.Наука УзССР. 1964. 304 с.

4. Коровина О.Н., Бахиев А.Б., Тажетдинов М.Т., Сарыбаев Б. иллюстрированный определитель высших растений Каракалпакии и Хорезма. Том.1. Ташкент, Фан, 1982. С.215.

5. Коровина О.Н., Бахиев А.Б., Тажетдинов М.Т., Сарыбаев Б. иллюстрированный определитель высших растений Каракалпакии и Хорезма. Том.2. Ташкент, Фан, 1983. С.214.

6. Сарыбаев Б.С., Аймуратов Р.П., Пиржанова Р.К. Сезонная смена аспектов фитоценозов приморской полосы на Узбекской (Каракалпакстана) части плато Устюрта. Тез.докл.VI Междунар.научн-практ.конф. «Проблемы рационального использования и охрана биологических ресурсов Южного Приаралья». – 2016. –С.40.

7. Plants of the World Online / Royal Botanic Gardens, Kew. – URL: https://powo.science.kew.org/ (дата обращения: 20.07.2026).

УДК: 598.1:574.2:656.1(575.1)

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ СМЕРТНОСТИ ПРЕСМЫКАЮЩИХСЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО УЗБЕКИСТАНА

Х.А. Нурмаматова, базовый докторант, Институт зоологии АН РУз, Ташкент
Б.Н. Ганиев, м.н.с., Институт зоологии АН РУз, Ташкент
Е.А. Быкова, к.б.н., заведующая лабораторией, Институт зоологии АН РУз, Ташкент

Annotatsiya. *Markaziy O'zbekiston cho'l hududlaridagi avtomobil yo'llarida sudralib yuruvchilarning nobud bo'lishi, dominant turlar va unga ta'sir etuvchi biologik hamda ekologik omillar o'rganildi. Monitoring davomida 8 turga mansub 102 ta individ qayd etildi; Testudo horsfieldii, Trapelus sanguinolentus va Varanus caspius barcha topilmalarning 92 %ini tashkil etdi. Natijalar transport infratuzilmasining cho'l ekotizimlariga ta'sirini baholash va muhofaza choralarini ishlab chiqish uchun ilmiy asos bo'ladi.*

Kalit so'zlar: *yo'llarda nobud bo'lish, sudralib yuruvchilar, Testudo horsfieldii, Trapelus sanguinolentus, Varanus caspius, cho'l ekotizimi, biologik xilma-xillik, Markaziy O'zbekiston.*

Аннотация. *Изучены видовой состав, доминирующие виды, биологические и экологические факторы гибели пресмыкающихся на автомобильных дорогах пустынных районов Центрального Узбекистана. Зарегистрировано 102 особи 8 видов; по уровню дорожной смертности доминировали Testudo horsfieldii, Trapelus sanguinolentus и Varanus caspius (92 % находок). Результаты служат основой для оценки влияния дорожной инфраструктуры на рептилий и разработки природоохранных мер.*

Ключевые слова: *дорожная смертность, пресмыкающиеся, Testudo horsfieldii, Trapelus sanguinolentus, Varanus caspius, пустынная экосистема, биоразнообразие, Центральный Узбекистан.*

Abstract. *This study examined the species composition, dominant species, and biological and ecological factors of reptile road mortality on highways in the desert regions of Central Uzbekistan. Over the monitoring period, 8 species and 102 individuals were recorded; Testudo horsfieldii, Trapelus sanguinolentus, and Varanus caspius dominated, accounting for 92% of records. The results provide a scientific basis for assessing the impact of transport infrastructure on desert reptiles and for developing conservation measures.*

Key words: *road mortality, reptiles, Testudo horsfieldii, Trapelus sanguinolentus, Varanus caspius, desert ecosystem, biodiversity, Central Uzbekistan.*

1. Введение. В последние десятилетия развитие дорожно-транспортной инфраструктуры стало одним из основных факторов антропогенного воздействия на природные экосистемы. Автомобильные дороги фрагментируют естественные ландшафты, нарушают миграционные пути животных, ограничивают поток генов между популяциями и вызывают гибель диких животных при столкновениях с транспортными средствами [1–3]. Согласно Классификации угроз Международного союза охраны природы (IUCN Threats Classification Scheme, версия 3.3), автомобильные и железные дороги отнесены к категории 4.1 «Roads and railroads» и рассматриваются как один из основных антропогенных факторов, негативно влияющих на биологическое разнообразие [4].

Пресмыкающиеся — одна из наиболее уязвимых к воздействию автомобильных дорог групп позвоночных, что обусловлено их эктотермией, сезонной активностью и особенностями использования местообитаний. Однако подавляющее большинство исследований выполнено в тропических, субтропических и умеренных климатических зонах, тогда как в Узбекистане работы, посвящённые гибели пресмыкающихся на автомобильных дорогах, крайне ограничены. Вследствие этого видовой состав, экологические факторы и пространственные закономерности дорожной смертности пресмыкающихся в пустынных районах Центрального Узбекистана до настоящего времени комплексно не изучены.

Пустыня Кызылкум — одна из крупнейших пустынных экосистем Палеарктики и важный центр разнообразия пресмыкающихся. В последние годы расширение транспортной инфраструктуры сопровождается всё более интенсивным пересечением естественных местообитаний, однако влияние этого процесса на популяции пресмыкающихся практически не изучено. Целью настоящего исследования являлась оценка видового состава пресмыкающихся, погибающих на автомобильных дорогах, пересекающих пустынные экосистемы Центрального Узбекистана, уровня их смертности, а также анализ биологических и экологических факторов, определяющих её.

2. Обзор литературы и методология. За последние два десятилетия исследования гибели диких животных на автомобильных дорогах стали важным направлением сохранения биологического разнообразия. Первоначально основное внимание уделялось фрагментации ландшафтов, изоляции популяций и смертности крупных млекопитающих [1, 2, 5], а впоследствии объектами исследований стали также земноводные, птицы и пресмыкающиеся [6, 7].

Пресмыкающиеся относятся к числу наиболее уязвимых групп позвоночных: уровень их дорожной смертности тесно связан с интенсивностью транспортного потока, характеристиками местообитаний, сезонной активностью и структурой ландшафта. В южной Бразилии установлено увеличение числа случаев гибели рептилий в летний период [8], в Канаде выявлена их тесная связь с водоёмами [9], а в Греции обнаружены пространственные «горячие точки» дорожной смертности [10]. Rahhal и соавт. (2023) показали, что тип питания, особенности размножения и размеры тела пресмыкающихся Бразилии существенно влияют на риск их гибели на дорогах [11].

Мониторинг проводился в разное время суток: утром (04:00–11:00), днём (11:00–19:00) и ночью (19:00–02:00). Ночные наблюдения выполнялись 2–3 апреля и 24–25 мая в свете фар автомобиля. Фиксировали погибших особей, находившихся на дорожном полотне и обочине. Для каждого случая регистрировали дату наблюдения, номер автомобильной дороги, географические координаты, видовую принадлежность, состояние особи (живая или погибшая), а также примечания о техническом состоянии дороги, погоде и условиях наблюдений. Экземпляры, не поддававшиеся точной видовой идентификации вследствие сильных механических повреждений, учитывались как неопределённые.

Координаты каждой особи фиксировали с помощью программы Locus Map. При повторных обследованиях все ранее отмеченные точки перепроверялись: если погибшая особь

оставалась на прежнем месте, повторно она не учитывалась. Погибших животных с проезжей части не удаляли, что позволило оценить продолжительность сохранности трупов при последующих обследованиях.

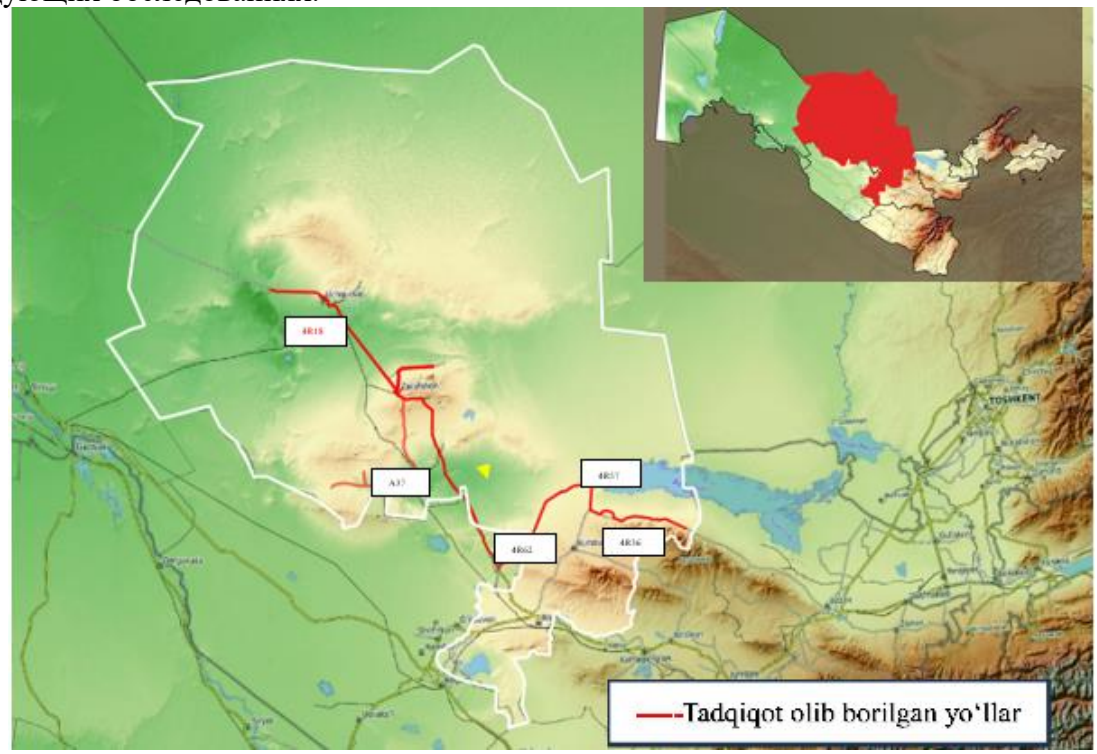


Рис. 1. Район исследования (красным цветом показаны дороги, на которых проводились учеты гибели пресмыкающихся)

Относительную долю каждого вида (%) рассчитывали от общего числа зарегистрированных погибших пресмыкающихся. Число погибших особей сравнивали между автомобильными дорогами и определяли доминирующие виды; степень доминирования оценивали по индексу Бергера — Паркера.

3. Результаты. Мониторинг проводился с конца февраля по конец июня 2026 г. В первой декаде марта дорожная смертность пресмыкающихся оставалась сравнительно низкой, однако с последней декады марта её уровень резко возрос; максимальное число случаев зарегистрировано в апреле и мае. В июне смертность сохранялась, но у ряда видов частота встречаемости снизилась.

На автомобильных дорогах зарегистрировано 8 видов пресмыкающихся, всего учтено 102 особи, что составило 26 % от общего числа зарегистрированных позвоночных животных. Выявленные виды относились к семи семействам: Testudinidae, Agamidae, Varanidae, Boidae, Colubridae, Gekkonidae и Psammophiidae (рис. 2). Три вида — *Testudo horsfieldii*, *Varanus caspius* и *Eryx miliaris* — внесены в Красную книгу Республики Узбекистан [18], а среднеазиатская черепаха включена в Красный список МСОП со статусом VU (уязвимый вид) [19].

Три доминирующих вида — *Testudo horsfieldii*, *Trapelus sanguinolentus* и *Varanus caspius* — составили 92 % всех зарегистрированных пресмыкающихся. Наиболее многочисленным был *T. horsfieldii* (41 особь, 40,2 %), вторым — *T. sanguinolentus* (34 особи, 33,3 %), третьим — *V. caspius* (19 особей, 18,6 %), отмеченный на большинстве обследованных дорог. Остальные виды встречались значительно реже: доля каждого из них в общей структуре дорожной смертности составляла 1–4 %. Значение индекса доминирования Бергера — Паркера равнялось 0,40, то есть 40 % всех зарегистрированных случаев приходилось на один вид — *T. horsfieldii*. Возраст удалось определить у 26 из 41 погибшей черепахи: 20 особей (48,8 %) были взрослыми, 6 (14,6 %) — молодыми; у 15 особей (36,6 %) возраст установить не удалось из-за сохранившихся отдельных остатков.

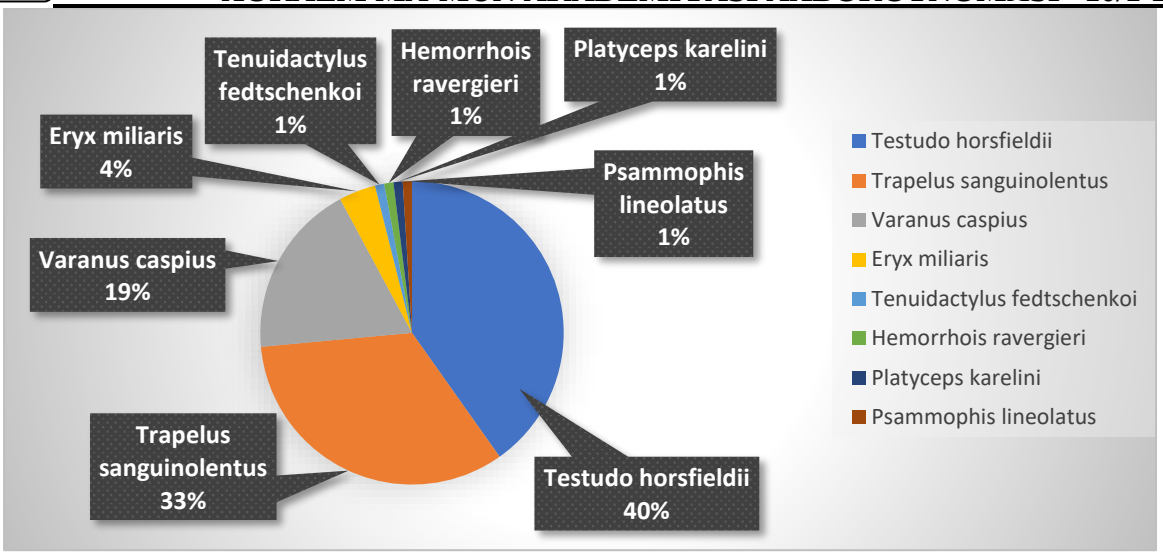


Рис. 2. Видовой состав пресмыкающихся, зарегистрированных на автомобильных дорогах.

Распределение погибших особей по автомобильным дорогам оказалось неравномерным (рис. 3).

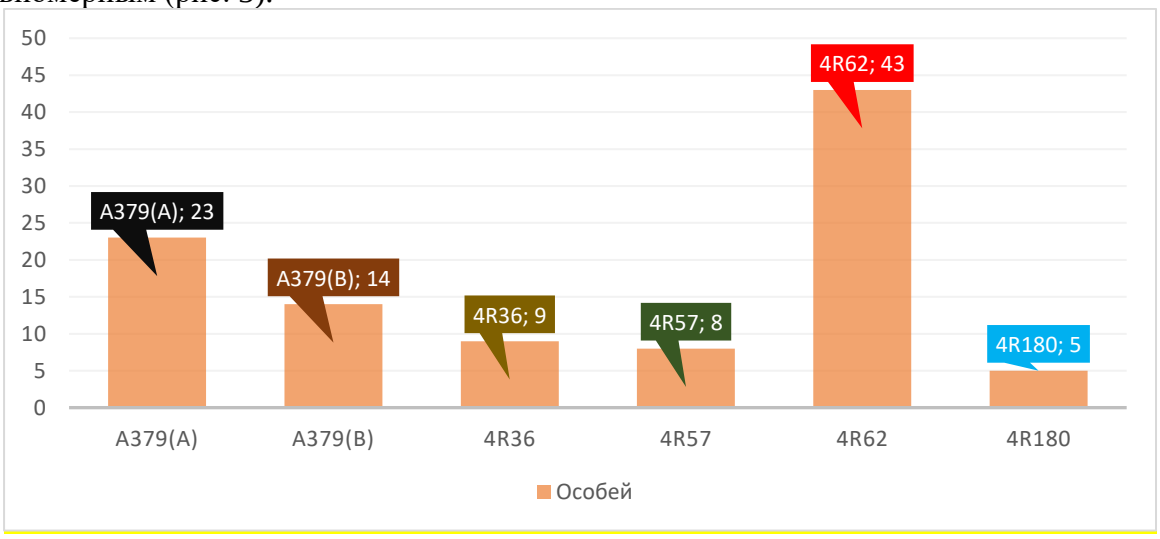


Рис. 3. Число зарегистрированных пресмыкающихся на различных автомобильных дорогах.

Наибольшее количество случаев зарегистрировано на трассе 4R62 — 42 % всех погибших пресмыкающихся. Второе место заняла дорога A379 (участки A и B) — 36,3 % регистраций. На дорогах 4R36, 4R57 и 4R180 число зарегистрированных особей было значительно ниже. Общей особенностью всех участков является прохождение через преимущественно пустынные биотопы с разреженным растительным покровом, открытыми участками грунта и отсутствием выраженных барьеров, препятствующих перемещению животных через дорожное полотно.

Распределение доминирующих видов также различалось между дорогами. *T. horsfieldii* чаще регистрировалась на 4R62, что, вероятно, отражает биотопическое распределение вида: по данным Т. В. Абдураупова и соавт., плотность *T. horsfieldii* в Центральном Кызылкуме варьирует от 0,056 ос./га на бугристо-грядовых песках до 22,5 ос./га на эоловых равнинах с псаммофитно-кустарниково-полынными пустынями [20]. *T. sanguinolentus* наиболее часто отмечалась на участках 4R36 и 4R62, а *V. caspius* был зарегистрирован практически на всех обследованных дорогах, что свидетельствует о более широком пространственном распространении этого вида.

Анализ по экологическим группам показал, что на долю растительноядных видов пришлось 40,2 % всех случаев дорожной смертности, насекомоядных — 33,3 %, хищных — 26,5 %. Большинство погибших рептилий составляли дневные виды открытых пустынных ландшафтов; на долю видов с ночной активностью или скрытным образом жизни, таких как

Eryx miliaris, пришлось всего 4 %. Среди погибших преобладали виды среднего и крупного размера, мелкие отмечались значительно реже.

4. Обсуждение. Полученные результаты показывают, что дорожная смертность пресмыкающихся распределена между видами неравномерно и не является случайным явлением: она тесно связана с экологическими особенностями видов, их сезонной активностью и стратегией использования местообитаний. Общим для трёх доминирующих видов является термический фактор: асфальтовое покрытие нагревается значительно быстрее окружающего грунта (в весенне-летний период температура его поверхности может достигать +45–50 °C [12]), и эктотермные рептилии используют дорожное полотно для терморегуляции, что повышает риск столкновений. Основная часть случаев гибели пришлась на весну и начало лета, что соответствует биологическому циклу этих видов.

Testudo horsfieldii оказалась наиболее уязвимым видом к воздействию автомобильных дорог в пустынях Центрального Узбекистана. Весной, после выхода из зимней спячки, черепахи вступают в период интенсивного питания, спаривания, откладки яиц и расселения молодых особей, что сопровождается резким ростом их двигательной активности; низкая скорость передвижения увеличивает время пересечения дороги и, соответственно, риск столкновения. Зарубежные исследования также показывают, что сухопутные черепахи относятся к числу наиболее уязвимых пресмыкающихся: Jones и соавт. (2024) установили преобладание самок среди погибших в период откладки яиц [9], Kouris и соавт. (2024) выявили резкий рост гибели в период репродуктивных миграций [10], а Gonçalves и соавт. (2018) показали, что черепахи составляют значительную долю погибших на дорогах рептилий [8]. Однако в этих регионах пересечение дорог связано главным образом с водоёмами и влажными местообитаниями, тогда как в пустынях Центрального Узбекистана высокая смертность *T. horsfieldii* обусловлена весенней репродуктивной активностью и потребностью в терморегуляции. Это указывает на существенные отличия механизмов формирования дорожной смертности в аридных экосистемах.

Trapelus sanguinolentus стал вторым по числу случаев дорожной смертности видом (34 особи). Это дневная эктотермная ящерица, которая в весенне-летний период проводит значительную часть времени на нагретом дорожном полотне; кроме того, будучи насекомоядным видом, она выходит на проезжую часть при скоплении насекомых на обочинах и поверхности дорог. Результаты согласуются с выводами Rahhal и соавт. (2023) о наибольшей подверженности дорожной смертности дневных ящериц открытых ландшафтов, а также с данными Gonçalves и соавт. (2018) и Tres и соавт. (2024) о росте гибели агамовых ящериц в весенне-летний период [8, 11, 21]. В пустынях Центрального Узбекистана эта закономерность, по-видимому, обусловлена сочетанием термических свойств асфальта и пространственного распределения кормовых ресурсов.

Varanus caspius занял третье место (19 особей). В отличие от других видов, его гибель в большей степени связана с использованием обширных индивидуальных участков, активным хищническим образом жизни и распределением кормовой базы. Нуриджанов (2008) показал, что большинство случаев гибели серого варана на дорогах Кызылкума связано с расположением вдоль трасс колоний большой песчанки (*Rhombomys opimus*) — основного объекта питания варана и источника убежищ [12]. По данным последующих исследований с использованием GPS-телеметрии, отдельные особи за короткое время преодолевают расстояния в несколько сотен метров и неоднократно возвращаются к одним и тем же колониям, что повышает риск столкновений на участках дорог, пересекающих поселения этих грызунов [13]. Основная часть погибших *V. caspius* в нашем исследовании также зарегистрирована в мае–июне, что подтверждает роль терморегуляции. Наши результаты согласуются с данными Rahhal и соавт. (2023) о наибольшей подверженности дорожной смертности рептилий с крупными размерами тела, высокой подвижностью и широкой экологической амплитудой [11]. Если в исследованных зарубежных регионах ведущую роль играют структура ландшафта и перемещения между типами местообитаний, то в пустынях

Центральной Азии определяющими являются распределение кормовой базы, высокие температуры и особенности терморегуляции.

Низкая доля *Tenuidactylus fedtschenkoi* и *Eryx miliaris* обусловлена, вероятно, биологическими особенностями этих видов и низкой вероятностью обнаружения из-за небольших размеров тела. Международные исследования показывают, что мелкие жертвы значительно чаще остаются незамеченными: туши размером меньше восточной серой белки (*Sciurus carolinensis*) пропускались наблюдателями достоверно чаще [22], а вероятность обнаружения тушек массой менее 100 г была ниже, чем более крупных животных [23]. Кроме того, часть погибших особей мелких видов могла остаться незарегистрированной вследствие быстрого разрушения трупов транспортом, заноса песком, сноса ветром или поедания падальщиками [11, 17, 24]. Следовательно, малая доля мелких видов в наших данных может отчасти отражать методологическую недообнаруживаемость, а не только их фактически низкую смертность.

Дорожная смертность — дополнительный антропогенный фактор, негативно влияющий на популяции редких видов *T. horsfieldii* и *V. caspius*. Результаты мониторинга могут служить научной основой для установки сезонных предупреждающих знаков, регулирования скоростного режима на участках повышенного риска и последующего проектирования сооружений для безопасного перехода животных через автомобильные дороги. Вместе с тем до внедрения таких мер необходимы многолетний мониторинг и GIS-анализ пространственных «горячих точек» дорожной смертности для оценки их эффективности.

5. Заключение. Настоящее исследование является одной из первых систематических оценок дорожной смертности пресмыкающихся на автомобильных дорогах пустынных районов Центрального Узбекистана. Зарегистрировано 102 особи 8 видов; на *Testudo horsfieldii, Trapelus sanguinolentus* и *Varanus caspius* пришлось 92 % всех случаев.

Дорожная смертность пресмыкающихся не является случайным явлением и определяется их биологическими и экологическими особенностями: сезонной активностью в весенний период, терморегуляцией, поиском кормовых ресурсов и перемещениями, связанными с размножением. Концентрация случаев гибели на отдельных участках дорог указывает на необходимость выявления зон повышенного риска и разработки научно обоснованных мер по снижению негативного воздействия транспортной инфраструктуры на популяции пресмыкающихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Forman R. T. T., Alexander L. E. Roads and their major ecological effects // Annual Review of Ecology and Systematics. – 1998. – Vol. 29. – P. 207–231. – DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207.

2. Forman R. T. T., Sperling D., Bissonette J. A., Clevenger A. P., Cutshall C. D., Dale V. H., Fahrig L., France R., Goldman C. R., Heanue K., Jones J. A., Swanson F. J., Turrentine T., Winter T. C. Road Ecology: Science and Solutions. – Washington: Island Press, 2003. – 481 p.

3. Холбаев Ф. Р. О гибели позвоночных животных на автомагистралях, находящихся в пустынной зоне // Роль экологического пространства в обеспечении функционирования живых систем: матер. 1-й междунар. науч.-практ. конф. – Елец, 2005. – С. 38–40.

4. IUCN. IUCN Threats Classification Scheme (Version 3.3). – International Union for Conservation of Nature, 2025. – URL: https://www.iucnredlist.org/resources/threat-classification-scheme (дата обращения: 21.09.2026).

5. Coffin A. W. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads // Journal of Transport Geography. – 2007. – Vol. 15, No. 5. – P. 396–406. – DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006.

6. Andrews K. M., Gibbons J. W., Jochimsen D. M. Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: A literature review // Urban Herpetology / eds. J. C. Mitchell, R. E. Jung Brown, B. Bartholomew. – Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 2008. – P. 121–143.

7. Baxter-Gilbert J. H., Riley J. L., Neufeld C. J. H., Litzgus J. D., Lesbarrères D. Road mortality potentially responsible for billions of vertebrate deaths every year // Journal of Wildlife Management. – 2015. – Vol. 79, No. 1. – P. 30–38. – DOI: 10.1002/jwmg.835.

8. Gonçalves L. O., Alvares D., Teixeira F., Schuck G., Coelho I. P., Esperandio I. B., Anza J., Beduschi J., Bastazini V. A., Kindel A. Reptile road-kills in southern Brazil: Composition, hot moments and hotspots // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 615. – P. 1438–1445. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.09.053.

9. Jones J. D., Urquhart O., Garrah E., Eberhardt E., Danby R. K. Patterns and drivers of amphibian and reptile road mortality vary among species and across scales: Evidence from eastern Ontario, Canada // Global Ecology and Conservation. – 2024. – Vol. 56. – e02855. – DOI: 10.1016/j.gecco.2024.e02855.

10. Kouris A. D., Christopoulos A., Vlachopoulos K., Christopoulou A., Dimitrakopoulos P., Zevgolis Y. Spatiotemporal patterns of reptile and amphibian road fatalities in a Natura 2000 area: A 12-year monitoring of the Lake Karla Mediterranean wetland // Animals. – 2024. – Vol. 14, No. 5. – Art. 708. – DOI: 10.3390/ani14050708.

11. Rahhal N. D. F., Pinto F. A. S., Medrano-Vizcaíno P., Francisco C. N., Bruno S. F. Assessing Brazilian reptiles' road-kill risks using trait-based models // Austral Ecology. – 2023. – Vol. 48, No. 7. – P. 1276–1290. – DOI: 10.1111/aec.13383.

12. Нуриджанов Д. А. Гибель серого варана (Varanus caspius) на автодорогах Кызылкумов // Труды заповедников Узбекистана. – 2008. – Вып. 6. – С. 209–211.

13. Nuridjanov D. A., Chirikova M. A., Pestov M. V., Zima Yu. A. New information on the state of the population of the Central Asian desert monitor Varanus caspius caspius (Eichwald, 1831) in Uzbekistan // Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference "Modern Problems of Conservation of Rare, Endangered and Little-Known Animals of Uzbekistan". – Tashkent, 2016. – P. 16.

14. Быкова Е. А., Есипов А. В. Гибель позвоночных животных на автодорогах в Узбекистане // Zoologiya fanining dolzarb muammolari: матер. науч. конф. – Ташкент, 2009. – С. 5–6.

15. Гашев С. Н., Быкова Е. А., Скворцова Ю. А., Есипов А. В. Гибель позвоночных животных на автодорогах в разных географических условиях // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2009. – Т. 114, вып. 3, приложение I, ч. I. – С. 193–198.

16. Nurmamatova H. A., Ganiyev B. N., Bykova Ye. A. Impact of road kill on vertebrate animals in Navoiy region // Xorazm Ma'mun akademiyasi axborotnomasi. – 2025. – № 11/1 (132). – P. 94–102.

17. Нурмаматова Х. А., Ганиев Б. Н., Быкова Е. А. Ошибки обнаружения при учёте животных, погибших на дорогах: экспериментальная оценка // Ўзбекистон зоология фани: ҳозирги замон муаммолари ва ривожланиш истиқболлари: матер. VIII Респ. науч.-практ. конф. – Ташкент, 2026. – С. 287–290.

18. Министерство экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан. Красная книга Республики Узбекистан. Том II. Животные. – Ташкент: Chinor ENK, 2019. – 374 с.

19. IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2026-1. – 2026. – URL: https://www.iucnredlist.org (дата обращения: 24.07.2026).

20. Абдураупов Т. В., Грицына М. А., Тен А. Г., Солдатов В. А. Результаты учета среднеазиатской черепахи Testudo (Agrionemys) horsfieldii в Центральном Кызылкуме в 2018 г. // Ўзбекистон зоология фани: ҳозирги замон муаммолари ва ривожланиш истиқболлари: матер. Респ. науч.-практ. конф. – Ташкент, 2019. – С. 251–253.

21. Tres G. Z., Pacheco T. D., Cardozo Silva V. G., Carniel Wagner P. G., Nisa-Castro-Neto W., Cruz C. E. F. The impact of RS–040 highway on wildlife roadkill patterns, Porto Alegre, Southern Brazil // Ethnobiology and Conservation. – 2024. – DOI: 10.15451/ec2024-01-13.01-1-16.

22. Ogletree K. A., Mead A. J. What roadkills did we miss in a driving survey? A comparison of driving and walking surveys in Baldwin County, Georgia // Georgia Journal of Science. – 2020. – Vol. 78, No. 2. – P. 1–10. – URL: https://digitalcommons.gaacademy.org/gjs/vol78/iss2/8.

23. Santos R. A. L., Santos S. M., Santos-Reis M., Picanço de Figueiredo A., Bager A., Aguiar L. M. S., Ascensão F. Carcass persistence and detectability: Reducing the uncertainty surrounding wildlife-vehicle collision surveys // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11, No. 11. – e0165608. – DOI: 10.1371/journal.pone.0165608.

24. Winton S. A., Taylor R., Bishop C. A., Larsen K. W. Estimating actual versus detected road mortality rates for a northern viper // Global Ecology and Conservation. – 2018. – Vol. 16. – Art. e00476. – DOI: 10.1016/j.gecco.2018.e00476.

УДК: 616.379-008.64:57.084.1

ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У КРЫС ПРИ АЛЛОКСАН-ИНДУЦИРОВАННОМ САХАРНОМ ДИАБЕТЕ

Л.Г. Олимова, докторант, Национальный Университет Узбекистана, Ташкент
Г.Б. Ахмедова, к.б.н., доц., Национальный университет Узбекистана, Ташкент
Б. Зарипов, д.б.н., проф., акад., Национальный университет Узбекистана, Ташкент
Ш.П. Ботиров, научный исследователь, Национальный университет Узбекистана, Ташкент

Annotatsiya. *Qandli diabet (QD) zamonaviy sog'liqni saqlashning eng dolzarb muammolaridan biri bo'lib qolmoqda, biroq jinsning kasallik kechishiga ta'siri hozirgacha yetarlicha o'rganilmagan va buni faqat gormonal farqlar bilan izohlab bo'lmaydi. Mazkur tadqiqotda eksperimental diabet modelida erkak va urg'ochi kalamushlarning biokimyoviy hamda gematologik ko'rsatkichlari qiyosiy tahlil qilindi va kasallik rivojlanishida bir qator jinsga xos xususiyatlar*

aniqlandi, bu esa kelajakda kasallikni korreksiyalashning individuallashtirilgan yondashuvlarini ishlab chiqish uchun asos bo'lishi mumkin.

Kalit so'zlar: *qandli diabet, alloksan, β-hujayralar, biokimyoviy ko'rsatkichlar.*

Аннотация. *Сахарный диабет (СД) занимает одно из центральных мест среди актуальных проблем здравохранения, однако то, как пол влияет на течение болезни, до сих пор остаётся во многом неясным — и списать это только на гормональные различия нельзя. Мы сравнили биохимические и гематологические показатели у самцов и самок крыс с экспериментальным диабетом и обнаружили ряд половых особенностей в развитии заболевания, что может послужить основой для более персонализированных подходов к его коррекции.*

Ключевые слова: *сахарный диабет, аллоксан, β-клетки, биохимические показатели.*

Abstract. *Diabetes mellitus (DM) remains one of the central challenges in contemporary healthcare, yet the influence of sex on disease progression is still poorly understood and cannot be attributed to hormonal differences alone. In this study, we compared biochemical and hematological parameters between male and female rats with experimental diabetes and identified several sex-specific features in disease development, which may provide a basis for more personalized approaches to its management.*

Key words: *diabetes mellitus, alloxan, β-cells, biochemical parameters.*

Введение. СД остаётся одной из самых обсуждаемых тем современной эндокринологии из-за степени распространенности и стремительной скорости, с которой заболеваемость продолжает расти. По данным 11-го издания Атласа Международной диабетической федерации (IDF Diabetes Atlas, 2025), в 2024 году сахарным диабетом страдали 589 миллионов взрослых в возрасте 20–79 лет, что составило 11,11% населения этой возрастной группы, а к 2050 году данный показатель, по прогнозам, превысит 853 миллиона человек (12,96%) — рост, значительно опережающий темпы увеличения населения планеты.

Клинические наблюдения давно показывают, что в разных полах диабет развивается, протекает и осложняется по-разному, а объяснить эти различия одной лишь гормональным механизмом уже недостаточно [11]. В экспериментах прослеживается что у лабораторных крыс-самцов аллоксановый диабет, как правило, развивается быстрее и протекает тяжелее, тогда как самки дольше сохраняют относительность [14].

Модель аллоксан-индуцированного диабета — остаётся удобным и воспроизводимым инструментом изучения повреждения β-клеток поджелудочной железы и последующих метаболических сдвигов [6], обеспечивая лёгкость к изучению и новых более эффективных методов коррекции данного заболевания. Развитие СД сопровождается выраженными изменениями биохимического профиля крови, отражающими нарушения углеводного, белкового и липидного обмена. На фоне стойкой гипергликемии изменяются концентрации общего белка, активности печеночных ферментов, липидного спектра, что свидетельствует о вовлечении в патологический процесс различных органов и систем организма. По мере прогрессирования заболевания формируются системные осложнения, обусловленные окислительным стрессом, хроническим воспалением и микро- и макрососудистыми нарушениями, что подчеркивает необходимость комплексной оценки как биохимических показателей при экспериментальном моделировании СД [2, 7].

Работы последних лет указывают что половые гормоны не просто модулируют фон, на котором разворачивается диабет, а напрямую участвуют в регуляции углеводного и липидного обмена, чувствительности тканей к инсулину и функциональной сохранности панкреатических островков. Так, на модели стрептозотоцин-индуцированного диабета у мышей показано, что интактные самки переносят индукцию гипергликемии заметно легче самцов, так как эстрогены на инсулиновую секрецию и функцию β-клеток влияют хорошо [13].

Несмотря на имеющиеся данные о влиянии пола на течение сахарного диабета, сравнительная комплексная оценка гематологических и биохимических изменений у самцов и самок при аллоксан-индуцированном сахарном диабете изучена недостаточно. Большинство

опубликованных исследований посвящено отдельным метаболическим показателям, тогда как комплексный анализ системных изменений, обусловленных полом животных, представлен ограниченно. Это определяет необходимость дальнейших экспериментальных исследований в данном направлении.

Научной новизной исследования является получение новых данных сравнительной оценки гематологических и биохимических показателей у самцов и самок лабораторных крыс в условиях аллоксан-индуцированного СД. В результате выявлены специфические, зависящие от пола, особенности метаболических и гематологических изменений при развитии заболевания, для доказательства необходимости учёта пола животных при планировании и интерпретации результатов экспериментальных исследований.

Целью настоящего исследования стало сравнительное изучение половых особенностей гематологических и биохимических показателей крови у крыс-самцов и самок в условиях аллоксан-индуцированного сахарного диабета.

Материалы и методы. Экспериментальная часть работы выполнена на 20 половозрелых самках и самцах беспородных крыс массой тела от 180 до 220 г. Исследование включало следующие экспериментальные группы (n=5): самцы – здоровые, самки – здоровые, самцы – диабет, самки – диабет (n=5).

До начала эксперимента лабораторные животные приспобились в течении недели к условиям виварии. После суточного голодания измерили уровень глюкозы крови глюкозооксидазным методом с использованием глюкометра Contour Plus Ascensia Diabetes Care (Республика Индонезия). Раствор аллоксан моногидрата для индукции диабета готовили путём растворения в дозе 17 мг/г аллоксана в 1 мл физиологического раствора (0,9% NaCl). Вводили трёхкратно избегая гибель животных [1]. После трёхкратного введения аллоксана в клетки животных установили поилки с 5%-ным раствором глюкозы для предотвращения гипогликемии, которая может развиться на фоне действия аллоксана. Через 72 часа проводили повторное измерение уровня глюкозы крови, чтобы подтвердить факт развития стойкой гипергликемии у животных.

По окончании экспериментального периода производили забор образцов крови для биохимического и гематологического анализа.

Для гематологического анализа использовали автоматический анализатор Dymind DF50, Китай. Кровь для данного анализа брали из десны крыс в пробирку с гепарином для предотвращения образования сгустка.

При биохимическом анализе полученные образцы крови оставляли отстаиваться при комнатной температуре в течение 30 минут. Затем сыворотку отделяли путём центрифугирования на протяжении 10 минут при скорости 3000 оборотов в минуту, используя высокоскоростную микроцентрифугу модели D2012 PLUS (производство Китай).

Все биохимические исследования проводились на анализаторе Mindray BA-88A китайского производства, с использованием реактивов фирмы Human. Эксперимент длился 21 дней. Полученные данные обрабатывали в программном пакете Origin Lab 8.6.

Сравнение средних значений между двумя выборками проводили при помощи t-критерия Стьюдента. Различия между сравниваемыми группами показали следующим образом: при $p > 0,05$ — различия признавались статистически незначимыми; при $p < 0,05$ — значимыми (обозначение); при $p < 0,01$ — высокозначимыми; при $p < 0,001$ — крайне высокозначимыми.

Результаты и их обсуждение. Комплексная оценка биохимических и гематологических показателей даёт наиболее полную картину системных изменений, происходящих при экспериментальном моделировании СД, и позволяет проследить, насколько выраженность этих сдвигов зависит от пола животных [2,3,7]. В течении эксперимента наблюдалось снижение массы тела крыс до 40%. За сутки крысы группы диабет пили на 80-100 мл больше воды чем контрольные животные.

Некоторые показатели гематологического анализа в группах обоих полов заметно менялся на фоне экспериментального диабета. Количество эритроцитов росло параллельно с

развитием заболевания: у самцов с диабетом оно достигало 8,6 × 10^{12}/л от 5,9 ($p < 0,001$), у самок — 7,7 от 6,02 ($p < 0,01$). Такие же изменения наблюдались и по гемоглобину: у диабетических самцов концентрация повысился 1,5 раз по сравнению с контрольной группы (111 г/л до 146,6), у самок с 98,4 до 129,8 г/л. Показатели гематокрита изменялись в соответствии с динамикой гемоглобина и количества эритроцитов, что свидетельствует о системном характере изменений эритроцитарного звена крови. Увеличение концентрации гемоглобина, числа эритроцитов и гематокрита, можно объяснить относительным патологическим эритроцитозом. При СД наблюдается частое мочеиспускание и уменьшение объёма плазмы и это приводит к временному повышению этих показателей. Дополнительным фактором могут служить нарушения тканевой перфузии и развитие локальной гипоксии, способствующие активации компенсаторных механизмов эритропоэза и поддержанию кислородтранспортной функции крови [9].

Таблица 1.

Гематологические показатели экспериментальных групп (n=5, M±SD).

	Контроль		Диабет	
Показатель	**Самки**	**Самцы**	**Самки**	**Самцы**
RBC	6,02 ± 0,77	5,9 ± 0,60	7,7 ± 0,38**	8,6 ± 0,65***, #
HGB	98,4 ± 5,85	111 ± 6,59#	129,8 ± 11,3***	146,6 ± 18,98**
HCT	0,290 ± 0,02	0,337 ± 0,03#	0,380 ± 0,05**	0,439 ± 0,05**
WBC	8,2 ± 1,11	10,2 ± 3,00	18,5 ± 4,49**	19,7 ± 4,84**
LYM	0,673 ± 0,09	0,641 ± 0,08	0,606 ± 0,08	0,577 ± 0,07
GRA	0,186 ± 0,04	0,239 ± 0,11	0,191 ± 0,04	0,265 ± 0,12
PLT	477 ± 81,10	458,6 ± 80,24#	514,4 ± 73,93	691,4 ± 107,25**
MPV	6,0 ± 0,19	5,6 ± 0,66	6,5 ± 0,19***	5,7 ± 0,55#

Примечание: * - статистически значимые различия по сравнению с контрольной группой соответствующего пола; # - статистически значимые различия по сравнению с группой самок в пределах одного состояния.

Лейкоцитарное звено (WBC, LYM, GRA) оказалось наиболее чувствительным к развитию диабета. У самцов число лейкоцитов возросло на 93,1 %, а у самок — на 125,6 % относительно контрольных животных. Вместе с тем выраженный лейкоцитоз не сопровождался существенными изменениями соотношения лимфоцитов и гранулоцитов, которое сохранялось в пределах перекрывающихся диапазонов, указывая на сохранение общей структуры лейкоцитарной формулы. Выраженный лейкоцитоз при СД может быть обусловлен стимулирующим влиянием гиперглигкемии на процессы миелопоэза. Длительное повышение концентрации глюкозы активирует пролиферацию миелоидных клеток-предшественников в костном мозге, что сопровождается увеличением выхода в периферическую кровь нейтрофилов и воспалительных моноцитов. В результате усиливается системная воспалительная реакция, проявляющаяся повышением общего количества циркулирующих лейкоцитов [8].

Тромбоцитарные показатели (PLT, MPV) менялись избирательно. У самцов с диабетом более высокое число (691,4×10^9/л, чем во всех остальных трёх группах. Средний объём тромбоцита (MPV), напротив, был выше у самок с диабетом, что вместе с ростом их числа у самцов может говорить о разнонаправленной, зависящей от пола реакции тромбоцитопоэза на метаболический стресс [10].

При анализе биохимических показателей наблюдались значительные изменения в экспериментальных группах обоих полов. Максимальная концентрация ЛПВП была зарегистрирована у контрольных самцов и составила 1,09 ммоль/л. Индукция аллоксанового диабета сопровождалась значительным снижением данного показателя до 0,77 ммоль/л, что соответствует уменьшению на 29,5 % относительно контроля ($p < 0,001$).

У самок наблюдалась аналогичная направленность изменений, однако она была менее выраженной. Концентрация ЛПВП снизилась с 0,79 до 0,72 ммоль/л (на 8,9 %), при этом выявленные различия не достигли уровня статистической значимости.

Содержание ЛПНП и триглицеридов, напротив, возросло более чем в два раза ($p<0,001$). Дефицит инсулина запускает неограниченный липолиз в жировой ткани, из-за чего в кровь

поступает избыток свободных жирных кислот и глицерина, которые печень использует как субстрат для усиленного синтеза триглицеридов и атерогенных липопротеинов [4]. Рост атерогенных фракций на фоне сниженного ЛПВП можно писать с нарушениями углеводного обмена [5].

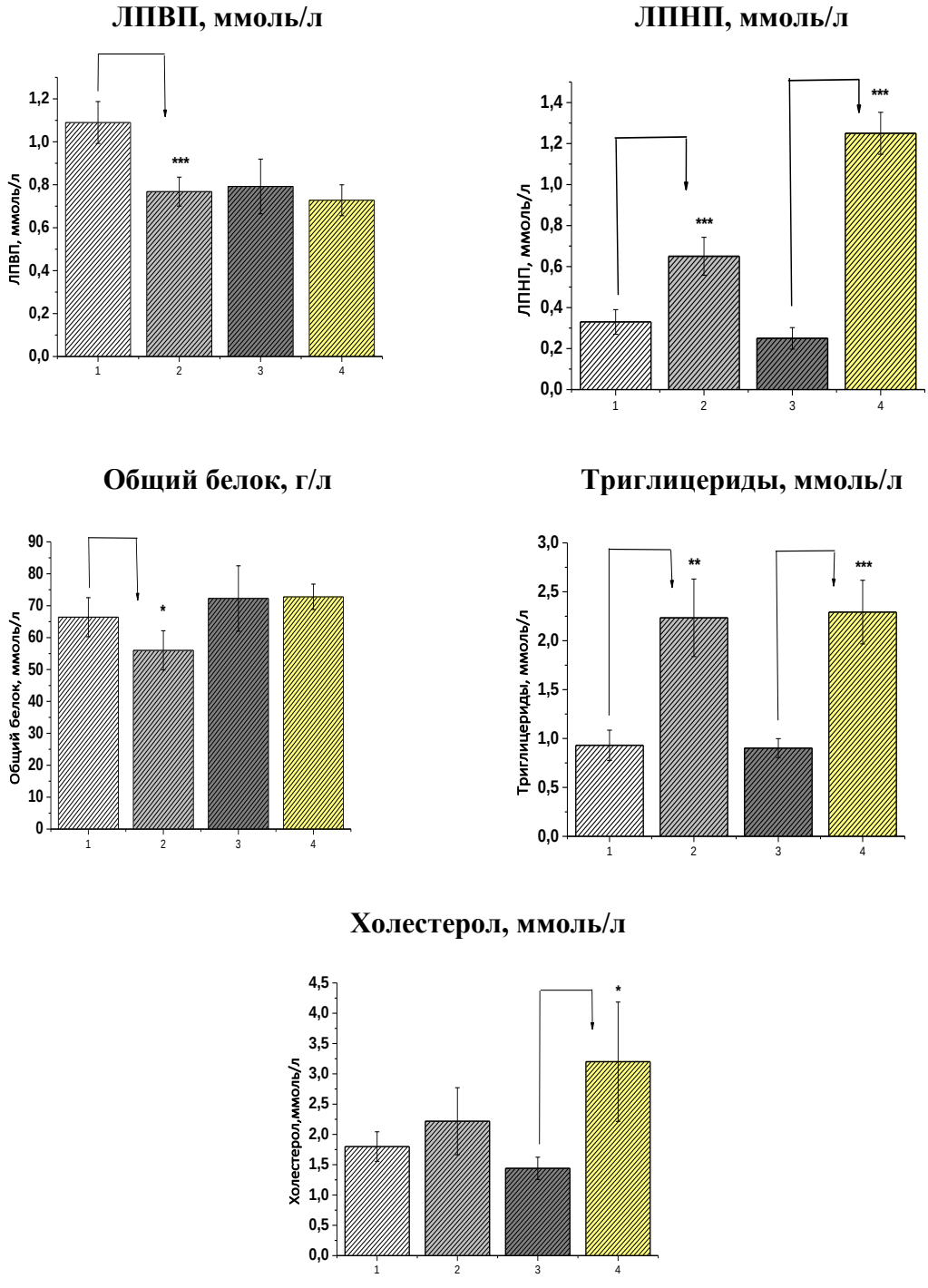


Рисунок 1. Биохимические показатели экспериментальных групп (n=5, M±SD).

Примечание: 1 – самки (здоровые), 2 – самки (диабетическая группа), 3 – самцы (здоровые), 4 – самцы (диабетическая группа).

Стабильность липидного профиля у самок может объясняться защитным действием эстрогенов. Рецептор ERα через сигнальный путь SREBP-1 ограничивает накопление липидов и поддерживает более благоприятное соотношение фракций холестерина [15]. Тем не менее в исследованиях последних лет отмечается, что этот защитный эффект эстрогенов заметно ослабевает при развитии СД, а метаболический профиль самок может ухудшаться даже сильнее, чем у мужчин [12]. По результатам эксперимента видно что общий холестерин у

самок на фоне диабета вырос почти вдвое ($p<0,05$), то есть защита половых гормонов оказалась недостаточной для полной компенсации нарушений при выраженной инсулиновой недостаточности.

Содержание общего белка у самцов при диабете снизилось ($p<0,05$). В основе этого сдвига лежит характерный для декомпенсированного диабета катаболизм мышечного белка: дефицит инсулина на фоне избытка антагонистов инсулина заставляет организм использовать аминокислоты (в первую очередь аланин) как субстрат глюконеогенеза вместо глюкозы, что приводит к потере белковой массы [16]. У самок этот показатель, напротив, не снизился и имел тенденцию к увеличению, что может отражать менее выраженные катаболические процессы при диабете у самок по сравнению с самцами.

Выводы. Аллоксан-индуцированный сахарный диабет у крыс вызывает системные метаболические и гематологические нарушения, выраженность которых зависит от пола животных. У обоих полов развивается атерогенная дислипидемия (рост ЛПНП и триглицеридов, снижение ЛПВП), сгущение крови (рост эритроцитов, гемоглобина, гематокрита) и лейкоцитоз без сдвига лейкоцитарной формулы. При этом у самцов сильнее страдает белковый обмен (снижение общего белка, более глубокий катаболизм), а у самок — сильнее выражен лейкоцитарный ответ и рост MPV, тогда как липидные нарушения у них частично сглажены, вероятно, за счёт защитного действия эстрогенов. Полученные различия показывают, что пол животных — значимый фактор, который необходимо учитывать при моделировании и оценке экспериментального сахарного диабета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Зайцев К. В., и др. Методические аспекты моделирования сахарного диабета в эксперименте // Инновации в науке. – 2018. – № 12 (88). – С. 39–41.

2. Some blood parameters in rats with alloxan-induced diabetes // Современные проблемы науки и образования. – 2025. – № 3.

3.Age-related changes in hematological and biochemical profiles of Wistar rats // Bulletin of the National Research Centre. – 2024. – Т. 48.

4. Diabetic Ketoacidosis // MSD Manual Professional Version. – 2023.

5. Dyslipidemia as the Predictive Factor for the Severity of Diabetic Retinopathy Among Type 2 Diabetic Patients // medRxiv. – 2025.

6. Evaluating alloxan-induced diabetic rats // International Journal of Science and Research Archive. – 2024. – Т. 11. – № 2. – С. 1224–1231.

7. Induction of diabetes mellitus using alloxan in Sprague Dawley rats // Journal of Experimental and Integrative Medicine. – 2024. – Т. 14. – № 1. – С. 1–7.

8. Nagareddy P. R., Murphy A. J., Stirzaker R. A., et al. Hyperglycemia promotes myelopoiesis and impairs the resolution of atherosclerosis // Cell Metabolism. – 2013. – Т. 17. – № 5. – С. 695–708.

9. Obeagu E. I. Red blood cells as biomarkers and mediators in complications of diabetes mellitus: A review // Medicine. – 2024. – Т. 103. – № 8.

10. Pretorius E., Bester J., Vermeulen N., et al. Poorly controlled type 2 diabetes is accompanied by significant morphological and ultrastructural changes of both erythrocytes and platelets // Cardiovascular Diabetology. – 2015. – Т. 14.

11. Regensteiner J. G., Golden S., Huebschmann A. G., et al. Sex and Gender Differences in Risk, Pathophysiology and Complications of Type 2 Diabetes Mellitus // Endocrine Reviews. – 2021. – Т. 42. – № 1. – С. 1–35.

12. Sex differences in circulating metabolites across glycemic status and risk of coronary heart disease // medRxiv. – 2024.

13. Sex-specific differences in glucose metabolism and pancreatic function in streptozotocin-induced diabetic mice: The protective role of estrogen // Biology of Sex Differences. – 2025. – Т. 16.

14. De Paoli M., et al. The role of estrogen and ER stress in glycemic regulation in the sexually dimorphic TALLYHO/JngJ mouse model of diabetes // Journal of the Endocrine Society. – 2025. – Т. 9. – № 5.

15. Xie F., Li X., Xu Y., et al. Estrogen Mediates an Atherosclerotic-Protective Action via Estrogen Receptor Alpha/SREBP-1 Signaling // Frontiers in Cardiovascular Medicine. – 2022. – Т. 9.

16. Zimodro J. M., Berthold H. K., Gouni-Berthold I. Lipoprotein Metabolism, Dyslipidemia, and Lipid-Lowering Therapy in Women // Lipids in Health and Disease. – 2026. – Т. 25.

УДК 579.67:577.152.1

ВЫДЕЛЕНИЕ И СКРИНИНГ ДРОЖЖЕВЫХ КУЛЬТУР, ПРОДУЦИРУЮЩИХ МОЛОКОСВЁРТЫВАЮЩИЕ ФЕРМЕНТЫ

О.М. Пулатова, к.б.н, с.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
Б.Х. Алимова, д.б.н, в.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
А.А. Махсумхонов, к.б.н, с.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
Ш.Т. Саъдуллаев, м.н.с.., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
М.А. Махсумханова, м.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
М.У. Сайлиев, м.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент

Аннотация. *Из различных субстратов Республики Узбекистан выделено 67 изолятов дрожжевых культур. Наибольшие зоны гидролиза молока наблюдались у изолятов, полученных из образцов контаминированного и зрелого сыра, варенья и мазей на растительной основе. По результатам первичного скрининга отобрано 10 наиболее перспективных культур для дальнейших исследований.*

Ключевые слова: *дрожжи, скрининг, молокосвёртывающая способность, биотехнология, продуценты.*

Аннотация. *Ўзбекистон Республикасининг турли субстратлардан 67 ачитқи изолатлари ажратиб олинди. Сут гидролизининг энг катта зоналари ифлосланган ва етилган пишлоқ, мураббо ҳамда ўсимлик асосидаги малҳамлар намуналаридан олинган изолятларда кузатилди. Дастлабки скрининг натижаларига кўра, кейинги тадқиқотлар учун энг истиқболли 10 та культура танлаб олинди.*

Калит сўзлари: *ачитқилар, сутни ивитиш қобилияти, скрининг, биотехнология, продуцент.*

Abstract. *Sixty-seven yeast isolates were obtained from various substrates in the Republic of Uzbekistan. The largest zones of milk hydrolysis were observed in isolates derived from samples of contaminated and mature cheese, fruit preserves, and plant-based ointments. Based on the results of initial screening, the 10 most promising cultures were selected for further study.*

Key words: *yeast, screening, milk-clotting activity, biotechnology, producers.*

Ведение. Молокосвертывающие ферменты находят широкое применение при производстве сыров и кисломолочных продуктов, таких как творог, йогурт, сметана. Выбор фермента определяется выходом и вкусовыми характеристиками получаемого продукта. При этом важнейшими характеристиками фермента являются субстратная специфичность, уровень общей молокосвертывающей и протеолитической активности [1, 2]. Наиболее важным параметром, характеризующим идеальную молокосвёртывающую способность фермента, является высокое соотношение активности свёртывания молока (МСА) к протеолитической активности (ПА). Данный показатель свидетельствует о высокой способности фермента вызывать коагуляцию молока при минимальном уровне протеолиза [3]. Реакция свертывания молока необходима для перевода казеина и молочного жира в состояние, при котором данные белки могут быть отделены от большей части сыворотки с помощью сравнительно мягких физико-химических методов. Наиболее используемой протеазой является химозин (реннин) – аспартаза (ЕС 3.4.23.4), которая синтезируется в желудке (сычуге) жвачных животных и отвечает за коагуляцию к-казеина. [4]. Сычужный фермент животного происхождения является универсальным для получения различных видов сыров, однако нецелесообразно использовать его в крупномасштабном производстве из-за дороговизны [5]. В последние десятилетия из-за нецелесообразности забоя молодняка с целью получения сычужного фермента широко применяются ферменты микробного происхождения, близкие по свойствам к сычужному. В качестве продуцентов таких ферментов производители используют, в основном, культуры микроскопических мицелиальных грибов родов *Mucor, Rhizomucor, Endothia, Aspergillus, Penicillium, Fusarium* [6, 7].

По сравнению с сычужным ферментом микробные протеазы сохраняют эффективность в течение более длительного периода и могут сохраняться в менее жестких условиях без заметного снижения их способности к свертыванию [8]. Кроме того, микробные коагулянты обладают многими преимуществами перед коагулянтами животного или растительного происхождения, которое позволило снизить производственные затраты, расширить биохимическую вариабельность и возможности генетических манипуляций [9]. Однако использование в технологии производства ферментов спорообразующих микроскопических грибов сопровождается повышенным риском профзаболеваний персонала (микозы, аллергические реакции), связанным с биологической природой применяемых продуцентов. Помимо этого, использование ферментов из микроскопических грибов часто приводит к получению сыров более низкого качества, с легким или выраженным привкусом горечи, обусловленным интенсивностью общего неспецифического протеолиза белков молока [10]. Ферментные препараты микробного происхождения за рубежом применяют только для производства отдельных видов сыров [11]. Требования к заменителям сычужного фермента являются достаточно строгими. Их ферментативные характеристики должны быть максимально приближены к свойствам традиционного сычужного фермента: при высокой молокосвёртывающей активности такие препараты должны обладать минимальной общей протеолитической активностью, что обеспечивает получение качественного сырного сгустка и предотвращает появление нежелательной горечи в готовом продукте [12]. В связи с ограниченностью традиционных источников сычужного фермента и растущей потребностью молочной промышленности в альтернативных коагулянтах поиск новых продуцентов молокосвёртывающих ферментов остаётся актуальной научной и практической задачей. Особый интерес представляют микроорганизмы, способные синтезировать ферменты с высоким соотношением молоко свёртывающей к протеолитической активности. В настоящем исследовании объектом исследование были дрожжи, многие виды которых имеют статус GRAS (Generally Recognized As Safe — общепризнаны безопасными), что делает их перспективными продуцентами ферментных препаратов для пищевой промышленности.

В связи с этим целью исследования является выделение и скрининг дрожжевых культур, обладающих способностью продуцировать молокосвёртывающие ферменты, для выявления перспективных штаммов, пригодных для применения в пищевой биотехнологии.

Методология. Для выделения дрожжевых культур использовались различные питательные среды: 1. Сусло и сусло- агар; 2. Глюкоза аммонийная среда; 3. YpSS агар [13]; 4. Питательная среда (на данную среду подготавливается полезная модель, заявка FAP 20260308). Для подавления роста сопутствующих микроорганизмов к указанном выше средам добавляли ингибиторы роста - левомицетин из расчёта 0,5 мг/л. Все компоненты растворяли в дистиллированной воде, доводили pH до 5,6 и стерилизовали при 0,5 атм. Антибиотик вносились асептический после охлаждения среды до 50 °C. Культивирование проводили в пробирках и на чашках Петри.

Для первичного скрининга штаммов дрожжевых культур, продуцентов молокосвёртывающих ферментов, был проведен качественный скрининг выделенных изолятов. Качественный скрининг проводили на твердой агаровой питательной среде следующего состава (г/л): агар – 20; обезжиренное молоко – 20. Агар растворяли в 800 мл дистиллированной воды и стерилизовали автоклавированием при 121 ºC в течение 15 минут. Обезжиренное молоко стерилизовали отдельно при давлении 0,5 атм в течении 15 минут, после чего в объеме 200 мл асептически добавляли к охлаждённому до ~50 °C агару. Изоляты наносили на поверхность питательной среды, инкубировали при соответствующих условиях, после чего оценивали образование зон гидролиза.

Результаты. Источниками выделения штаммов служили различные субстраты: почва, контаминированные пищевые продукты (варенье из плодов вишни, сыры, огурцы, сметана), мази основой которой являлись растения (Мелисса, «Мать и мачеха»), пряности (кардамон) и домашние кисломолочные продукты (кислое молоко). Всего было выделено 67 изолята дрожжевых культур, из них 39 не обладали способностью гидролизовать молока на чашках

Петри. В рисунке 1 указаны 28 штаммов которые были способны давать зоны гидролиза молока (почва глубина 5см – №1 - 1 /7 1, №3 - 1/2/3/4; почва глубина 10см – №2 - 1/2/3; кимиз (молоко конины) – №4 - 7с/2;

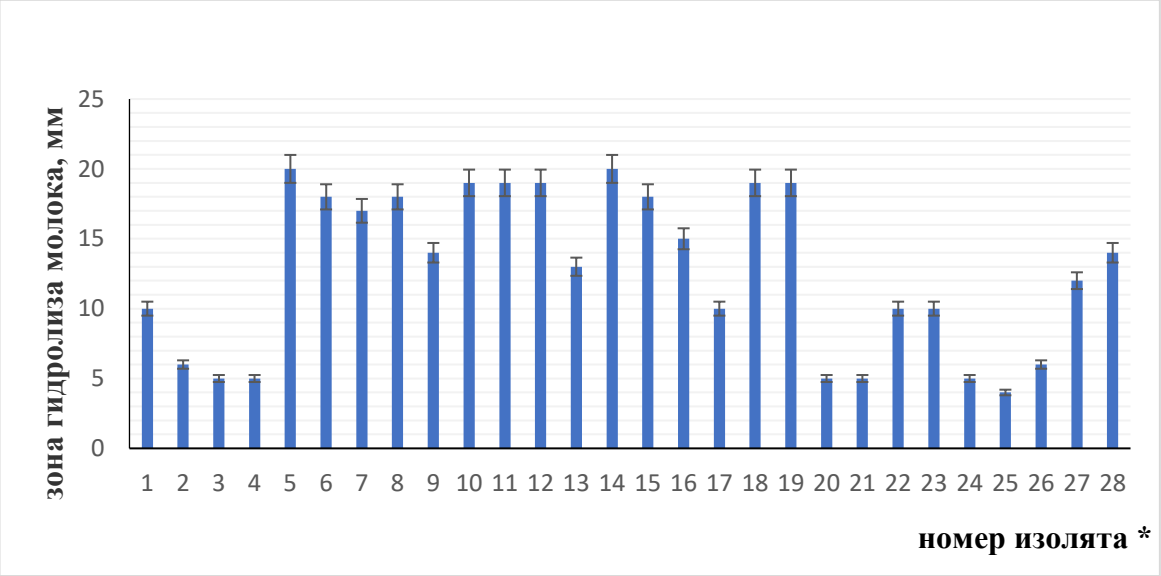


Рис.1. Первичный скрининг дрожжевых культур по зоне гидролиза молока. Примечание: * место выделения и номер изолятов указаны в тексте.

контаминированный сыр – № 5 - 1/с, №17 - 60/2; мазь приготовленная из растения Мелисса – №6 - 1/4/3; контаминированное варенье из плодов вишни – №7 - 1/2/3/8, №8 - 1/2/3/5, №9 - 1/2/3/7кр, №10 - 1/2/3/8А, №11 - 1/2/3/6, №12 - 1/2/3/8кр, №13 - 1/2/3/7, №14 - 1/2/3/6А, №15 - 1/2/3/1, №16 - 1/2/8/4кр, №18 - 1/2/3/4; контаминированное варенье из плодов урюка – №19 - 5/3, №20 - 6/1; мазь, приготовленная из пряности кардамона – №21 - 1/4/3ж, №22 - 1/4/5ж, №23 - 1/4/7ж, №24 - 1/4/4ж; ягода боярышника – №25 - 3Д6/3, №26 - 3Д4/1; кислое молоко домашнего приготовления – №27 - ½; №28 - 1/3). Анализ результатов показал, что зона гидролиза молока варьировала в широких пределах (от 4 до 20 мм), что свидетельствует о значительной индивидуальной протеолитической активности штаммов. Наибольшие значения зон гидролиза молока (до 20 мм) наблюдались у штаммов, выделенных из контаминированного сыра и варенья (из плодов вишни, урюка), а также из зрелого сыра и мазей на основе растений, что указывает на высокую способность этих штаммов к расщеплению молочного белка. Штаммы, выделенные из почвы и огурцов, демонстрировали умеренную протеолитическую активность (5–10 мм), тогда как большинство штаммов из ягод боярышника, сметаны и некоторых мазей показали низкие или отсутствующие зоны гидролиза (0–6 мм), что указывает на слабую или отсутствие протеолитической активности. Выявленные различия в МСА свидетельствуют о тесной связи между природным источником изоляции дрожжей и их ферментативной активностью. В результате первичного скрининга отобраны 10 изолятов дрожжевых культур с наибольшей зоной гидролиза молока (1/с; 1/4/3; 1/2/3/5; 1/2/3/8А; 1/2/3/6; 1/2/3/8кр; 1/2/3/6А; 1/2/3/1; 1/2/3/4; 5/3).

Выводы:

1. Из различных природных субстратов Республики Узбекистан было выделено 67 изолятов дрожжей.

2. Наибольшие зоны гидролиза молока (от 18 до 20 мм) наблюдались у изолятов, полученных из образцов контаминированного и зрелого сыра, контаминированное варенья из плодов вишни, урюка и мазей на растительной основе.

3. На основании результатов первичного скрининга было отобрано 10 изолятов дрожжевых культур, представляющих интерес для дальнейших исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Минаков Д.В., Уразова Я.В., Минакова А.А. Скрининг и исследование продуцентов молокосвертывающих ферментов среди культур высших базидиальных грибов// Ползуновский вестник. № 3, 2022. С. 173 – 180. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.024. EDN: https://elibrary.ru/LFMEJT.

2. Liburdi, K., S. Emiliani Spinelli, I. Benucci, C. Lombardelli, and M. Esti. 2018. A preliminary study of continuous milk coagulation using Cynara cardunculus flower extract and calf rennet immobilized on magnetic particles. Food Chem. 239:157–164. https: / / doi .org/ 10 .1016/ j. foodchem. 2017.06.093.

3. Meng, F., R. Chen, X. Zhu, Y. Lu, T. Nie, F. Lu, and Z. Lu. 2018. Newly effective milk-clotting enzyme from Bacillus subtilis and its application in cheese making. J. Agric. Food Chem. 66:6162–6169. https: / / doi .org/ 10 .1021/ acs .jafc .8b01697.

4. Чубанова С.В., Семенчукова Е.А., Валентович Л. Н. Протеолитические ферменты, применяемые в сыроделии (обзор литературы) Биотехнологии для медицины и промышленности. Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. 2019. Том 10. С. 403-437.

5. С.В. Шляпникова, Э.Р. Батырова. Особенности коагуляции молока: сычужный ферментный препарат и его аналоги. Ж. Биомика, 2017, Том 9, № 1, С. 33-41.

6. Sun, Q., X.-P. Wang, Q.-J. Yan, W. Chen, and Z.-Q. Jiang. 2014. Purification and characterization of a chymosin from Rhizopus microsporus var. rhizopodiformis. Appl. Biochem. Biotechnol. 174:174–185. https: / / doi .org/ 10 .1007/ s12010 -014 -1044 -6.

7. Morillo, O. T., P. J. Garcna Lugo, B. R. Guerrero Cardena, Y. Torres Vielma, and R. Castaceda Ruiz. 2015. Evaluaciyn de la producciyn experimental de enzimas coagulantes de leche utilizando cepas de Rhizomucor spp. Rev. Colomb. Biotecnologia 17:54–60. https: / / doi .org/ 10 .15446/ rev .colomb .biote .v17n1 .50701.

8. Anusha, R., M. K. Singh, and O. S. Bindhu. 2014. Characterisation of potential milk coagulants from Calotropis gigantea plant parts and their hydrolytic pattern of bovine casein. Eur. Food Res. Technol. 238:997–1006. https: / / doi .org/ 10 .1007/ s00217 -014 -2177-0.

9. Majumder, R., S. P. Banik, and S. Khowala. 2015. Purification and characterisation of κ-casein specific milk-clotting metalloprotease from Termitomyces clypeatus MTCC 5091. Food Chem. 173:441–448. https: / / doi .org/ 10 .1016/ j .foodchem .2014 .10 .027.

10. Lebedev L.R. Kosogova T.A., Teplyakova, T.V., Kriger A.V., Elchaninov V.V., Belov A.N., Koval' A.D. Study of technological propertie of milk-clotting enzyme from Irpex lacteus (Irpex lacteu (Fr.) Fr.) // Foods and Raw Materials. 2016. V. 4. №2. P. 58-65. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-2-58-65.

11. 5A. Ahmed I.A., Morishima I.M., Babiker E.E. Characterisation of partially purified milk clotting enzyme from Solanum dubium Fresen seeds // Food Chemistry. 2009. V.116. P.395-400.

12. Lebedeva G.V., Proskuryakov M.T. Purification and characterization of milk-clotting enzymes from oyster mushroom (Pleurotus osteatus (Fr.) Kumm) // Applied biochemistry and microbiology. 2009. V. 45. P. 623-625.

13. Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; Под ред А.И. Нетрусов. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 579 с.

УДК 597.5

РАЗМЕРНО-ВЕСОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И УПИТАННОСТЬ OPSARIICHTHYS BIDENS ИЗ ТУЯБУГУЗСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.С. Сагындикова, стажер-исследователь, Институт зоологии АН РУз, Ташкент
Ж.Ж. Собиров, с.н.с., Институт зоологии АН РУз, Ташкент

Аннотация. *Представлены размерно-весовые показатели, результаты обратного расчисления линейного роста и ориентировочные оценки упитанности Opsariichthys bidens из Туябугузского водохранилища. Материал включал 36 особей возрастных групп 1+, 2+ и 3+. Согласно представленным данным, длина тела составляла 5,6–18,8 см, масса — 10,3–31,0 г. Средние значения длины и массы увеличивались с возрастом. В группе 3+ обратно расчисленный прирост за второй год жизни составлял 5,14 см, за третий — 4,12 см, что соответствует снижению на 19,8%. Ориентировочный показатель упитанности, рассчитанный как отношение средней массы к кубу средней длины с множителем 100, составлял 1,30; 0,33 и 0,51 для групп 1+, 2+ и 3+ соответственно.*

Ключевые слова: *Opsariichthys bidens, Туябугузское водохранилище, размерно-весовые показатели, возрастные группы, обратное расчисление роста, упитанность, коэффициент Фультона.*

Annotatsiya. *Tuyabo'g'iz suv omboridagi Opsariichthys bidens ning uzunlik va massa ko'rsatkichlari, orqaga hisoblangan chiziqli o'sishi hamda semizlik holatining taxminiy baholari keltirilgan. Tadqiqot materiali 1+, 2+ va 3+ yosh guruhlariga mansub 36 ta baliqdan iborat. Taqdim etilgan ma'lumotlarga ko'ra, tana uzunligi 5,6–18,8 sm, massasi 10,3–31,0 g oralig'ida bo'lgan. O'rtacha uzunlik va massa yosh ortishi bilan oshgan. 3+ yosh guruhida hayotning ikkinchi yili uchun orqaga hisoblangan uzunlik o'sishi 5,14 sm, uchinchi yili uchun 4,12 sm ni tashkil etib, 19,8% ga kamaygan. O'rtacha massaning o'rtacha uzunlik kubiga nisbatini 100 ga ko'paytirish orqali*

hisoblangan taxminiy semizlik ko'rsatkichi 1+, 2+ va 3+ guruhlarda mos ravishda 1,30; 0,33 va 0,51 bo'lgan.

Kalit so'zlar: *Opsariichthys bidens, Tuyabo'g'iz suv ombori, uzunlik va massa ko'rsatkichlari, yosh guruhlari, o'sishni orqaga hisoblash, semizlik, Fulton koeffitsiyenti.*

Abstract. *Body length and weight, back-calculated linear growth, and approximate condition estimates of Opsariichthys bidens from Tuyabuguz Reservoir were examined. The material comprised 36 fish belonging to age groups 1+, 2+, and 3+. According to the supplied data, body length ranged from 5.6 to 18.8 cm and weight from 10.3 to 31.0 g. Mean length and weight increased with age. In the 3+ group, back-calculated length increments were 5.14 cm during the second year of life and 4.12 cm during the third, representing a decrease of 19.8%. An approximate condition index, calculated as 100 times mean weight divided by mean length cubed, was 1.30, 0.33, and 0.51 for age groups 1+, 2+, and 3+, respectively.*

Keywords: *Opsariichthys bidens, Tuyabuguz Reservoir, body length and weight, age groups, back-calculated growth, body condition, Fulton's condition factor.*

Введение. Размерно-весовые показатели служат важной основой для изучения биологии рыб. Анализ соотношения длины и массы тела позволяет охарактеризовать особенности роста, сопоставить популяции из различных водоёмов и получить данные для оценки биомассы и популяционного мониторинга. Дополнительную характеристику состояния рыб дают коэффициенты упитанности. При их интерпретации необходимо учитывать форму тела, размерный состав выборки, сезон сбора материала, репродуктивное состояние особей и характер аллометрического роста [Namozov et al., 2025; Rozimov et al., 2025].

Opsariichthys bidens (Günther, 1873; Cypriniformes: Xenocyprididae) – представитель восточноазиатской ихтиофауны, случайно завезённый в бассейн Аральского моря вместе с рыбопосадочным материалом. В водоёмах Узбекистана он сформировал устойчивые популяции и рассматривается как чужеродный инвазивный вид [Rozimov, 2023; Umarov et al., 2023]. Его распространение и хищный характер питания определяют необходимость изучения популяционных характеристик, в том числе размеров, темпа роста и упитанности.

Имеющиеся сведения о биологии *O. bidens* в Узбекистане преимущественно получены для речных местообитаний, тогда как его размерно-весовые характеристики в водохранилищах изучены в меньшей степени. Данные из таких водоёмов позволяют дополнить представления о возрастных изменениях размеров и состоянии рыб в различных условиях обитания. Вместе с тем межпопуляционные различия следует оценивать с учётом сроков и способов отлова, размерно-возрастного и полового состава, степени зрелости особей и объёма выборок. Эти факторы ограничивают возможность объяснять выявленные различия исключительно влиянием среды [Azamov et al., 2024; Rozimov et al., 2025].

Цель работы – охарактеризовать размерно-весовые показатели, возрастные особенности линейного роста по данным обратного расчисления и упитанность *O. bidens* из Туябугузского водохранилища на основе имеющихся материалов.

Материал и методы. Материалом исследования послужили 36 экземпляров *Opsariichthys bidens*, отловленных в Туябугузском водохранилище в сентябре 2026 г. Рыб отлавливали ставными сетями с размером ячеи 32, 36, 40, 45 и 60 мм, а также бреднем. Морфобиологическую обработку материала проводили по общепринятым ихтиологическим методам (Правдин, 1966). У всех 36 особей измеряли длину и массу тела, определяли возраст и рассчитывали коэффициент упитанности.

Возраст рыб определяли по чешуе. Линейный рост оценивали по длине особей при отлове и результатам обратного расчисления. Годовые приросты определяли как разности последовательных обратно расчисленных длин в пределах одной возрастной группы:

$$\Delta L_2 = L_2 - L_1; \quad \Delta L_3 = L_3 - L_2,$$

где L_1, L_2 и L_3 – обратно расчисленные длины за первый, второй и третий годы жизни соответственно; ΔL_2 и ΔL_3 – приросты за второй и третий годы.

Упитанность рыб оценивали по коэффициенту Фультона:

$$КФ = 100W / L^3,$$

где *W* – масса тела рыбы, г; *L* – длина тела до конца чешуйного покрова, см.

Результаты и обсуждение

Размерно-весовая характеристика. Исследованная выборка представлена особями возрастных групп 1+, 2+ и 3+. По данным возрастных групп длина тела рыб варьировала от 5,6 до 18,8 см, масса – от 10,3 до 31,0 г (табл. 1).

Таблица 1.

Размерно-весовые показатели рыб разных возрастных групп

Возраст	Средняя длина, см	Диапазон длины, см	Средняя масса, г	Диапазон массы, г
1+	9,7	5,6–10,3	11,9	10,3–13,6
2+	16,0	15,4–17,7	13,4	11,8–16,0
3+	16,4	15,9–18,8	22,3	16,5–31,0

Средние значения длины и массы тела увеличивались с возрастом. Наиболее выраженное различие средней длины отмечено между группами 1+ и 2+, тогда как средние длины особей 2+ и 3+ были близки. Различие средней массы, напротив, было более выраженным между группами 2+ и 3+.

Перекрывание диапазонов длины особей 2+ и 3+ свидетельствует о присутствии рыб сходных размеров в разных возрастных группах. Представленные показатели характеризуют размерно-весовую структуру выборки, но различия групповых средних не следует отождествлять с индивидуальными годовыми приростами. Статистическая значимость межгрупповых различий без индивидуальных измерений и численности каждой группы не оценивалась.

Линейный рост. Обратно расчисленные длины рыб группы 2+ за первый и второй годы жизни составляли 7,50 и 12,90 см соответственно. Прирост за второй год достигал 5,40 см. В группе 3+ длины за первый, второй и третий годы составляли 6,76; 11,90 и 16,02 см (табл. 2).

Таблица 2.

Обратно расчисленная длина и годовой прирост

Возраст при отлове	L_1, см	L_2, см	L_3, см	ΔL_2, см	ΔL_3, см
1+	7,60				
2+	7,50	12,90		5,40	
3+	6,76	11,90	16,02	5,14	4,12

Примечание. L_1–L_3 – обратно расчисленные длины за соответствующие годы жизни; ΔL_2 и ΔL_3 – приросты за второй и третий годы.

В группе 3+ абсолютный годовой прирост уменьшался с 5,14 см за второй год до 4,12 см за третий. Снижение составило 1,02 см, или примерно 19,8%. Эта последовательность отражает замедление линейного роста в пределах рассматриваемого ряда. Его статистическая значимость и причины по имеющимся сводным данным не установлены.

Обратно расчисленные длины первого года различались между возрастными группами. Поэтому представленные ряды рассматривались отдельно и не объединялись в единую траекторию роста одной когорты.

Упитанность. Для ориентировочной характеристики упитанности использовали показатель, рассчитанный по средним значениям длины и массы тела каждой возрастной группы:

$$КФ = 100 \times \bar{W} / \bar{L}^3,$$

где $\bar{W}$ – средняя масса тела, г; $\bar{L}$ – средняя длина тела, см. Полученный показатель представляет собой приближённую групповую оценку и не тождествен среднему коэффициенту Фультона, рассчитанному по индивидуальным измерениям рыб.

Таблица 3.

Ориентировочная оценка упитанности по средним размерно-весовым показателям

Возраст	Средняя длина, см	Средняя масса, г	Расчётный показатель КФ*
1+	9,7	11,9	1,30
2+	16,0	13,4	0,33
3+	16,4	22,3	0,51

Наибольшее расчётное значение отмечено в группе 1+, наименьшее – в группе 2+. В группе 3+ показатель выше, чем в группе 2+, но ниже, чем у особей 1+. Таким образом, расчёт

по представленным средним значениям не показывает последовательного увеличения упитанности с возрастом.

Заключение. Исследованная выборка *Opsariichthys bidens* из Туябугузского водохранилища представлена возрастными группами 1+, 2+ и 3+. Согласно представленным данным, длина тела варьировала от 5,6 до 18,8 см, масса – от 10,3 до 31,0 г. Средние значения длины и массы увеличивались с возрастом, при этом диапазоны длины особей 2+ и 3+ перекрывались.

Обратное расчисление выявило снижение абсолютного годового прироста в группе 3+: за второй год он составлял 5,14 см, за третий – 4,12 см. Уменьшение прироста на 19,8% характеризует замедление линейного роста в пределах рассматриваемого ряда, однако его причины и статистическая значимость по имеющимся данным не установлены.

Ориентировочные показатели упитанности, рассчитанные по средним значениям длины и массы тела, составили 1,30; 0,33 и 0,51 для групп 1+, 2+ и 3+ соответственно. Последовательного увеличения этого показателя с возрастом не выявлено. Полученные групповые оценки не тождественны средним индивидуальным коэффициентам Фультона и рассматриваются как предварительные. Представленные результаты характеризуют размерно-возрастную структуру исследованной выборки и особенности обратно расчисленного роста.

Настоящее исследование выполнено в рамках проекта ФЗ-2020092812 «Исследование популяционного фенотипического разнообразия и адаптационного потенциала гидробионтов для теоретического обоснования развития рыбного хозяйства Узбекистана», реализуемого в Институте зоологии Академии наук Республики Узбекистан. Авторы выражают благодарность руководству Института зоологии АН РУз за создание благоприятных условий для выполнения запланированного объёма исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.

2. Умаров Ф. А., Назаров М. Ш., Мукимов М. А., Рузимов А. Морфометрические и меристические показатели трегубки (*Opsariichthys bidens*) в условиях водоемов Ферганской долины // Путь науки. – 2023. – № 5 (111).

3. Azamov O., Khalimov S., Gulomov S., Komilova D., Kayumova Y., Rakhmonov M., Abdulatipova S., Gafurova O., Komilova K., Asrolova M., Urmonova D., Sheraliev B. Length-weight relationships and condition factor of 30 species from the Upper Syr Darya drainage, Uzbekistan // Turkish Journal of Zoology. – 2024. – Vol. 48, No. 7. – P. 685–691. – DOI: https://doi.org/10.55730/1300-0179.3206.

4. Namozov S., Sobirov J., Kamilov B., Sobirov B., Atamuratova M., Dekhkonova D. Length–weight relationship and condition factor of roach *Rutilus rutilus* in lentic waterbodies of Uzbekistan // Biosystems Diversity. – 2025. – Vol. 33, No. 3. – Article e2547. – DOI: https://doi.org/10.15421/012547.

5. Rozimov A. D. Morphometric features of the Chinese hook snout *Opsariichthys bidens* Günther 1873 (Teleostei: Xenocyprididae) from the Chirchik River // Xorazm Ma'mun akademiyasi axborotnomasi. – 2023. – № 5/1. – P. 69–72.

6. Rozimov A., Turaev L., Namozov S., Agzamov F., Sobirov J., Wang C., Kholmatov B., Li X., Guo B. Implications for habitat suitability using length–weight relationships and condition factors in the Chirchik River, Syr Darya Basin // Journal of Applied Ichthyology. – 2025. – Vol. 2025. – Article 6648940. – 10 p. – DOI: https://doi.org/10.1155/jai/6648940.

7. Sheraliev B., Peng Z. Molecular diversity of Uzbekistan's fishes assessed with DNA barcoding // Scientific Reports. – 2021. – Vol. 11. – Article 16894. – DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-021-96487-1.

УДК 633.511:631.52:632.122

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ДЛЯ РАННЕГО СКРИНИНГА СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА

И.Б. Салахутдинов, к.б.н., зав. лабораторией, Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент
Д.А. Мирзабаев, м.н.с., Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент
В.С. Камбурова, д.б.н., зам. директора, Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент
Ф.С. Раджапов, с.н.с., Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент
Д.И. Тоджибаева, м.н.с., Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент
Д.К. Базаров, м.н.с., Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент
Е.Ф. Назарова, м.н.с., Центр Геномики и Биоинформатики АН РУз, Ташкент

Annotatsiya. *Tadqiqotda 28 ta g'o'za nav namunalarining (Gossypium hirsutum L.) 0–200 mM NaCl ta'sirida sho'rga chidamlilik darajasini erta skrining qilish uchun statistik yondashuvlar bilan qiyosiy baholash o'tkazildi va bunda fenotipik ko'rsatkichlar majmuasidan foydalanildi. Stress-indekslari va tegishlilik funksiyasi (MFV) yordamida ko'rsatkichlarni normallashtirishga asoslangan an'anaviy ko'p bosqichli statistik tahlil «genotip-ideotip» masofasining ko'p alomatli indeksi (MGIDI) bilan solishtirildi. Ikkala yondashuv ham Baraka, Buxoro-6, Buxoro-10 va Buxoro-14 navlarini eng chidamli namunalar sifatida ajralishiga olib keldi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, MGIDI indeksini qo'llash orqali chigitlarning unuvchanlik, yashovchanlik va o'sish ko'rsatkichlari asosida tuzga chidamlilikni erta skrining qilishda kompleks baholash jarayonini soddalashtirish va qiyosiy tanlov natijalarini olish imkonini beradi.*

Kalit so'zlar: *g'o'za, G. hirsutum, sho'rga chidamlilik, skrining, unib chiqish, yashovchanlik va o'sish ko'rsatkichlari, MGIDI.*

Аннотация. *В исследовании проведена сравнительная оценка статистических подходов для раннего анализа солеустойчивости 28 сортов хлопчатника (Gossypium hirsutum L.) при воздействии NaCl в диапазоне 0–200 мМ с использованием комплекса фенотипических показателей. Традиционный многоэтапный статистический анализ на основе стресс-индексов и нормализации показателей с использованием функции принадлежности (MFV) сопоставлен с мультитрейтовым индексом расстояния «генотип-идеотип» (MGIDI). Оба подхода привели к совпадающему отбору сортов Бухоро-10, Бухоро-6, Барака и Бухоро-14 как наиболее устойчивых. Полученные результаты показывают, что применение MGIDI позволяет упростить процедуру комплексной оценки и получить сопоставимый результат отбора при раннем скрининге солеустойчивости на основе показателей прорастания, выживаемости и роста.*

Ключевые слова: *хлопчатник, G. hirsutum, солеустойчивость, скрининг, показатели прорастания, выживаемости и роста, MGIDI.*

Abstract. *This study presents a comparative evaluation of statistical approaches for the early screening of salt tolerance in 28 cotton (Gossypium hirsutum L.) cultivars under NaCl concentrations ranging from 0 to 200 mM using germination, survival, and growth parameters. A traditional multi-step statistical approach based on stress indices and normalization of parameters using the membership function (MFV) was compared with the multi-trait genotype-ideotype distance index (MGIDI). Both approaches resulted in the consistent selection of Bukhoro-10, Bukhoro-6, Baraka, and Bukhoro-14 as the most tolerant cultivars. The results indicate that the application of MGIDI can simplify the comprehensive assessment procedure while providing a comparable selection outcome for the early screening of salt tolerance based on germination, survival, and growth parameters.*

Key words: *cotton, Gossypium hirsutum L., salt tolerance, screening, germination, survival and growth parameters, MGIDI.*

Хлопчатник (*Gossypium hirsutum* L.) является важнейшей сельскохозяйственной культурой, стабильное производство которой находится под угрозой из-за глобального расширения площадей засоленных почв [1]. В таких регионах, как Узбекистан, интенсивное орошение и изменение климата приводят к вторичному засолению, что наносит значительный экономический ущерб сельскохозяйственному производству [2]. Избыточное накопление солей вызывает осмотический и ионный стресс, к которому хлопчатник проявляет высокую чувствительность в особенности на ранних стадиях онтогенеза [3]. Солевой стресс в период прорастания семян и формирования проростков приводит к снижению показателей прорастания и роста, включая общую длину проростка, длину побега и корня, а также накопление сырой биомассы [4]. Поскольку показатели прорастания и раннего роста отражают реакцию растений на солевой стресс, их оценка на ранних этапах развития позволяет ускорить отбор хлопчатника по солеустойчивости и выявлять перспективные сорта для дальнейшего изучения и использования в селекционных программах [5].

Оценка адаптивного потенциала требует проведения массового анализа с учетом множества количественных показателей, характеризующих прорастание, выживаемость и рост, включая относительную всхожесть семян, выживаемость проростков, индекс всхожести, энергию прорастания, а также линейные и весовые показатели [5]. В рамках данного исследования для всесторонней оценки был применен сравнительный аналитический подход. С одной стороны, анализ многомерного массива параметров опирался на разработанный нами многоэтапный статистический подход, позволяющий объединить разнородные показатели в единую систему комплексной оценки. Этот аналитический метод включает дисперсионный анализ (ANOVA) и вычисление индивидуальных стресс-индексов для каждого отдельного признака. В дальнейшем данные подвергаются процедуре нормализации с использованием функции принадлежности (MFV), которая приводит все значения, измеряемые в различных единицах, к единой шкале от 0 до 1 [6]. На основе полученных нормализованных значений формируется комплексный индекс толерантности и выстраивается рейтинг сортов. Однако существенным ограничением данного подхода является необходимость учета мультиколлинеарности, обусловленной высокой корреляцией между отдельными ростовыми показателями. В ситуациях, когда базовые методы снижения размерности, в частности анализ главных компонент (PCA), не способны полностью элиминировать непропорциональный вклад высокоскоррелированных данных в модель, может сохраняться риск искажения итоговой оценки устойчивости [7].

Именно ввиду того, что часть избыточного вклада переменных остается нескомпенсированной алгоритмом PCA, в качестве альтернативного подхода выступает мультитрейтовый индекс расстояния «генотип-идеотип» (MGIDI) [8]. Представленный подход базируется на математическом моделировании «идеотипа» - гипотетического объекта с оптимальным сочетанием целевых признаков. Алгоритм MGIDI осуществляет преобразование исходных данных и факторный анализ, позволяющие учитывать взаимосвязи между признаками и снизить размерность данных, после чего рассчитывает расстояние между фактическим генотипом и смоделированным идеотипом. Сравнение представленных подходов показало, что переход от разработанного алгоритма с двойной стандартизацией к применению индекса MGIDI не приводит к изменению результатов отбора, поскольку оба метода генерируют идентичные результаты отбора. При этом применение MGIDI позволяет упростить процедуру комплексной оценки за счет объединения нескольких показателей в рамках единого индекса.

Материалы и методы. В исследование были включены 28 сортов хлопчатника (*G. hirsutum* L.) местной и зарубежной селекции (табл. 1).

Таблица 1.

Список сортов хлопчатника для оценки устойчивости к солевому стрессу.

№	Сорт	Вид	Страна
	Афсона	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Барака	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Buhoro-102	*G. hirsutum*	Узбекистан

	Buhoro-6	*G. hirsutum*	Узбекистан
	С-4727	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Гульбахор-2	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Ишонч	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Келажак	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Купайсин	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Наманган-102	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Наманган-34	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Наманган-77	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Насаф	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Навбахор-2	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Омад	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Порлок-1	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Равнак-1	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Султон	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Чимбой	*G. hirsutum*	Узбекистан
	ТМ-1	*G. hirsutum*	США
	Jinken-1402	*G. hirsutum*	Китай
	Туркан	*G. hirsutum*	Турция
	Xin Lu Zhong-87	*G. hirsutum*	Китай
	Xin Lu Zoa-78	*G. hirsutum*	Китай
	Chuntay-2	*G. hirsutum*	Китай
	Junjen	*G. hirsutum*	США
	Buhoro-10	*G. hirsutum*	Узбекистан
	Buhoro-14	*G. hirsutum*	Узбекистан



Рис. 1. Состояние проростков сорта Гульбахор-2 при различных концентрациях NaCl.

Эксперименты проводились в контролируемых условиях фитотрона при освещенности 1000 люкс, фотопериоде 16/8 ч (свет/темнота) и температуре 28–30 °C. Оценка солеустойчивости осуществлялась по модифицированному методу [6]. Предварительно замоченные семена высевали рандомизированно по 10 семян в каждый горшок в трех биологических повторностях. Моделирование солевого стресса проводили с использованием

растворов хлорида натрия (NaCl) в концентрациях 0 мМ (контроль), 50 мМ, 100 мМ, 150 мМ и 200 мМ. Полив осуществляли каждые двое суток в объеме 100 мл: для контрольных растений использовали дистиллированную воду, для опытных групп - соответствующие растворы NaCl. Наличие дренажа в горшках обеспечивало отвод избытка воды и предотвращало переувлажнение субстрата; при этом содержание солей в субстрате в конце 21-дневного эксперимента не учитывали.

Оценка показателей прорастания, выживаемости и роста

На 21-е сутки эксперимента проводили измерение показателей роста проростков. Линейные размеры проростков измеряли методом цифрового анализа изображений на фоне калибровочной миллиметровой сетки (рис. 1) с использованием программного обеспечения ImageJ версии 1.53e [9]. Сырую массу проростков определяли индивидуально для каждого растения с использованием аналитических весов.

Комплексная оценка степени толерантности каждого сорта базировалась на 8 ключевых морфологических показателях:

Относительная всхожесть семян (*RGP*, %). Данный показатель отражает способность семян сохранять всхожесть в условиях засоления по отношению к контрольной группе. Показатель используется для оценки устойчивости различных сортов к осмотическому и ионному стрессу на начальных этапах онтогенеза [10]:

$$RGP = \frac{GPt}{GPc} \text{ x } 100$$

где GPt - всхожесть семян в условиях стресса, GPc - всхожесть семян в контроле.

Выживаемость проростков (*SP*, %). Данный показатель отражает способность проростков сохранять жизнеспособность в условиях солевого стресса. В настоящем исследовании показатель использовали для оценки реакции сортов хлопчатника на воздействие NaCl. Показатель определяли по формуле [11]:

$$SP = \frac{\text{Ns}}{\text{Ng}} \text{ x } 100$$

где Ns - количество выживших растений на момент фиксации данных, Ng - количество первоначально проросших семян.

Индекс всхожести семян за 10 суток (GI). Данный показатель характеризует скорость и интенсивность прорастания семян в условиях солевого стресса [5]. В настоящем исследовании индекс рассчитывали по формуле:

$$\text{GI} = \sum_{i=1}^{10} \frac{\text{Ni}}{\text{Di}}$$

где Ni - кумулятивное количество семян, проросших ко дню Di (i = 1, 2, ..., 10).

Энергия прорастания (GE, %). Данный показатель характеризует скорость и интенсивность прорастания семян на начальном этапе проращивания и отражает их жизнеспособность в условиях стресса [12]. В настоящем исследовании GE рассчитывали как процентное отношение количества проросших семян на 4-е сутки к общему числу высаженных семян:

$$\text{GE\%} = \frac{\text{Количества проросших семян (4 д)}}{\text{Общее число высаженных семян}} \text{ x } 100$$

Сырая масса проростков (FW). Данный показатель отражает накопление сырой биомассы проростков в условиях солевого стресса. В настоящем исследовании сырую массу каждого проростка определяли индивидуально в граммах с использованием аналитических весов.

Длина проростка до эпикотиля (SL). Показатель характеризует рост корневой системы в условиях солевого стресса. Длину главного корня измеряли в сантиметрах от корневой

шейки до апикальной меристемы методом цифрового анализа изображений с использованием программы ImageJ v1.53e.

Длина корня (RL). Параметр отражает степень устойчивости корневой системы к осмотическому и ионному воздействию солей. В исследовании длина главного корня определялась в сантиметрах от корневой шейки до апикальной меристемы с применением цифровой морфометрии в программе ImageJ v1.53e.

Общая длина проростка (TL). Показатель характеризует общую длину проростка и рассчитывался в сантиметрах как сумма длины надземной части (SL) и длины корня (RL).

Статистическая обработка данных

Первичную количественную оценку реакции растений на солевой стресс проводили путем расчета индивидуального стресс-индекса (*SI*) для каждого изучаемого показателя [5]:

$$SI = \frac{Xc - Xt}{Xc}$$

где *Xc* - среднее арифметическое значение признака в контрольной группе, *Xt* - среднее значение в условиях солевого стресса.

Для комплексного анализа полученных данных по всем изучаемым показателям проводили их последующую трансформацию и стандартизацию. На основе *SI* рассчитывали индекс толерантности к соли (*STI*) для сравнения реакции сортов при различных концентрациях NaCl по формуле [5; 13]:

$$STI = \frac{STIт}{STIc}$$

где: *SIt* - стресс-индекс тестовой группы, *SIc* - стресс-индекс контрольной группы. Значения *STI* выражали в процентах по отношению к контрольной группе.

Поскольку изучаемые показатели характеризовались различными единицами измерения, полученные значения требовалось нормализовать и стандартизировать [14]. Стандартизацию данных проводили с использованием функции принадлежности (*MFV*) [13]:

$$MFV = \frac{X - Xmin}{Xmax - Xmin}$$

X - фактически измеренное значение *STI* для каждого сорта по конкретному показателю;

Xmax - максимальное значение *STI* по данному показателю среди всех сортов в эксперименте;

Xmin - минимальное значение *STI* по данному показателю среди всех сортов в эксперименте.

Применение *MFV* позволило привести значения *STI*, полученные для различных показателей, включая линейные размеры, массу проростков и показатели всхожести, к единой шкале от 0 до 1, обеспечивая их сопоставимость и последующую интеграцию.

Итоговую оценку солеустойчивости сортов проводили путем их разделения на четыре условные категории на основе среднего арифметического значения (*MD*) и стандартного отклонения (*SD*) по интегральным показателям [15; 16]:

- *Значения* > MD + SD – высокоустойчивые;
- MD < *Значения* ≤ MD + SD – устойчивые;
- MD - SD < *Значения* ≤ MD – среднеустойчивые;
- *Значения* ≤ MD - SD – неустойчивые.

Статистическую обработку данных и их визуализацию выполняли с использованием пакета STATISTICA 12 [17], Microsoft Excel и среды R [18]. Отбор сортов по совокупности признаков солеустойчивости проводили с использованием мультитрейтового индекса расстояния «генотип-идеотип» (MGIDI) при интенсивности селекционного отбора 20% [7]. Расчет индекса MGIDI выполняли с использованием пакета metan [8] в среде RStudio (версия 4.5.1).

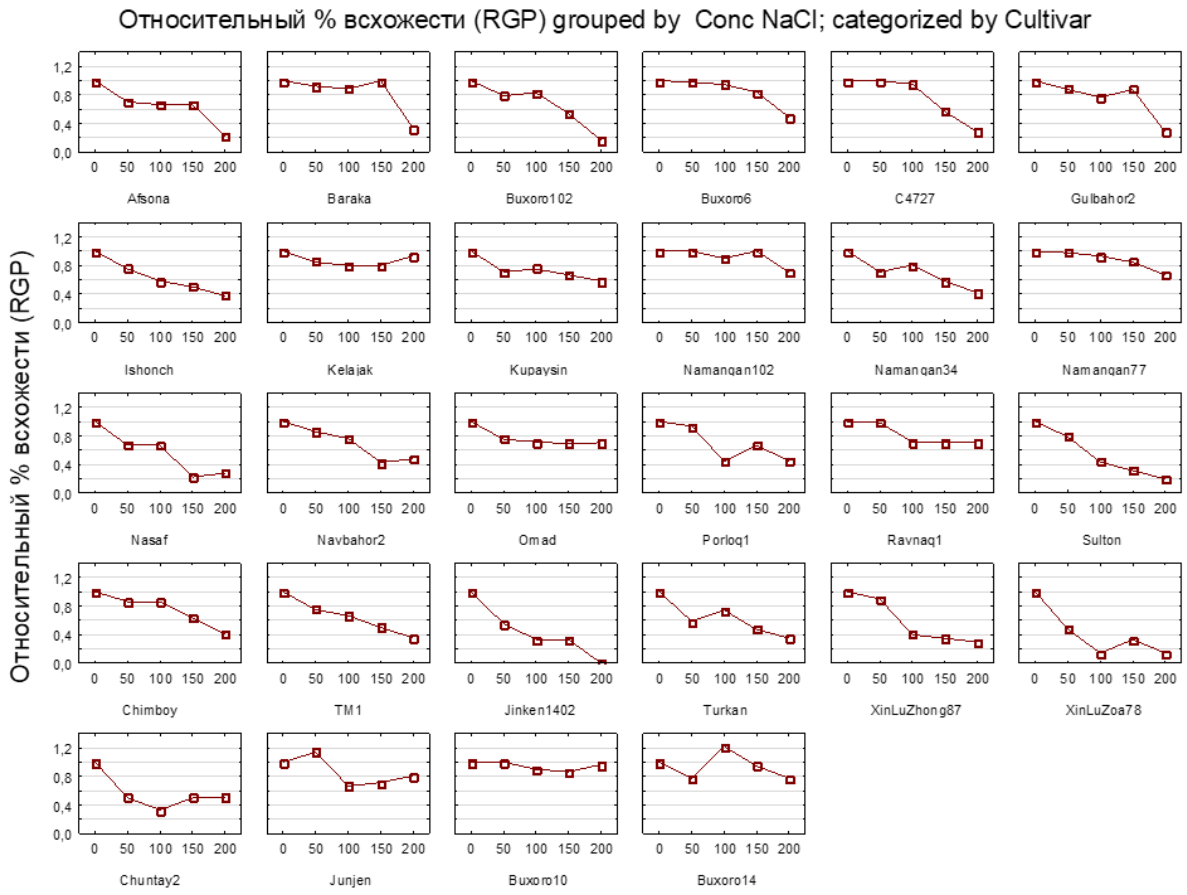


Рис. 2. Относительная всхожесть семян исследованных сортов хлопчатника при различных концентрациях NaCl.

Результаты и обсуждение. На основании анализа относительной всхожести семян (*RGP*) сортов в условиях солевого стресса (0–200 мМ NaCl) (рис. 2) сорта можно условно разделить на три группы. К устойчивым сортам могут быть отнесены ТМ-1, Junjen, Бухоро-10 и Бухоро-14, которые характеризовались наименьшим и наиболее плавным снижением относительной всхожести во всем диапазоне концентраций NaCl. Сохранение высокого уровня *RGP* при повышении концентрации соли характеризует их как наиболее устойчивые по данному показателю. К группе среднеустойчивых сортов могут быть отнесены Афсона, С-4727, Барака, Бухоро-6, Гулбахор-2, Ишонч, Келажак, Купайсин, Наманган-102, Наманган-34, Наманган-77, Навбахор-2, Порлок-1, Равнақ-1 и Чимбой. Для этих сортов характерно умеренное и относительно равномерное снижение *RGP*, что соответствует промежуточной реакции на солевой стресс. К чувствительным сортам могут быть отнесены Xin Lu Zhong-87, Xin Lu Zoa-78, Chuntay-2, Султон, Бухоро-102, Насаф, Омад, Jinken-1402 и Туркан. Эти сорта характеризовались наиболее резким снижением *RGP*, при этом минимальные значения показателя наблюдались уже при средних концентрациях NaCl. Такая динамика указывает на выраженное снижение способности семян к прорастанию в условиях солевого стресса.

Анализ выживаемости проростков (*SP*) в условиях солевого стресса показал, что наиболее выраженное снижение показателя наблюдалось в диапазоне 150–200 мМ NaCl (рис. 3). К устойчивым по данному показателю сортам могут быть отнесены ТМ-1, Junjen, Бухоро-10, Барака, Бухоро-6, Гулбахор-2, Ишонч, Келажак, Купайсин, Наманган-102, Наманган-34, Наманган-77 и Навбахор-2. Для этих сортов характерна относительно высокая стабильность выживаемости: значения *SP* часто сохранялись на уровне выше 80–90 %. К группе среднеустойчивых по данному показателю могут быть отнесены Бухоро-14, Афсона, С-4727, Насаф, Омад, Порлок-1, Равнақ-1, Чимбой, Jinken-1402, Туркан и Xin Lu Zhong-87. У этих сортов при повышении концентрации NaCl наблюдалось умеренное снижение *SP*, при этом значения показателя сохранялись преимущественно в диапазоне 50–80 %. К чувствительным сортам могут быть отнесены Xin Lu Zoa-78, Chuntay-2, Бухоро-102 и Султон, для которых

характерно резкое снижение *SP* в диапазоне 150–200 мМ NaCl. При максимальной концентрации NaCl у некоторых сортов, в частности Xin Lu Zoa-78, наблюдалось почти полное снижение выживаемости.

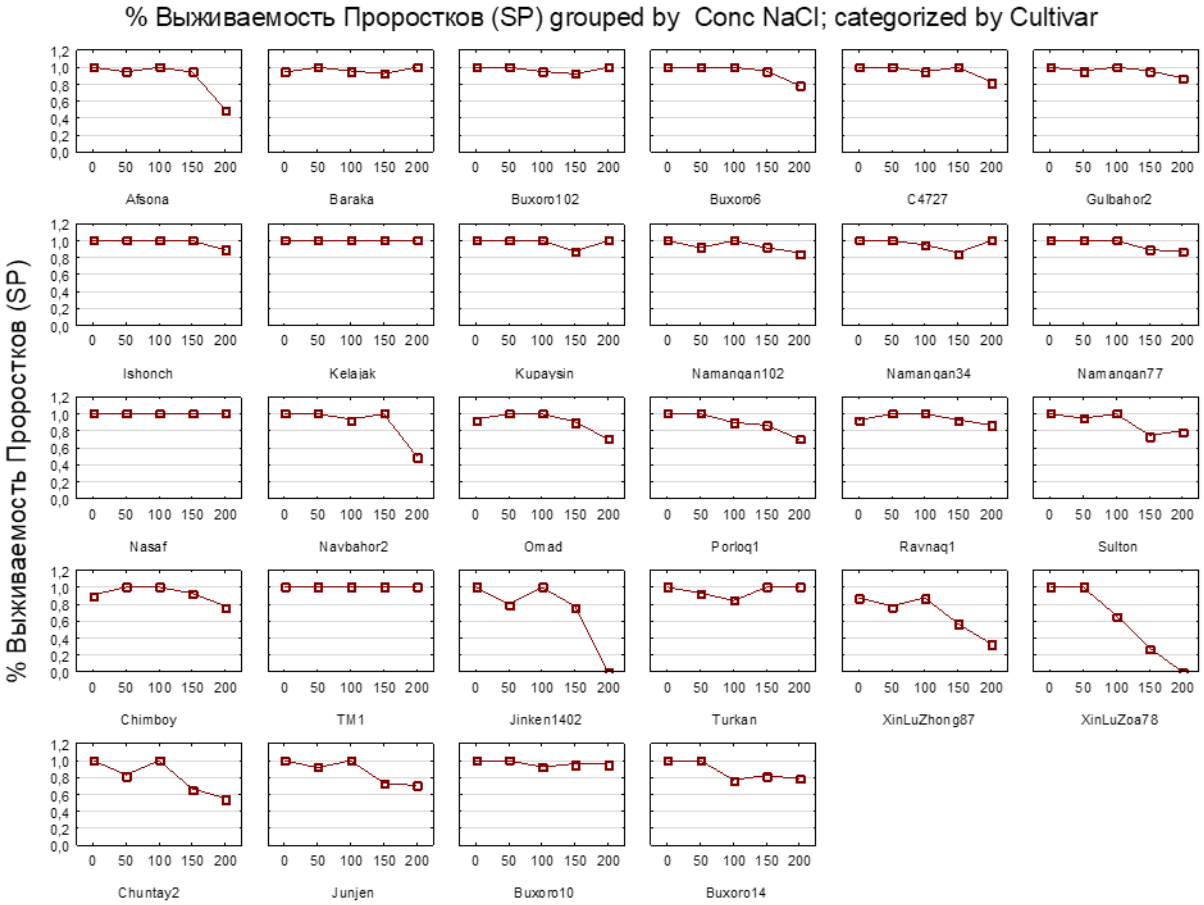


Рис. 3. Процент выживших растений исследованных сортов хлопчатника при различных концентрациях NaCl.

Распределение сортов по индексу всхожести семян (*GI*) представлено на рис. 4. К устойчивым по данному показателю сортам могут быть отнесены ТМ-1, Junjen, Бухоро-10, Бухоро-14, Барака, Бухоро-6, Гулбахор-2, Наманган-102 и Навбахор-2. Эти сорта характеризовались наиболее высокими и стабильными значениями *GI*, при этом у некоторых из них наблюдалось повышение показателя при средних концентрациях NaCl. К группе среднеустойчивых по данному показателю могут быть отнесены Афсона, С-4727, Ишонч, Келажак, Купайсин, Наманган-34, Наманган-77, Порлок-1, Равнақ-1, Чимбой и Туркан. У этих сортов значения *GI* варьировали в умеренном диапазоне и не снижались до наиболее низких значений, характерных для чувствительных сортов. К чувствительным сортам могут быть отнесены Бухоро-102, Насаф, Омад, Султон, Jinken-1402, Xin Lu Zhong-87, Xin Lu Zoa-78 и Chuntay-2. Для этих сортов характерны наиболее низкие значения *GI* и выраженное снижение показателя при повышении концентрации NaCl, что отражает снижение скорости прорастания в условиях солевого стресса.

На основании анализа энергии прорастания (*GE*) исследуемые сорта можно условно разделить на три группы (рис. 5). К устойчивым по данному показателю сортам могут быть отнесены ТМ-1, Junjen, Бухоро-10, Барака, Келажак, Купайсин, Наманган-102 и Наманган-77. Эти сорта характеризовались наименьшим снижением *GE* и сохраняли относительно высокие значения показателя даже при максимальной концентрации NaCl.

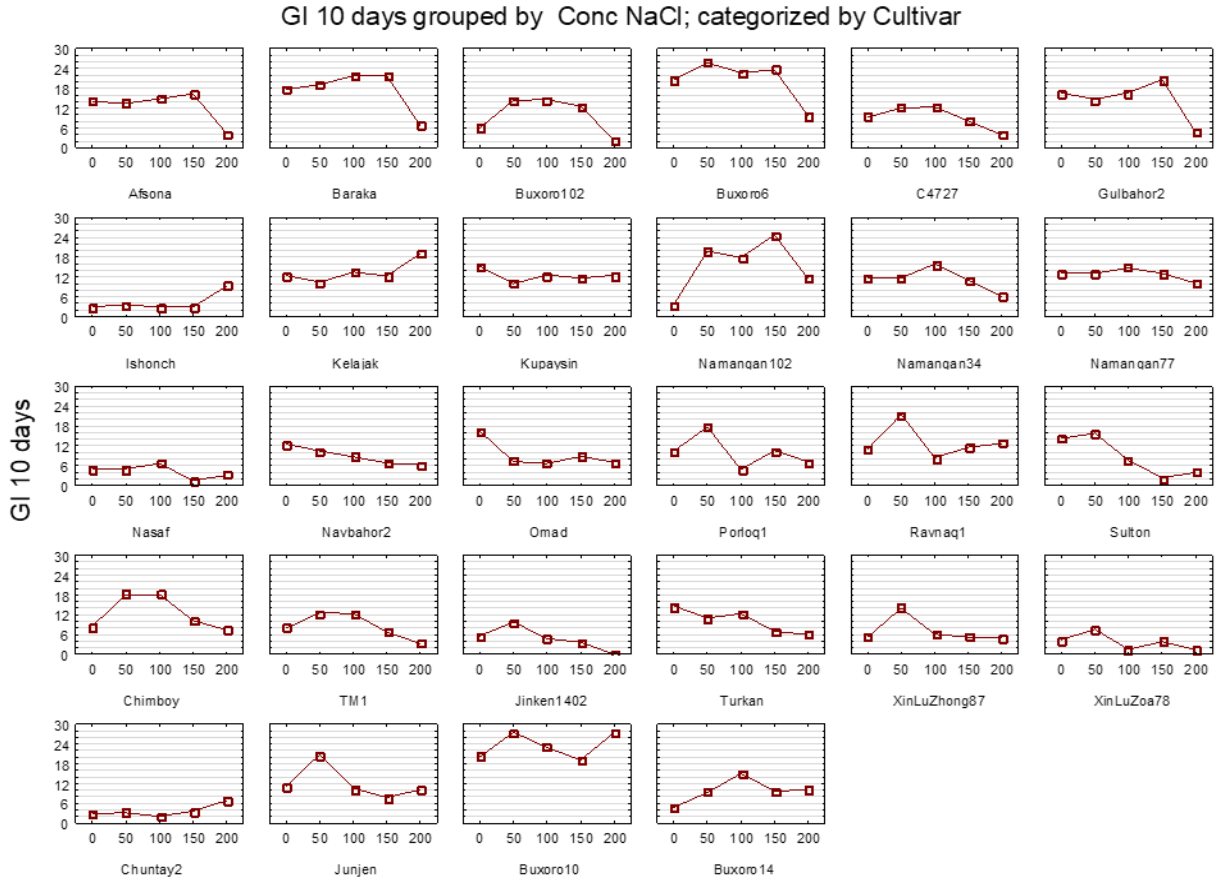


Рис. 4. Индекс всхожести семян исследованных сортов хлопчатника при различных концентрациях NaCl.

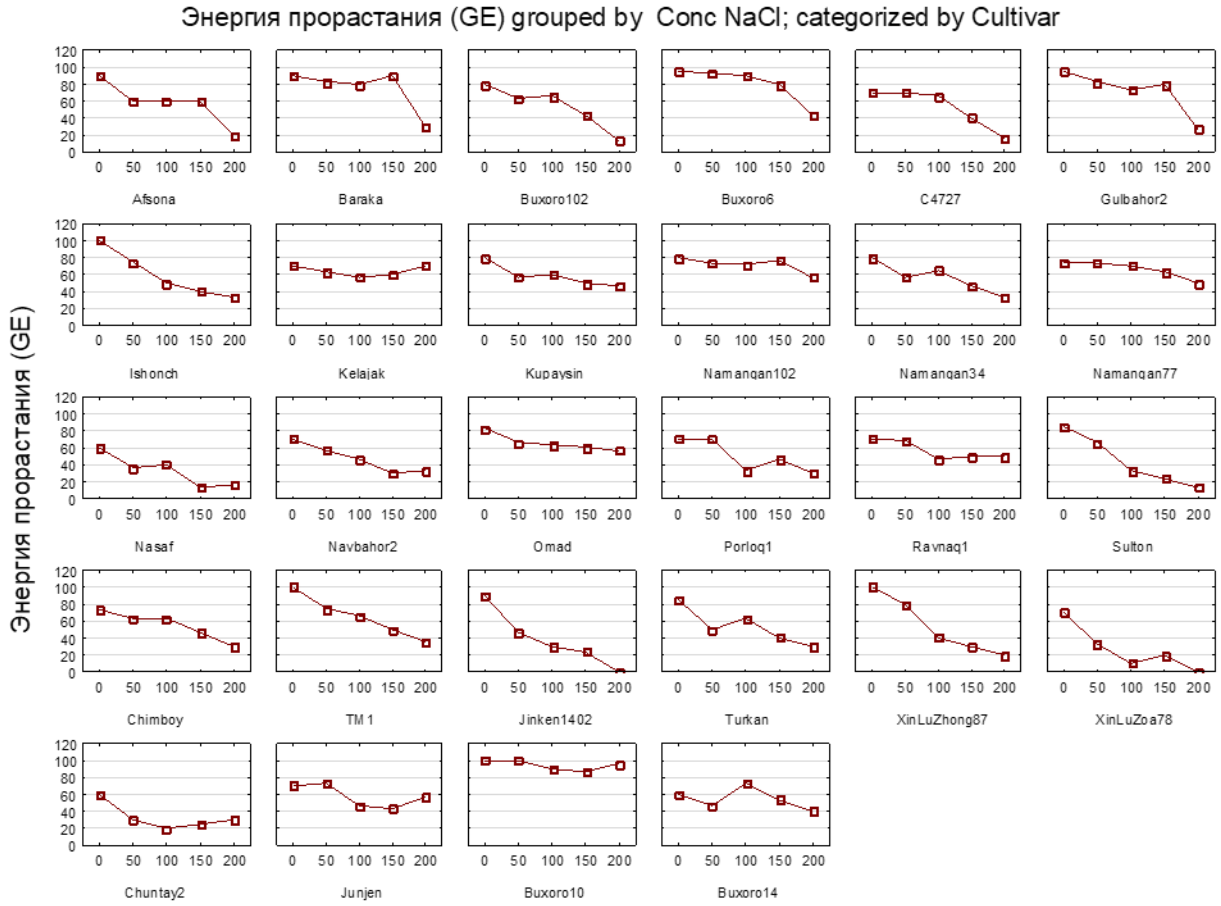


Рис. 5. Энергия прорастания семян исследованных сортов хлопчатника при различных концентрациях NaCl.

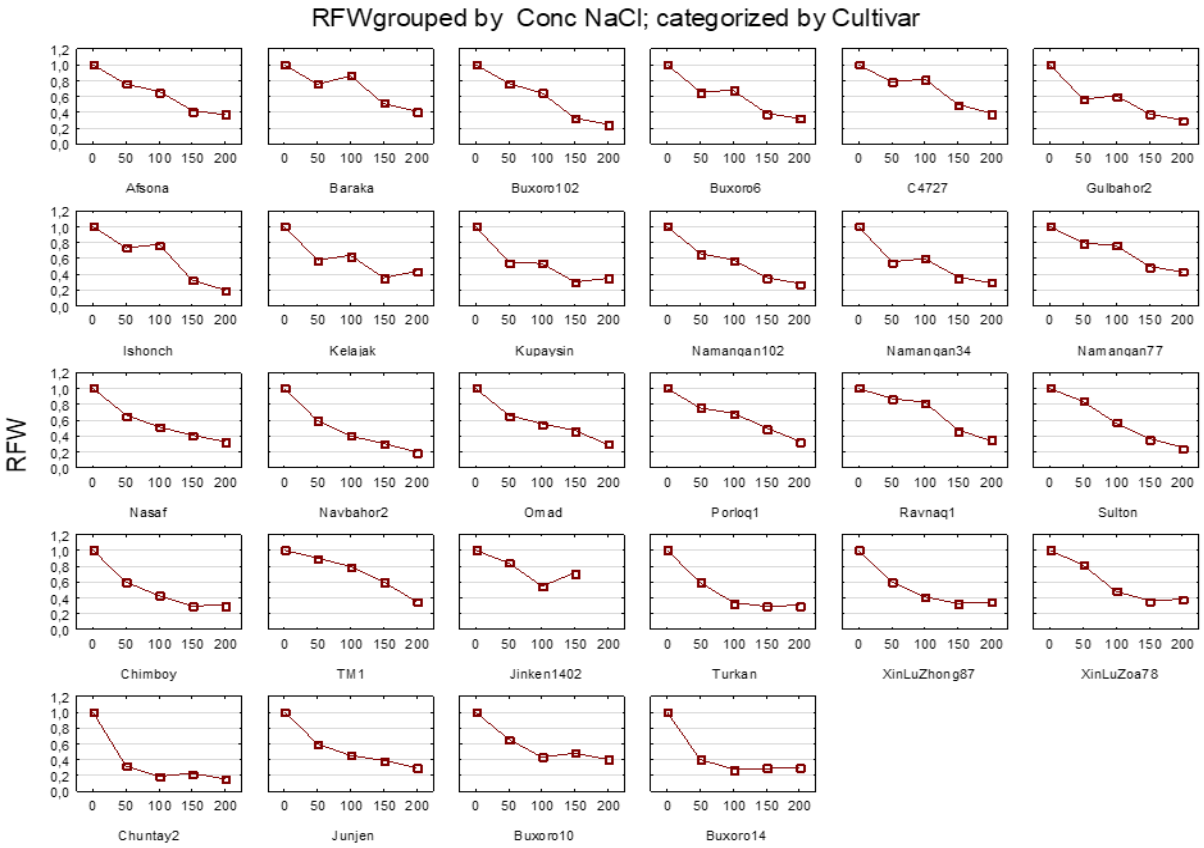


Рис. 6. Относительная сырая масса проростка (RFW) исследованных сортов хлопчатника при различных концентрациях NaCl.

К группе среднеустойчивых по данному показателю могут быть отнесены Афсона, Бухоро-6, Гулбахор-2, Ишонч, Наманган-34, Навбахор-2, Порлок-1, Равнақ-1, Чимбой, Туркан и Бухоро-14. У этих сортов наблюдалось умеренное снижение *GE*, при этом значения показателя оставались выше, чем у чувствительных сортов. К чувствительным сортам могут быть отнесены Бухоро-102, С-4727, Насаф, Омад, Султон, Jinken-1402, Xin Lu Zhong-87, Xin Lu Zoa-78 и Chuntay-2. Эти сорта характеризовались наиболее резким снижением *GE* до низких или нулевых значений, что отражает выраженное снижение скорости прорастания в условиях солевого стресса.

На основании анализа относительной сырой массы проростков (RFW) в условиях солевого стресса (0–200 мМ NaCl) (рис. 6) сорта можно условно разделить на три группы. К устойчивым по данному показателю могут быть отнесены ТМ-1, Junjen, Бухоро-10, Барака, Гулбахор-2, Келажак, Купайсин, Наманган-102 и Наманган-77. Эти сорта характеризовались наиболее плавным снижением RFW и сохраняли относительно высокую массу проростков даже при максимальной концентрации NaCl.

К группе среднеустойчивых по данному показателю могут быть отнесены Афсона, Бухоро-6, С-4727, Ишонч, Наманган-34, Порлок-1, Равнақ-1, Чимбой, Туркан и Бухоро-14. У этих сортов наблюдалось умеренное снижение RFW при повышении концентрации NaCl. К чувствительным сортам могут быть отнесены Бухоро-102, Насаф, Навбахор-2, Омад, Султон, Jinken-1402, Xin Lu Zhong-87, Xin Lu Zoa-78 и Chuntay-2. Эти сорта характеризовались наиболее резким и значительным снижением RFW до минимальных значений, что отражает выраженное снижение накопления сырой биомассы в условиях солевого стресса.

На основании анализа относительной длины стебля проростка (RSL) в условиях солевого стресса (0–200 мМ NaCl) (рис. 7) сорта можно условно разделить на три группы. К устойчивым по данному показателю могут быть отнесены ТМ-1, Junjen, Бухоро-10, Барака и Наманган-77. Эти сорта характеризовались наиболее плавным снижением RSL и сохраняли относительно большую длину стебля даже при максимальной концентрации NaCl. К группе среднеустойчивых по данному показателю могут быть отнесены Афсона, Бухоро-6, С-4727,

Гулбахор-2, Келажак, Купайсин, Наманган-102, Наманган-34, Навбахор-2, Порлок-1, Равнақ-1, Чимбой, Туркан и Бухоро-14. У этих сортов наблюдалось умеренное снижение RSL при повышении концентрации NaCl, при этом значения показателя сохранялись на среднем уровне. К чувствительным сортам могут быть отнесены Бухоро-102, Ишонч, Насаф, Омад, Султон, Jinken-1402, Xin Lu Zhong-87, Xin Lu Zoa-78 и Chuntay-2. Эти сорта характеризовались наиболее резким и значительным снижением RSL, что отражает выраженное снижение длины надземной части проростков в условиях солевого стресса.

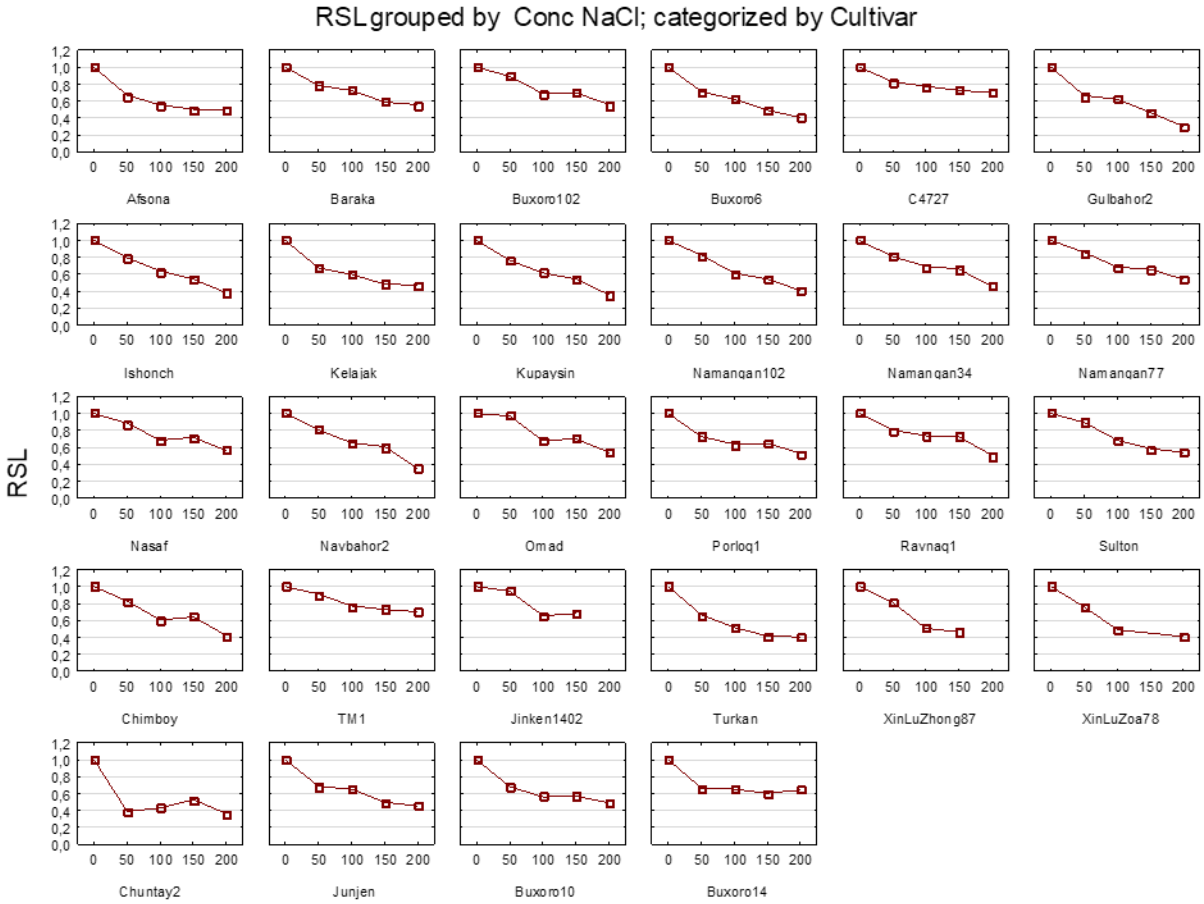


Рис. 7. Длина стебля проростка (см) исследованных сортов хлопчатника при различных концентрациях NaCl.

На основании анализа относительной длины корня проростка (RRL) в условиях солевого стресса (0–200 мМ NaCl) (рис. 8) сорта можно условно разделить на три группы. К устойчивым по данному показателю могут быть отнесены TM-1, Junjen, Барака, С-4727, Наманган-34, Наманган-77 и Бухоро-14. Эти сорта характеризовались наиболее плавным снижением RRL и сохраняли относительно большую длину корня даже при максимальной концентрации NaCl. К группе среднеустойчивых по данному показателю могут быть отнесены Афсона, Бухоро-6, Гулбахор-2, Келажак, Купайсин, Наманган-102, Навбахор-2, Порлок-1, Равнақ-1, Чимбой, Туркан и Бухоро-10. У этих сортов наблюдалось умеренное снижение RRL при повышении концентрации NaCl, при этом значения показателя сохранялись на среднем уровне. К чувствительным сортам могут быть отнесены Бухоро-102, Ишонч, Насаф, Омад, Султон, Jinken-1402, Xin Lu Zhong-87, Xin Lu Zoa-78 и Chuntay-2. Эти сорта характеризовались наиболее резким и значительным снижением RRL, что отражает выраженное снижение относительной длины корня в условиях солевого стресса.

Анализ общей длины проростка (TL) также позволил условно разделить исследуемые сорта на три группы. К устойчивым по данному показателю могут быть отнесены TM-1, Junjen, Бухоро-10, Барака, Келажак, Купайсин, Наманган-102 и Наманган-77. Эти сорта характеризовались наиболее плавным снижением TL и сохраняли относительно высокие значения показателя при максимальной концентрации NaCl. К группе среднеустойчивых по

данному показателю могут быть отнесены Афсона, Бухоро-6, С-4727, Гулбахор-2, Ишонч, Наманган-34, Навбахор-2, Порлок-1, Равнақ-1, Чимбой, Туркан и Бухоро-14. У этих сортов наблюдалось умеренное снижение TL при повышении концентрации NaCl, при этом значения показателя сохранялись на среднем уровне. К чувствительным сортам могут быть отнесены Бухоро-102, Насаф, Омад, Султон, Jinken-1402, Xin Lu Zhong-87, Xin Lu Zoa-78 и Chuntay-2. Эти сорта характеризовались наиболее резким и значительным снижением TL, что отражает выраженное снижение общей длины проростка в условиях солевого стресса.

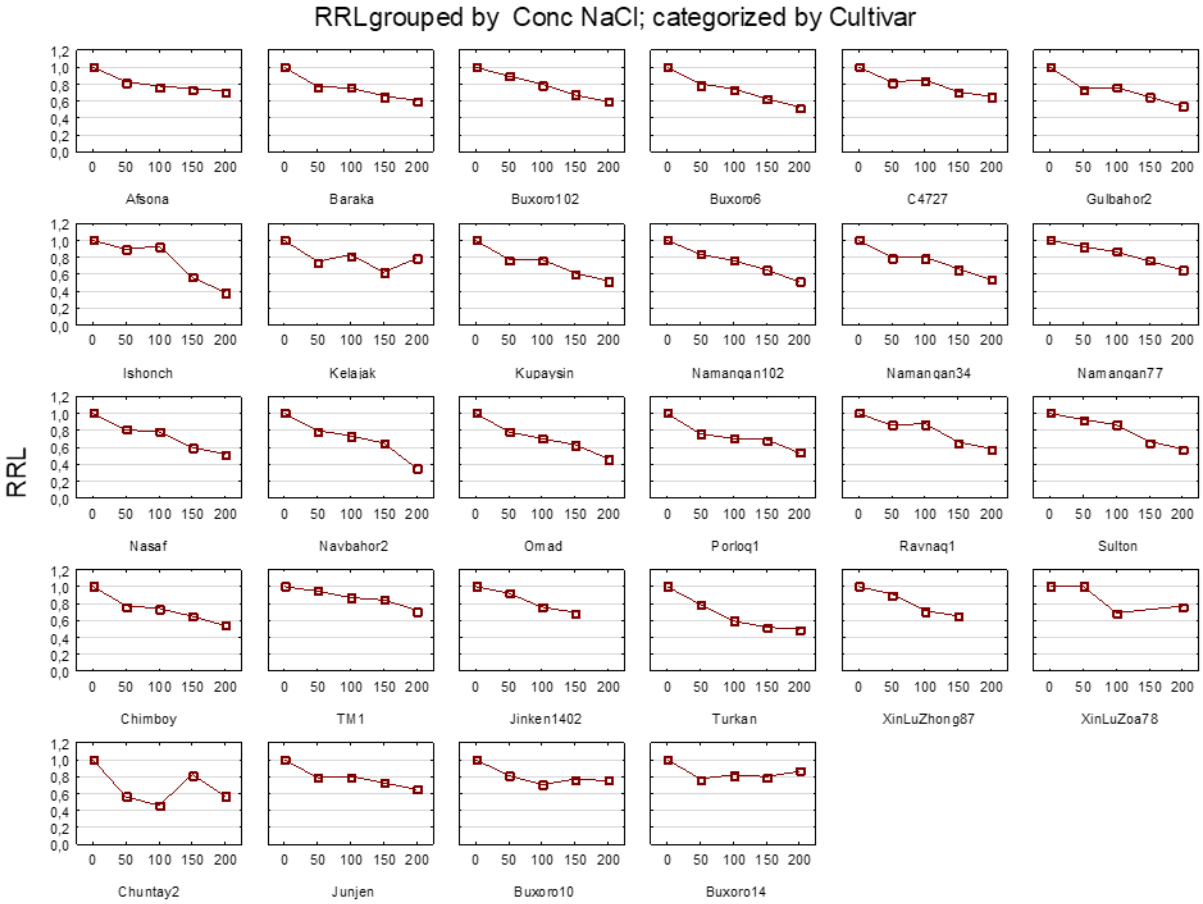


Рис. 8. Длина корня проростка (см) исследованных сортов хлопчатника при различных концентрациях NaCl.

Для комплексного анализа данных по всем изучаемым показателям проводили их трансформацию и стандартизацию. На основе индивидуальных стресс-индексов рассчитывали индекс толерантности к соли (*STI*), после чего полученные значения трансформировали с использованием функции принадлежности (*MFV*) в безразмерную шкалу от 0 до 1. Это позволяло привести значения различных показателей, включая линейные размеры, массу проростков и параметры всхожести, к сопоставимой шкале и объединить их для последующей комплексной оценки. На основе средних значений и стандартного отклонения по выборке сорта распределяли на четыре условные категории солеустойчивости: высокоустойчивые, устойчивые, среднеустойчивые и неустойчивые (табл. 2).

Таблица 2.

Оценка устойчивости/чувствительности исследованных сортов к засоленности почвы.

Код	Сорт	Устойчивость
1	Афсона	Tolerant
2	Барака	High
3	Бухоро-102	Moderate
4	Бухоро-6	High
5	С-4727	Tolerant
6	Гульбахор-2	Tolerant
7	Ишонч	Sensitive
8	Келажак	Tolerant

9	Купайсин	Tolerant
10	Наманган-102	Tolerant
11	Наманган-34	Tolerant
12	Наманган-77	Tolerant
13	Насаф	Sensitive
14	Навбахор-2	Sensitive
15	Омад	Tolerant
16	Порлок-1	Tolerant
17	Равнак-1	Moderate
18	Султон	Sensitive
19	Чимбой	Tolerant
20	ТМ-1	Moderate
21	Jinken-1402	Sensitive
22	Туркан	Moderate
23	XinLuZhong-87	Moderate
24	XinLuZoa-78	Sensitive
25	Chuntay-2	Sensitive
26	Junjen	Moderate
27	Бухоро-10	High
28	Бухоро-14	Tolerant

Для комплексной оценки сортов по совокупности изучаемых показателей применяли мультитрейтовый индекс расстояния «генотип-идеотип» (MGIDI) (рис. 9). Индекс MGIDI позволяет оценить степень близости каждого сорта к смоделированному идеотипу с оптимальным сочетанием изучаемых признаков. При установленной интенсивности селекционного отбора 20% из 28 исследованных сортов были выделены четыре сорта с наименьшими значениями индекса MGIDI (рис. 9).

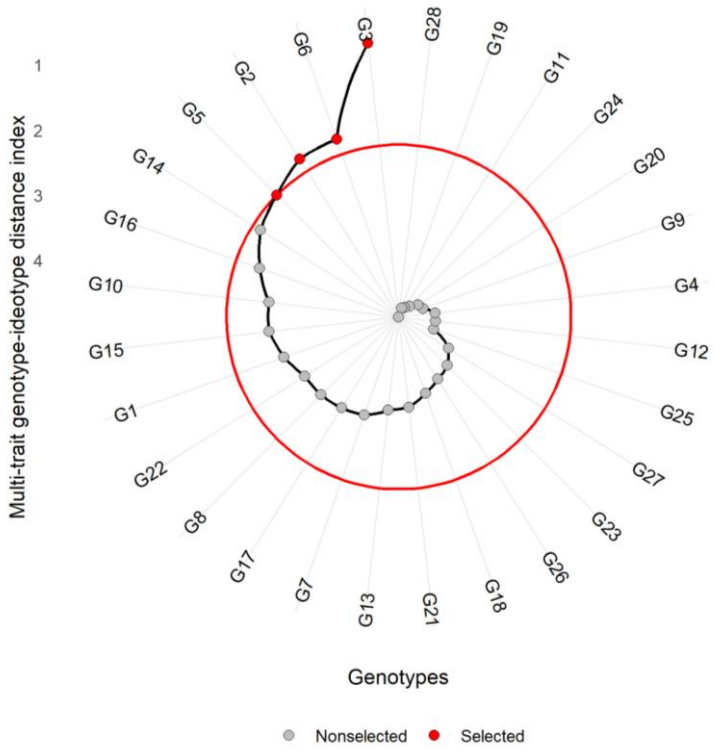


Рис. 9. Рейтинг исследуемых сортов хлопчатника по значению индекса MGIDI.

Минимальное значение индекса MGIDI наблюдалось у сорта Бухоро-10 (C3) и составило 0,64, что соответствует наибольшей близости его профиля к смоделированному идеотипу по совокупности изучаемых признаков. В число четырех отобранных сортов также вошли Бухоро-6 (C6) со значением MGIDI 1,97, Барака (C2) — 2,00 и Бухоро-14 (C5) — 2,22. Таким образом, по результатам анализа MGIDI были выделены четыре сорта с наименьшими значениями индекса: Бухоро-10, Бухоро-6, Барака и Бухоро-14.

Полное совпадение состава отобранных сортов при использовании индекса MGIDI и многоэтапного подхода на основе стресс-индексов и нормализации показателей (табл. 2) свидетельствует о сопоставимости результатов двух методов. При этом применение MGIDI позволяет отказаться от последовательного расчета и интеграции отдельных стресс-индексов и нормализованных показателей, объединяя многопризнаковую оценку в рамках единого индекса. Таким образом, в условиях настоящего исследования MGIDI не продемонстрировал преимущества по составу отобранных сортов по сравнению с многоэтапным подходом, однако позволил получить идентичный результат отбора при более компактной процедуре комплексной оценки, что делает его удобным инструментом для многопризнакового скрининга солеустойчивости сортов хлопчатника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Khan MA, Wahid A, Ahmad M, Tahir MT, Ahmed M, Ahmad S, et al. World cotton production and consumption: An overview. In: Ahmad S, Hasanuzzaman M, editors. Cotton production and uses: agronomy, crop protection and postharvest technolo*GI*es. Singapore: *SP*rin*GE*r Singapore; 2020. p. 1-7.

2. Hopmans JW, Qureshi AS, Kisekka I, Munns R, Grattan SR, Rengasamy P, et al. Critical knowled*GE* gaps and research priorities in global soil salinity. Adv Agron. 2021;169:1-191.

3. Maryum Z, Luqman T, Nadeem S, Khan SMUD, Wang B, Ditta A, et al. An overview of salinity stress, mechanism of salinity tolerance and strate*GI*es for its mana*GE*ment in cotton. Front Plant Sci. 2022; 13:907937.

4. Chaudhary MT, Majeed S, Rana IA, Ali Z, Jia Y, Du X, et al. Impact of salinity stress on cotton and opportunities for improvement through conventional and biotechnolo*GI*cal approaches. BMC Plant Biol. 2024;24:1-13.

5. Munawar W., Hameed A., Khan M. K. R. Differential Morphophysiolo*GI*cal and Biochemical Re*SP*onses of Cotton *GE*notypes Under Various Salinity Stress Levels During Early Growth Sta*GE*. Front. Plant Sci. 2021. Vol. 12. 622309.

6. Wang, W., Zhao, Y., Wang, W., Xu, K., Niu, L., Yu, L., et al. (2022). Evaluation of Salt Tolerance Mechanism and Study on Salt Tolerance Relationship of Different Salt-Tolerant Wheat Varieties. Comput. Intell. Neurosci. 2022.

7. Gul N, Khan Z, Shani MY, Hafiza BS, Saeed A, Khan AI, et al. Identification of salt-resilient cotton *GE*notypes using integrated morpho-physiolo*GI*cal and biochemical markers at the seedling sta*GE*. Sci Rep. 2025;15:1-14.

8. Olivoto T, Lúcio ADC. metan: an R packa*GE* for multi-environment trial analysis. Methods Ecol Evol. 2020;11:783-89.

9. Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. (2012). NIH Ima*GE* to Ima*GE*J: 25 years of ima*GE* analysis. Nat Methods. 9:671-75.

10. Duan Y, Zheng H, Wen H, Qu D, Cui J, Li C, Wang J, Liu H, Yang L, Jia Y, et al. Identification of Candidate *GE*nes for Salt Tolerance at the *GE*rmination Sta*GE* in Japonica Rice by *GE*nome-Wide Association Analysis. Agriculture. 2022; 12(10):1588. https://doi.org/10.3390/agriculture12101588.

11. Nabati, J., Nezami, A., Kakhki, A.M. et al. Cold tolerance in *Cicer arietinum* L. seedlings: multivariate insights into freezing stress resistance. BMC Plant Biol 26, 504 (2026). https://doi.org/10.1186/s12870-026-08352-w

12. Yuan, Y., Wu, C., Liu, L., Ma, Q., Yang, Q., & Feng, B. (2022). Unravelling the distinctive growth mechanism of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) under salt stress: From root-to-leaf adaptations to molecular re*SP*onse. GCB Bioenergy, 14, 192–214. https://doi.org/10.1111/gcbb.12910

13. An M, Huang X, Long Y, Wang Y, Tan Y, Qin Z, Ai X, Wang Y. Salt tolerance evaluation and key salt-tolerant traits at *GE*rmination sta*GE* of upland cotton. Front Plant Sci. 2025 Jan 23;15:1489380. doi: 10.3389/fpls.2024.1489380. PMID: 39917600; PMCID: PMC11799247.

14. Wu H, Guo J, Wang C, Li K, Zhang X, Yang Z, Li M and Wang B (2019) An Effective Screening Method and a Reliable Screening Trait for Salt Tolerance of *Brassica napus* at the *GE*rmination Sta*GE*. Front. Plant Sci. 10:530. doi: 10.3389/fpls.2019.00530

15. Gomez, K.A. and Gomez, A.A. (1984) Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York, 680 p.

16. Sruthi SR, Ahmad Z, Sharma A, Lokesh V, Laleeth Kumar N, Pearlin AR, Janani R, Anbu Selvam Y, Ramakrishnan M. GWAS and Regularised Regression Identify SNPs Associated with Candidate *GE*nes for Sta*GE*-*SP*ecific Salinity Tolerance in Rice. Plants (Basel). 2026 Mar 28;15(7):1046. doi: 10.3390/plants15071046. PMID: 41977707; PMCID: PMC13075185.

17. StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.

18. R Core Team. (2016). R: A Langua*GE* and Environment for Statistical Computing. R Core Team.

УЎК: 579.8:582.288

ҒЎЗАНИНГ F_3 АВЛОД ПОПУЛЯЦИЯЛАРИДА СУВ ТАЪМИНОТИ РЕЖИМЛАРИНИНГ БИР ЎСИМЛИКДАГИ ПАХТА ВАЗНИГА ТАЪСИРИ

Н.Н. Санаев, б.ф.д., кат.и.х., ЎзР ФА Генетика ва ЎЭБИ, Тошкент
ORCID ID: 0009-0002-9532-0666

Аннотация. *Мазкур тадқиқотда турли генотипга мансуб ғўзанинг F_3 авлод популяцияларида сув билан таъминланишнинг ҳар хил схемалари шароитида бир ўсимликдаги пахта вазнининг ўзгариши ўрганилди. Таҳлиллар ўсимликларнинг конуссимон, цилиндрсимон ва тарвақайлаган шакллари бўйича амалга оширилди. Натижалар шуни кўрсатдики, сув таъминоти режимларининг ўзгариши генотиплар маҳсулдорлигига турлича таъсир кўрсатган. Энг юқори пахта вазни Л-8 × Гулбаҳор-2 комбинациясида 1-3-1 суғориш схемасида қайд этилди. Айрим популяциялар юқори маҳсулдорликни сақлаб қолган бўлса, бошқалари сув таъминоти ўзгаришига нисбатан сезгирлик намоён қилди.*

Калит сўзлар: *пахта, F_3 авлод, гибрид популяция, сув таъминоти, маҳсулдорлик, бир ўсимликдаги пахта вазни, генотип.*

Аннотация. *В данном исследовании изучено изменение массы хлопка с одного растения в популяциях хлопчатника поколения F_3 различного генотипического происхождения в условиях различных схем водообеспечения. Анализ проводился по растениям конической, цилиндрической и раскидистой форм. Результаты показали, что изменение режимов водообеспечения по-разному влияет на продуктивность генотипов. Наибольшая масса хлопка была зарегистрирована у комбинации Л-8 × Гульбахор-2 при схеме орошения 1-3-1. Некоторые популяции сохранили высокую продуктивность, тогда как другие проявили чувствительность к изменению условий водообеспечения.*

Ключевые слова: *хлопок, поколение F_3, гибридная популяция, водообеспечение, продуктивность, масса хлопка с одного растения, генотип.*

Abstract. *This study investigated the variation in cotton yield per plant in F_3 generation cotton populations of different genotypes under various water supply regimes. The analysis was conducted on plants with conical, cylindrical, and spreading growth forms. The results demonstrated that changes in water supply regimes affected the productivity of genotypes differently. The highest cotton yield per plant was recorded in the L-8 × Gulbahor-2 hybrid combination under the 1-3-1 irrigation scheme. While some populations maintained high productivity, others exhibited sensitivity to changes in water supply conditions.*

Key words: *cotton, F_3 generation, hybrid population, water supply, productivity, cotton yield per plant, genotype.*

Кириш. Сўнги йилларда кузатилаётган глобал иқлим ўзгаришлари биосферада ҳаво ҳароратининг кўтарилиши туфайли иқлим қурғоқчилиги ортиб боришини эътибордан четда қолдирмаган ҳолда, иқлимнинг салбий таъсирини камайтириш учун унга мослашиш чораларини кўриш зарур. Ноқулай об-ҳаво шароитлари, сув танқислиги ва қурғоқчилик сабабли қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришига салбий таъсир кўрсатмоқда. Бундай шароитда аҳолини озиқ-овқатга, саноатни эса хомашёга бўлган талабини қондиришда замонавий технологияларни ишлаб чиқиш, деҳқончилик маданиятини ошириш, экинларнинг юқори ва сифатли ҳосилли янги навларини яратиш муҳим аҳамият касб этади.

Дунё миқёсида ғўзанинг ёввойи турлари иштирокида олинган намуналарда қурғоқчиликка чидамлилик белгисини генетик-физиологик асосларини аниқлаш, *Gossypum* L. авлодининг маданийлаштирилган ғўза турларида тола сифати кўрсаткичлари, ҳосилдорлиги юқори ва қимматли хўжалик белгиларига эга бўлган, ноқулай ташқи омилларга бардошли навлар яратиш, *G.hirsutum* L. турига мансуб туричи ва турлараро дурагайлаш асосида олинган тизмаларни маҳаллий навлар билан чатиштириш орқали дурагай авлодлар генотипларини бойитиш ҳамда тола чиқими ва сифати кўрсаткичлари яхшиланган, тезпишар, турли касаллик ва зараркунандаларга ҳамда сув танқислигига бардошли бўлган янги дурагайларни ажратиб

олиш асосида амалиётга кенг татбиқ қилиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда. Ғўза генотипларини сув етишмаслик шароитларга мослашиш имкониятларини ошириш, қурғоқчиликка чидамли навларни яратишда белги ва хусусиятларнинг шаклланишига генотип ва ташқи муҳит омилларининг таъсирини ўрганиш, унинг генетик ва морфо-физиологик механизмларини очиб беришда мавжуд нав, тизма ва дурагай популяциялар ичидан сув танқислигига чидамли донорлар ажратиб олиш ўта долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда сўнги йилларда *G.hirsutum* L. турига мансуб ўрта толали сув танқислигига чидамли, серҳосил, тола сифати юқори бўлган навлар яратилди. Шу ютуқлар билан бирга, янги навларда эртапишарлик, сув танқислигига чидамли, тола чиқими ва сифат кўрсаткичлари янада юқори бўлишлигига доир ишлар амалга оширилмоқда. Ушбу тадқиқотларда илк маротаба ғўзанинг *G. thurberi* Tod, *G. raimondii* Ulbr., *G. stocksii* Mast, *G. anomalum* Wawra et Peyr, *G. arboreum* L., *G. harknessii* Brandg каби ёввоий диплоид турлари иштирокида олинган интрогрессив тизмаларда сув билан турлича таъминланган шароитларда мақсадли танлов олиб бориш натижасида қурғоқчиликка чидамли, тола чиқими 40 % дан юқори бўлган эртапишар генотипларни ажратиб олиш муҳим аҳамият касб этади.

Тегишли илмий манбаларда ҳам селекцион тадқиқотларда нав ва дурагайларнинг турли сув режимларида ўстирилганида қанчалик даражада маҳсулдорликни намоён қилишини ўрганишга алоҳида эътибор берилади [1-6].

Материал ва услублар: Тадқиқотнинг объекти сифатида Л-384 × Л-483, Л-534 × Л-403, Гулбаҳор-2 × Л-384, Навбаҳор-2 × Л-534, Л-6 × Навбаҳор-2, Л-8 × Навбаҳор-2, Л-6 × Гулбаҳор-2, Л-8 × Гулбаҳор-2 сингари 8 та $Ғ_3$ авлод комбинациялари танлаб олинди. Популяциялар уч хил, яъни 0-1-0, 0-2-1 ва 1-3-1 схемасида сув билан таъминланиш шароитларида баҳоланди.

Бир дона ўсимликдаги пахтанинг вазни конуссимон, цилиндрсимон ва тарвақайлаган ўсимлик шакллари бўйича ҳисобланди.

1-жадвал

$Ғ_3$ авлодларнинг сув билан турлича таъминланган шароитда 1 та ўсимликдаги пахта вазни таҳлили

№	$Ғ_3$ авлод популяциялари	Сув билан таъминланиш схемаси	Ўсимликнинг конуссимон шаклида 1 та ўсимликдаги пахта вазни (г)	Ўсимликнинг цилиндрсимон шаклида 1 та ўсимликдаги пахта вазни (г)	Ўсимликнинг тарвақайлаган шаклида 1 та ўсимликдаги пахта вазни (г)
1	2	3	4	5	
1	Л-384 х Л-483	0-1-0	53.22±6.10	47.38±14.6	49.35±6.57
		0-2-1	79.19±6.74	56.50±4.66	29.80±6.88
		1-3-1	83.55±7.75	42.38±4.56	47.96±9.52
2	Л-534 х Л-403	0-1-0	69.65±4.95	20.09±6.39	52.81±7.88
		0-2-1	63.07±6.44	36.14±3.28	39.36±8.89
		1-3-1	70.49±6.15	29.67±5.18	-
3	Гулбаҳор-2 х Л-384	0-1-0	78.47±11.5	29.34±11.6	49.88±14.5
		0-2-1	54.98±9.13	32.01±2.88	38.87±8.63
		1-3-1	96.76±11.8	38.26±5.40	59.00±11.0
4	Навбаҳор-2 х Л-534	0-1-0	64.16±6.61	29.85±5.87	38.24±6.90
		0-2-1	56.08±5.63	33.75±3.76	39.64±4.36
		1-3-1	68.33±7.79	35.85±4.63	50.17±4.01
5	Л-6 х Навбаҳор-2	0-1-0	75.65±6.96	34.97±6.75	31.45±2.82
		0-2-1	62.32±4.48	28.23±4.34	23.96±4.30
		1-3-1	79.20±7.57	36.67±2.79	-
6	Л-8 х Навбаҳор-2	0-1-0	66.76±8.02	31.73±6.61	31.89±5.20
		0-2-1	63.92±3.28	40.14±4.02	52.16±11.8
		1-3-1	78.38±5.29	38.14±7.52	84.02±7.73
7	Л-6 х Гулбаҳор-2	0-1-0	63.51±8.20	13.41±1.93	47.33±7.38
		0-2-1	69.44±5.16	16.49±5.23	24.08±2.67
		1-3-1	74.35±5.02	30.68±4.12	65.45±9.52
8	Л-8 х Гулбаҳор-2	0-1-0	55.28±8.47	33.68±6.65	46.81±5.63
		0-2-1	58.50±5.74	30.24±4.09	60.65±6.91
		1-3-1	98.35±9.09	56.87±5.41	96.68±13.3

Натижалар ва умумий таҳлил: Кўрсаткичлар M ± SE кўринишида таҳлил қилинди (1-жадвал).

1-жадвалда келтирилган маълумотларнинг статистик таҳлили турли сув таъминоти режимлари билан генотип хусусиятлари ўртасида мураккаб ўзаро таъсир мавжудлигини кўрсатди.

Конуссимон шаклли ўсимликларда энг юқори кўрсаткич Л-8 × Гулбаҳор-2 комбинациясининг 1-3-1 схемасида қайд қилиниб, 98.35 г ни ташкил этди. Гулбаҳор-2 × Л-384 комбинациясида ҳам юқори натижа кузатилиб, мазкур кўрсаткич 96.76 г га тенг бўлди. Л-384 × Л-483 комбинациясида сув миқдорининг оширилиши билан пахта вазни сезиларли ортиб борган. Жумладан, 0-1-0 схемасида 53.22 г бўлган кўрсаткич 1-3-1 вариантида 83.55 г га етган. Бу ушбу генотипнинг қўшимча намликдан самарали фойдаланиш қобилияти юқори эканлигини кўрсатади. Гулбаҳор-2 × Л-384 комбинациясида ҳам суғориш меъёрининг ошиши маҳсулдорликка ижобий таъсир кўрсатган. 0-2-1 вариантида 54.98 г бўлган бир ўсимликдаги пахта вазни 1-3-1 схемасида 96.76 г ни ташкил этди. Бу эса мазкур популяция юқори адаптив имкониятларга эга эканлигини англатади.

Цилиндрсимон шаклга эга бўлган ўсимликларда кўрсаткичлар нисбатан паст эканлиги кузатилди. Бироқ Л-8 × Гулбаҳор-2 комбинацияси бу шаклда ҳам юқори маҳсулдорликни намоён қилди. 1-3-1 схемасида бир ўсимликдаги пахта вазни 56.87 г га етди. Л-384 × Л-483 комбинациясида эса энг юқори кўрсаткич 56.50 г ни ташкил қилди. Айрим генотипларда цилиндрсимон шаклли ўсимликларнинг маҳсулдорлиги сезиларли даражада паст бўлган. Масалан, Л-6 × Гулбаҳор-2 комбинациясида 0-1-0 схемасида пахта вазни атига 13.41 г ни ташкил этганлиги аниқланди. Бу эса мазкур шаклга эга ўсимликларнинг маҳсулдорлик бўйича самарадорлиги чекланганлигини кўрсатади.

Тарвақайлаган шаклли ўсимликларда энг юқори кўрсаткичлар яна Л-8 × Гулбаҳор-2 комбинациясида кузатилди. 1-3-1 суғориш схемасида бир дона ўсимликдаги пахта вазни 96.68 г га етди. Шунингдек, Л-8 × Навбаҳор-2 комбинациясида ҳам юқори натижа қайд қилиниб, 84.02 г ни ташкил қилди.

Л-6 × Гулбаҳор-2 комбинациясида сув таъминотининг оширилиши билан маҳсулдорликнинг ортиши аниқ кузатилди. Тарвақайлаган шаклларда пахта вазни 47.33 г дан 65.45 г гача кўтарилди. Бу ҳолат мазкур популяциянинг намликка юқори жавоб реакциясига эга эканлигини кўрсатади.

Умуман олганда, таҳлил қилинган популяциялар орасида Л-8 × Гулбаҳор-2 комбинацияси барча шаклларда ва деярли барча суғориш вариантларида юқори маҳсулдорлик кўрсатди. Бу эса уни кейинги селекция ишлари учун қимматли манба сифатида баҳолаш имконини беради.

Олинган натижалар ғўза генотипларининг сув таъминоти шароитларига муносабати ирсий жиҳатдан фарқ қилишини кўрсатди. Суғориш меъёрининг ортиши аксарият ҳолларда маҳсулдорликнинг ошишига олиб келган бўлса-да, айрим комбинацияларда бу таъсир унчалик юқори бўлмаган. Конуссимон ва тарвақайлаган шаклларда юқори маҳсулдорлик кўрсаткичларининг қайд қилиниши мазкур морфотипларнинг генератив органларни шакллантиришда устунликка эга эканлигини кўрсатади. Айниқса, Л-8 × Гулбаҳор-2 сингари комбинация юқори маҳсулдорлик ва сув таъминотига яхши жавоб қайтариши билан ажралиб турди.

Ушбу натижалар мазкур комбинацияларни қурғоқчиликка чидамли ва юқори ҳосилли навлар яратиш бўйича дастурларига жалб қилиш мақсадга мувофиқлигини кўрсатади.

Маълумотларнинг таҳлилий натижаларига асосан шундай хулоса қилиш мумкинки, F_3 авлод популяцияларида бир ўсимликдаги пахта вазни генотип ва сув таъминоти режимига боғлиқ ҳолда кенг доирада ўзгаради.

Турли сув режимларида ҳам ижобий кўрсаткичларни пайдо қилувчи генотиплар қаторида Л-8 × Гулбаҳор-2, Гулбаҳор-2 × Л-384 ва Л-8 × Навбаҳор-2 комбинацияларини кейинги селекция ишлари учун истиқболли манбалар сифатида тавсия этиш мумкин.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Basal H., Unay A., Canavar O. Water stress effects on fiber quality parameters and yield components of cotton // African Journal of Biotechnology. 2009. Vol. 8(23). P. 6553-6559.
2. Blum A. Plant Breeding for Water-Limited Environments. // New York: Springer, 2011. P. 255.
3. Boyer J.S. Plant productivity and environment // Science. 1982. Vol. 218. P. 443-448.
4. Lamb J., Rowland D., Sorensen R. Irrigation management effects on cotton growth and yield. // Agronomy Journal. 2014. Vol. 106 (5). P. 1691-1698.
5. Pettigrew W.T. Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. // Crop Science. 2004. Vol. 44. P. 1265-1272.
6. Snider J.L., Oosterhuis D.M. Physiology and breeding for drought tolerance in cotton. // Journal of Plant Sciences. 2011. Vol. 6 (4). P. 173-183.

УДК: 636.5:633.88

ВЫРАЩИВАНИЕ AZOLLA CAROLINIANA WILLD. В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ КНОПА И СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Р.Б. Сарварова, докторант, Бухарский государственный университет, Бухара

Annotatsiya. *Parrandachilikda oqsil manbalarini qimmat bo'lmagan, tez tiklanadigan xomashyo bilan to'ldirish masalasi azolla biomassasining amaliy qiymatini oshiradi. Maqsad — Azolla caroliniana Willd.ni Knop oziqa muhitida o'stirish samaradorligini baholash va uni parrandachilikda qo'llashning maqbul yo'nalishlarini aniqlashdir. Xulosa shuki, Knop muhiti azolla uchun barqaror biomassa va yuqori oqsil to'planishini ta'minlaydi; bu ko'rsatkichlar uni parranda ratsionida oqsil qo'shimchasi sifatida joriy etish uchun aniq biotexnologik asos yaratadi.*

Kalit so'zlar: *oqsil qo'shimchasi, mineral oziqa muhiti, parrandachilik ratsioni, suv paporotnigi, vegetativ o'sish, yem-xashak biomassasi*

Аннотация. *В птицеводстве дефицит доступных белковых компонентов стимулирует поиск растительного сырья с быстрым накоплением биомассы и стабильным химическим составом. Цель работы — оценить выращивание Azolla caroliniana Willd. на питательной среде Кнопа и определить наиболее рациональные способы её применения в кормлении птицы. Полученные данные показывают, что среда Кнопа обеспечивает устойчивое накопление биомассы и высокий протеиновый потенциал азоллы, что создаёт биотехнологическую основу для её использования как белковой добавки в рационе птицы.*

Ключевые слова: *белковая добавка, минеральная питательная среда, птицеводческий рацион, водный папоротник, вегетативный рост, кормовая биомасса*

Abstract. *The shortage of affordable protein ingredients in poultry farming keeps increasing interest in plant raw materials that can rapidly accumulate biomass while preserving a stable chemical profile. The aim of the study was to evaluate the cultivation of Azolla caroliniana Willd. in Knop nutrient medium and to identify the most rational ways of using it in poultry feeding. These findings indicate that Knop medium supports stable biomass accumulation and a high protein level in azolla, providing a clear biotechnological basis for its introduction as a protein additive in poultry diets.*

Keywords: *protein additive, mineral nutrient medium, poultry diet, aquatic fern, vegetative growth, fodder biomass*

Введение: Недостаточная разработанность выращивания Azolla caroliniana Willd. в питательной среде Кнопа сохранялась из-за разрыва между биотехнологической оптимизацией и кормовым использованием в птицеводстве [1]. Азолла рассматривалась как белковая водный папоротник, однако для этой культуры до сих пор не были согласованы pH 5,5–6,5, фотопериод 12–16 ч и контроль минерального состава среды [2]. На этом фоне акклиматизация исходного материала становилась критическим этапом, поскольку именно она определяла устойчивость биомассы и последующую пригодность сырья для кормовой оценки [3]. Целью исследования было экспериментально обосновать режим выращивания Azolla caroliniana Willd. в питательной среде Кнопа и определить способы использования полученной биомассы в птицеводстве. Задачами были: 1) акклиматизировать исходный

материал; 2) поддержать pH 5,5–6,5; 3) задать фотопериод 12–16 ч; 4) контролировать минеральный состав среды; 5) сопоставить четыре режима питания; 6) оценить пригодность биомассы для белковой добавки. Новизна состояла в объединении выращивания и кормовой оценки в одном биотехнологическом контуре, что позволило связать параметры среды Кнопа с прикладной пригодностью азоллы [5].

Методология: Azolla caroliniana Willd. была взята как единица культивирования, поскольку именно ее реакция на состав питательной среды Кнопа определяет последующую кормовую пригодность биомассы для птицеводства [1]. В лабораторном эксперименте использовали 60 проб, распределенных по трем вариантам среды и четырем режимам минерального питания, при трех повторностях каждого варианта. Акклиматизацию исходного материала проводили до стабилизации плавающего покрова и сохранения морфологической целостности, что снижало стартовую вариабельность между пробами [3]. Для поддержания физиологически допустимого режима контролировали pH 5,5–6,5 и фотопериод 12–16 ч, поскольку отклонение от этих границ изменяет темп нарастания сырой массы и накопление азота в ткани [2]. Такой набор условий позволил сопоставлять не только рост, но и пригодность полученной массы для включения в рацион птицы [4].

Таблица 1

Схема лабораторного опыта по выращиванию Azolla caroliniana Willd.

Вариант	Состав среды	n	Повторности	Длительность, суток
1	Кнопа без добавок	20	3	14–21
2	Кнопа + минеральная добавка	20	3	14–21
3	Кнопа + органическая добавка	20	3	14–21

Согласно данным таблицы 1, схема опыта обеспечила сопоставимость вариантов при одинаковой продолжительности культивирования и равном числе повторностей. Разделение на минеральный и органический режимы было необходимо для оценки того, как состав среды Кнопа влияет на прирост сырой массы и выход сухого вещества. Именно такая структура позволила связать биомассу с последующей кормовой оценкой без смешения эффектов среды и времени [3]. Для птицеводства это принципиально, поскольку белковая ценность азоллы зависит не только от урожайности, но и от концентрации сырого протеина [4].

Результаты: После 21 суток культивирования в среде Кнопа сырая биомасса Azolla caroliniana Willd. возросла во всех вариантах, а максимальный прирост был зафиксирован при минеральной добавке. В таблице 2 приведены сопоставимые значения сырой массы, сухого вещества и сырого протеина для трёх вариантов опыта, где различия между режимами питания сохранялись на всём интервале наблюдения. Наибольший выход сухого вещества составил 7,0 г/л, тогда как минимальный показатель удержался на уровне 4,5 г/л, что укладывается в заданный диапазон продуктивности.

Таблица 2

Динамика роста Azolla caroliniana Willd. в питательной среде Кнопа

Вариант	Сырая биомасса, г/л (14-е сутки)	Сырая биомасса, г/л (21-е сутки)	Прирост, раз	Сухое вещество, г/л	Сырой протеин, % СВ
Кнопа без добавок	8,4 ± 0,6	18,1 ± 1,0	2,15	4,5 ± 0,3	18,2 ± 0,7
Кнопа + минеральная добавка	8,6 ± 0,5	30,1 ± 1,4	3,50	7,0 ± 0,4	27,8 ± 0,9
Кнопа + органическая добавка	8,5 ± 0,4	24,0 ± 1,2	2,82	5,8 ± 0,3	22,6 ± 0,8

Анализ таблицы 2 показал, что минеральная добавка обеспечила не только наибольшую сырую массу, но и максимальную концентрацию сырого протеина в сухой массе. Разница между вариантом с минеральной добавкой и базовой средой составила 12,0 г/л по сырой биомассе на 21-е сутки (30,1 − 18,1 г/л). В варианте с минеральной добавкой сырая биомасса

увеличилась с 8,6 до 30,1 г/л между 14-ми и 21-ми сутками, то есть в 3,50 раза. Органическая добавка заняла промежуточное положение: увеличение массы с 8,5 до 24,0 г/л за тот же период составило 2,82 раза. Эти различия согласуются с биотехнологической ролью минерального баланса питательной среды, описанной в обзорах по азолле [2, 5].

Таблица 3

Кормовая оценка азоллы в птицеводстве

Показатель	Контроль	Опыт 1	Опыт 2	p
Коэффициент кормовой конверсии	2,41 ± 0,08	2,18 ± 0,07	2,03 ± 0,06	0,018
Коэффициент переваримости, %	61,4 ± 1,9	66,8 ± 1,7	71,2 ± 1,5	0,011
Доля проб высокой пригодности, %	56,7	56,7	56,7	0,032
Доля проб средней пригодности, %	33,3	33,3	33,3	0,041
Доля проб низкой пригодности, %	10,0	10,0	10,0	0,047

В таблице 3 коэффициент кормовой конверсии снизился с 2,41 ± 0,08 до 2,03 ± 0,06, что соответствует уменьшению затрат корма на единицу прироста. Одновременно коэффициент переваримости поднялся на 9,8 процентного пункта относительно контроля, а доля проб с высокой пригодностью достигла 56,7 %. Эти значения подтверждают, что биомасса, выращенная в среде Кнопа, сохраняет кормовую ценность после сушки и может использоваться как белковая добавка. Сопоставление с обзором по кормовому применению азоллы показывает совпадение направления эффекта, отмеченного для птицеводства [4].

Заключение: После 21 суток культивирования в питательной среде Кнопа азолла сформировала биомассу, пригодную для кормового использования в птицеводстве. Соотношение оценок пригодности было смещено в сторону высокого уровня: 34 пробы, или 56,7 %, тогда как средний уровень составил 20 проб, а низкий — 6. Это подтверждает, что контролируемое выращивание Azolla caroliniana Willd. обеспечивает не только накопление массы, но и стабильную кормовую ценность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ахмедов Ш.Р., Норматов Б.Б. Azolla caroliniana Willd. ni Knop oziqa muhitida o'stirish va biomassa hosildorligi // O'zbekiston biologiya jurnali. — 2022. — №3. — B. 41-47.

2. Wagner G.M. Azolla: A Review of Its Biology and Utilization // The Botanical Review. — 1997. — Vol. 63. — №1. — P. 1–26. DOI: 10.1007/BF02857915.

3. Karimov A.K., Tillayev N.T. Azolla biomassasini yetishtirishda mineral oziqa muhitlarining ta'siri // O'zbekiston qishloq xo'jaligi ilmiy jurnali. — 2024. — №2. — B. 55-60.

4. Kaur S., Dhillon G.S., Brar S.K. Azolla as a Sustainable Feed Ingredient in Poultry Nutrition: A Review // World's Poultry Science Journal. — 2021. — Vol.77. — №4. — P. 1-14. DOI: 10.1080/00439339.2021.1941234

5. Kollah B., Patra A.K., Mohanty S.R. Aquatic microphylla Azolla: a perspective paradigm for sustainable agriculture, environment and global climate change // Environmental Science and Pollution Research. — 2016. — Vol. 23, № 5. — P. 4358–4369. DOI: 10.1007/s11356-015-5857-9.

6. Alalade O.A., Iyayi E.A. Chemical Composition and the Feeding Value of Azolla (Azolla pinnata) Meal for Egg-Type Chicks // International Journal of Poultry Science. — 2006. — Vol. 5, № 2. — P. 137–141. DOI: 10.3923/ijps.2006.137.141.

7. Haustein A.T., Gilman R.H., Skillicorn P., Guevara V., Vergara V., Gastañaduy A. Use of Azolla in Poultry Feeding: A Review of Research and Practical Applications // World Animal Review. — 1994. — №81. — P. 1-8.

УДК 579.66:577.152.34

ВЫДЕЛЕНИЕ И ПЕРВИЧНЫЙ СКРИНИНГ ДРОЖЖЕВЫХ КУЛЬТУР, ПРОДУЦИРУЮЩИХ L-АСПАРАГИНАЗУ

М.Д. Турсунбоева, базовый докторант, Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
О.М. Пулатова, к.б.н, с.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
Б.Х. Алимова, д.б.н, в.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
А.А. Махсумханов, к.б.н, с.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
Ш.Т. Саъдуллаев, м.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
И.М. Саидова, базовый докторант, Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент
А.К. Муртозоев, м.н.с., Институт микробиорлогии АН РУз, Ташкент

Аннотация. *Турли табиий намуналардан 73 та ачитқи изоляти ажратиб олинди; улардан 35 таси пигмент ҳосил қилувчи (қизил), 38 таси эса пигмент ҳосил қилмайдиган ачитқиларга мансуб. MALDI-TOF MC таҳлили асосида пигмент ҳосил қилувчи ачитқиларнинг 12 та штамми Rhodotorula mucilaginosa турига мансублиги аниқланди. Пигмент ҳосил қилувчи ачитқиларнинг 9 та изоляти L-аспарагиназа ҳосил қилиш қобилиятини кўрсатиб, субстратни бўйяш зоналари 20 мм дан 25 мм гача бўлиши аниқланди. Пигмент ҳосил қилмайдиган ачитқилардан L-аспарагиназа фаоллиги бўйича №20 изолят ажралиб турди ва субстратни бўйяш зонаси 23±1 мм гача етган.*

Калит сўзлари: *ачитқилар, қизил дрожжилар, скрининг, L-аспарагиназа, продуцентлар.*

Аннотация. *Из различных природных образцов было выделено 73 изолята дрожжевых культур, из которых 35 относились к пигментообразующим (красным) дрожжам, а 38 к не пигментообразующим. Обранужено, что на основании анализа MALDI-TOF MC 12 штаммов пигментообразующих дрожжей относятся к виду Rhodotorula mucilaginosa. Среди пигментообразующих дрожжей наиболее высокой L-аспарагиназной способностью обладали 9 изолятов, у которых диаметр зоны окрашивания субстрата варировало от 20 до 25 мм. А среди непигментообразующих дрожжей наиболее высокой L-аспарагиназной активностью отличался изолят №20, диаметр зоны окрашивания которого достигал 23±1 мм.*

Ключевые слова: *дрожжи, красные дрожжи, скрининг, L-аспарагиназа, продуценты.*

Abstract. *73 yeast isolates were isolated from various environmental samples, 35 of which were pigment-forming (red) yeasts and 38 non-pigment-forming yeasts. Based on MALDI-TOF MS analysis, 12 pigment-forming yeast strains were found to belong to the species Rhodotorula mucilaginosa. Among the pigment-forming yeasts, 9 isolates possessed the highest L-asparaginase activity, with the substrate staining zone diameter varying from 20 to 25 mm. Among the non-pigment-forming yeasts, isolate #20 had the highest L-asparaginase activity, with a staining zone diameter reaching 23±1 mm.*

Key words: *yeasts, red yeasts, screening, L-asparaginase, producers.*

Введение. Аспарагиназа (КФ 3.5.1.1) катализирует гидролиз L-аспарагина с образованием L-аспарагиновой кислоты и аммиака. Благодаря способности истощать запасы L-аспарагина в крови, фермент широко применяется в качестве противоопухолевого препарата при лечении некоторых злокачественных заболеваний системы кроветворения, таких как острый лимфобластный лейкоз (ОЛЛ) и неходжкинская лимфома (НХЛ) [1]. Кроме медицинского применения, L-аспарагиназа широко используется в пищевой промышленности для снижения образования акриламида при термической обработке пищевых продуктов, а также способствует сохранению их вкусовых качеств и пищевой ценности [2]. L-аспарагиназа широко распространена в природе и обнаружена у растений, животных, человеке и микроорганизмов. В последние годы особое внимание уделяется микробной L-аспарагиназе благодаря её широким биотехнологическим возможностям и преимуществам, связанным с простотой крупномасштабного производства [5, 6].

В настоящее время основными промышленными источниками L-аспарагиназы являются бактерии *Escherichia coli* и *Erwinia chrysanthemi*, препараты которых одобрены для клинического применения [7]. Однако бактериальная аспарагиназа, являясь белком прокариотического происхождения, при длительном применении может вызывать ряд нежелательных побочных эффектов, включая реакции гиперчувствительности, иммуногенность и снижение терапевтической эффективности вследствие инактивации фермента иммунной системой организма [8].

В связи с этим актуальным направлением современных исследований является поиск новых эукариотических продуцентов L-аспарагиназы, способных синтезировать фермент с более благоприятными биологическими свойствами. Особый интерес представляют дрожжи, поскольку они являются эукариотическими микроорганизмами, обеспечивающими посттрансляционную модификацию белков и соответствующее гликозилирование, что может способствовать снижению иммуногенности и повышению терапевтического потенциала фермента. Многие виды дрожжей обладают высокой скоростью роста, хорошо адаптируются к различным условиям культивирования и способны эффективно синтезировать внеклеточные биологически активные соединения. Эти свойства делают их перспективными объектами промышленной биотехнологии для получения ферментов, используемых в медицине, пищевой промышленности и других отраслях. Несмотря на значительный интерес к дрожжевой L-аспарагиназе, число подробно изученных продуцентов остается ограниченным, что обусловливает необходимость поиска новых высокоактивных штаммов среди природных изолятов.

Целью настоящего исследования является выделение, первичный скрининг и отбор дрожжевых культур, продуцирующих L- аспарагиназу, с последующим выявлением перспективных штаммов, обладающих высоким потенциалом для применения в медицинской биотехнологии.

Методология. Источником выделение дрожжевых культур являлись следующие субстраты: субстанция из бумажного цеха, контаминированные овощи и плоды, пищевые продукты (сыр, кислое молоко, кимиз, сметана), мази основой которой являлись растения мелисса лекарственная (*Melissa officinalis*), мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*), зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum*)), пряности (кардамон) а также образцы почвы газовой месторождение Зеварда.

Выделение чистой культуры дрожжевых изолятов состояло из нескольких этапов: получение накопительной культуры, выделение чистой культуры и определение чистоты выделенной культуры. Для выделения дрожжевых культур использовались как общие, так и селективные питательные среды: сусло и сусло-агар; глюкоза-аммонийная среда для дрожжей; YPD (Yeast, peptone, dextrose) агар для дрожжей; Питательная среда? (на данную среду подана заявка на полезную модель FAP 20260308). Скрининг дрожжевых изолятов на продукцию L-аспарагиназы проводили по методу Гулати и др. [9], используя модифицированную культуральную среду на агаре Чапека-Докса (MCD) (г/л) следующего состава: глюкоза - 2, L-аспарагин - 10, KH_2PO_4 - 1,52, KCl - 0,52, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ - 0,52, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ - 0,01, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ - 0,01, $CuNO_3 \cdot 3H2O$ - 0,01 и агар – 18, в качестве индикатора pH использовали 0,01% бромтимоловый синий.

Исходный раствор бромтимолового синего (БТС), используемого в качестве индикатора pH, готовили в 70% этаноле, и 0,01% этого раствора добавляли в культуральную среду. pH культуральной среды регулировали до 5,5 с помощью 4M NaOH [10]. Для анализа использовали 4–5-суточные культуры дрожжей, выращенные на скошенном агаре. Инокуляцию осуществляли методом укола в цен27 ± 2 °C в темноте в течение 72 ч.тр чашек Петри с MCD-агаром, после чего культуры инкубировали при 27 ± 2 °C в темноте в течение 72 ч.

Через трех дней измеряли диаметр зоны синего цвета, образовавшейся вокруг колонии, что указывало на потенциальную способность изолятов дрожжей продуцировать L-аспарагиназу. Индекс зоны рассчитывали, как отношение диаметра зоны цвета к диаметру

колонии дрожжевых изолятов. Эксперименте Предварительную идентификацию наиболее перспективных дрожжевых изолятов осуществляли методом MALDI-TOF масс-спектрометрии с использованием базы данных производителя прибора. Видовую принадлежность устанавливали на основании сопоставления полученных белковых спектров с референтными профилями базы данных.

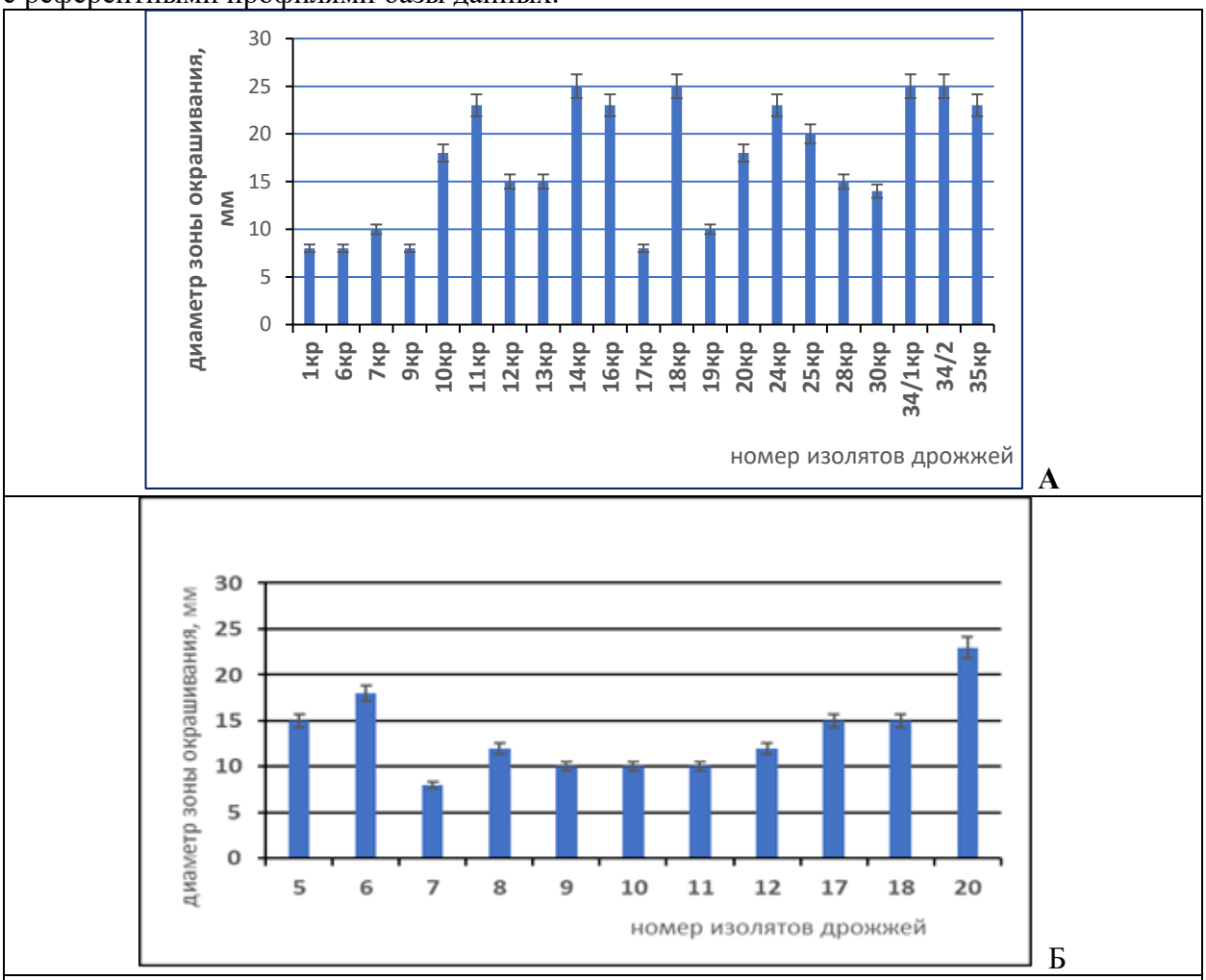


Рис.1. Первичный скрининг дрожжевых изолятов по способности продуцировать L-аспарагиназу (А — пигментообразующие дрожжи; Б — непигментообразующие дрожжи). На рисунке представлены только изоляты, проявившие L-аспарагиназную активность; изоляты, не вызывавшие изменения окраски среды, не показаны.

Результаты. Из различных природных и пищевых субстратов было выделено 73 изолята дрожжевых культур, из которых 35 относились к пигментообразующим (красным), а 38 — к не пигментообразующим дрожжам. Результаты скрининга показали, что 41 изолят не проявлял изменения окраски среды, что свидетельствует об отсутствии или крайне низкой L-аспарагиназной активности в исследуемых условиях (рисунок 1).

Среди пигментообразующих дрожжей наиболее высокой L-аспарагиназной способностью обладали 11кр, 14кр, 16кр, 18кр, 24кр, 25кр, 34/1кр, 34/2кр, 35кр у которых диаметр зоны окрашивания варировало от 20 - 25 мм. Умеренную способность проявили изоляты 10кр, 12кр, 13кр, 20кр, 28кр диаметр зоны окрашивания варировало от 15 до 18 мм, тогда как минимальные зоны окрашивания (8–10 мм) наблюдались у изолятов 7кр, 9кр, 17кр, 19кр (рисунок 1А).

Среди не пигментообразующих дрожжей наиболее высокой L-аспарагиназной активностью отличался изолят 20, диаметр зоны окрашивания которого достигал 23±1 мм. Умеренную способность проявили изоляты 10кр, 12кр, 13кр, 20кр, 28кр диаметр зоны окрашивания варировало от 15 до 18 мм, тогда как минимальные зоны окрашивания (8–10 мм) наблюдались у изолятов 7кр, 9кр, 17кр, 19кр (рисунок 1Б).

Для предварительной таксономической идентификации наиболее перспективных пигментообразующих изолятов был использован метод MALDI-TOF MS. По результатам идентификации методом MALDI-TOF MS штаммы пигментообразующих дрожжей 10кр, 11кр, 12кр, 13кр, 14кр, 16кр, 18кр, 20кр, 24кр, 25кр, 28кр, 34/1кр, 34/2кр, 35кр были отнесены к виду *Rhodotorula mucilaginosa*.

ВЫВОДЫ:

1. В результате исследования сформирована коллекция из 73 дрожжевых изолятов, выделенных из различных природных и пищевых субстратов, включающая 35 пигментообразующих (красных) и 38 не пигментообразующих дрожжевых культур.

2. По результатам предварительного скрининга для дальнейших исследований были отобраны 14 изолятов пигментообразующих (зоны окрашивания 15-25 мм) и 5 изолята не пигментообразующих изолятов дрожжевых культур (зоны окрашивания 15-23 мм).

3. На основании результатов идентификации методом MALDI-TOF MC установлено, что 12 штаммов пигментообразующих дрожжей относятся к виду *Rhodotorula mucilaginosa*.

ЛИТЕРАТУРЫ:

1. U. Managamuri, M. Vijayalakshmi, V.R.K. Ganduri, R.S. Babu, S. Poda, Optimization of culture conditions by response surface methodology and unstructured kinetic modeling for L-asparaginase production by Pseudonocardia endophytica VUK-10, J. Appl. Pharm. Sci. 7 (2017) 42-50.

2. S. Zuo, T. Zhang, B. Jiang, W. Mu, Reduction of acrylamide level through blanching with treatment by an extremely thermostable l-asparaginase during French fries processing, Extremophiles 19 (2015) 841-851.

3. G. Baskar, J. Chandhuru, K.S. Fahad, A. Praveen, M. Chamundeeswari, T. Muthukumar, Anticancer activity of fungal L-asparaginase conjugated with zinc oxide nanoparticles, J. Mater. Sci. Mater. Med. 26 (2015) 43.

4. T. Batool, E.A. Makky, M. Jalal, M.M. Yusoff, A comprehensive review on L-asparaginase and its applications, Biotechnol. Appl. Biochem. 178 (2016) 900-923.

5. A.K. Meghavarnam, S. Janakiraman, Solid state fermentation: An effective fermentation strategy for the production of L-asparaginase by Fusarium culmorum (ASP-87), Biocatal. Agric. Biotechnol. 11 (2017) 124-130.

6. P.M. Souza, M.M. de Freitas, S.L. Cardoso, A. Pessoa, E.N.S. Guerra, P.O. Magalhres, Optimization and purification of L-asparaginase from fungi: A systematic review, Crit. Rev. Oncol. Hematol. 120 (2017) 194-202.

7. Wang, N., Ji, W., Wang, L., Wu, W., Zhang, W., Wu, Q., Du, W., Bai, H., Peng, B., Ma, B., Li, L. (2022) Overview of the structure, side effects, and activity assays of L-asparaginase as a therapy drug of acute lymphoblastic leukemia. RSC medicinal chemistry, 13(2), 117-128. DOI: 10.1039/d1md00344e.

8. M. Duval, S. Suciu, A. Ferster, X. Rialland, B. Nelken, P. Lutz, Y. Benoit, A. Robert, A.-M. Manel, E. Vilmer, J. Otten, N. Philippe, Comparison of Escherichia coli–asparaginase with Erwinia-asparaginase in the treatment of childhood lymphoid malignancies: results of a randomized European organisation for research and treatment of cancer—Children's leukemia group phase 3 trial, Blood 99 (2002) 2734-2739.

9. Gulati R, Saxena RK, Gupta R. A rapid plate assay for screening L-asparaginase producing micro-organisms. Lett Appl Microbiol. 1997;24(1):23–6.
https://doi.org/10.1046/j.1472-765x.1997.00331.x PMID: 9024001.

10. Ashok A, Doriya K, Rao JV, Qureshi A, Tiwari AK, Kumar DS. Microbes Producing L-Asparaginase free of glutaminase and urease isolated from extreme locations of antarctic soil and moss. Sci Rep. 2019;9(1):1423. https://doi.org/10.1038/s41598-018-38094-1 PMID: 30723240.

УДК: 631.466.1

ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ГРИБОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА И СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ТАКЫРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ АРИДНОГО РЕГИОНА

О.Р. Умаров, проф., Бухарский государственный университет, Бухара
З.Х. Бафаева, доц., Бухарский государственный университет, Бухара
М.А. Очилова, базовый докторант, Бухарский государственный университет, Бухара

Annotatsiya. *Tadqiqotda arid mintaqaning sug'oriladigan taqir-o'tloqi tuproqlarida sho'rlanish darajasi, tuproq profili chuqurligi va mavsumiy sharoitlarning zamburug'lar soniga ta'siri o'rganildi. Sho'rlanish kuchayishi va tuproq gorizontlari chuqurlashishi bilan zamburug'lar sonining qonuniy ravishda kamayishi aniqlangan.*

Kalit so'zlar: *taqir-o'tloqi tuproqlar, sho'rlanish, zamburug'lar, mikroflora, tuproq profili, mavsumiy dinamika, biologik faollik, arid mintaqa.*

Аннотация. *В работе исследовано влияние степени засоления, глубины почвенного профиля и сезонных условий на численность грибов в орошаемых такырно-луговых почвах*

аридного региона. Установлено, что с усилением засоления и увеличением глубины залегания почвенных горизонтов численность грибной микрофлоры закономерно снижается.

Ключевые слова: *такырно-луговые почвы, засоление, грибы, микрофлора, почвенный профиль, сезонная динамика, биологическая активность, аридный регион.*

Abstract. *The study investigated the effects of salinity level, soil profile depth, and seasonal conditions on fungal abundance in irrigated takyr-meadow soils of an arid region. Fungal populations decreased consistently with increasing salinity and soil depth.*

Keywords: *takyr-meadow soils, salinity, fungi, microflora, soil profile, seasonal dynamics, biological activity, arid region.*

Введение. Засоление почв является одним из наиболее значимых факторов деградации орошаемых земель аридных регионов. В условиях высокой испаряемости, ограниченного естественного увлажнения, минерализованных грунтовых вод и интенсивного орошения в почвенном профиле постепенно накапливаются легкорастворимые соли, что приводит к изменению водно-физических, химических и биологических свойств почвы. Особенно чувствительно на усиление засоления реагирует почвенная микрофлора, поскольку повышение концентрации солей влияет на осмотический режим, доступность органических субстратов и интенсивность микробиологических процессов[1,2].

Орошаемые такырно-луговые почвы аридной зоны характеризуются специфическими условиями почвообразования. Для них типичны сравнительно низкое содержание гумуса, выраженная карбонатность, неоднородность механического состава, склонность к уплотнению и вторичному засолению. В зависимости от гидрогеологических условий, режима орошения и положения в рельефе в их профиле могут формироваться различные типы и степени засоления, что существенно влияет на биологическую активность почвы[3,4].

Грибы являются важной функциональной группой почвенных микроорганизмов. Они участвуют в разложении растительных остатков, минерализации органического вещества, трансформации трудноразлагаемых соединений и формировании гумусовых веществ. Их численность и активность тесно связаны с содержанием органического вещества, влажностью, аэрацией, температурой, реакцией среды и солевым составом почвы. В засоленных почвах развитие грибной микрофлоры может существенно ограничиваться вследствие повышения осмотического давления почвенного раствора и нарушения трофических связей[5,6].

При этом реакция грибов на засоление зависит не только от общего количества солей, но и от их качественного состава. Различное соотношение хлоридов, сульфатов и других легкорастворимых солей может оказывать неодинаковое влияние на устойчивость и численность микромицетов. Не менее важное значение имеет вертикальная дифференциация почвенного профиля: в поверхностных горизонтах, где сосредоточено больше органических остатков и корней растений, численность грибов, как правило, выше, тогда как с глубиной она заметно уменьшается[7,8].

Особый интерес представляет сезонная динамика грибной микрофлоры. В течение вегетационного периода изменяются температура, влажность, интенсивность орошения, активность корневой системы и концентрация солей в почвенном растворе. В результате численность грибов весной, летом и осенью может существенно различаться даже при одинаковой степени засоления[9,10].

В связи с этим изучение численности грибов в орошаемых такырно-луговых почвах в зависимости от типа и степени засоления имеет важное значение для оценки биологического состояния почв, выявления направленности деградационных процессов и разработки мероприятий по сохранению их плодородия.

Установить закономерности изменения численности грибов в орошаемых такырно-луговых почвах аридного региона в зависимости от типа и степени засоления, глубины почвенного профиля и сезона года.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили в условиях орошаемых такырно-луговых почв аридного региона. В качестве объектов исследования были выбраны

участки, различающиеся по степени засоления, незасоленные, слабозасоленные, среднезасоленные и сильнозасоленные почвы. При выборе опытных участков учитывали морфологическое строение почвенного профиля, условия увлажнения, признаки засоления и общее состояние землепользования.

Полевые исследования выполняли методом почвенных разрезов. На каждом участке закладывали типичные почвенные разрезы, в которых описывали окраску, структуру, сложение, плотность, влажность, механический состав, степень карбонатности, а также наличие видимых солевых скоплений.

Для микробиологических анализов образцы почвы отбирали из слоёв 0-25, 25-50 и 50-80 см. Отбор проводили в три сезона года весной, летом и осенью. Полученные образцы помещали в стерильные ёмкости и доставляли в лабораторию.

Численность почвенных грибов определяли на элективной питательной среде Чапека. Для этого из образца почвы, отобранного из соответствующего горизонта, взвешивали 10 г, помещали в 90 мл стерильной дистиллированной воды и встряхивали в течение 5 минут. Таким образом получали первую степень разведения почвенной суспензии.

Из первого разведения стерильной пипеткой отбирали 10 мл суспензии и переносили в ёмкость с 90 мл стерильной дистиллированной воды, получая второе разведение. Последующие разведения готовили аналогичным способом.

Для определения численности грибов из четвёртого разведения отбирали 1 мл почвенной суспензии и высевали на элективную среду Чапека. После инкубации подсчитывали образовавшиеся колонии грибов. Полученные результаты выражали в тыс. КОЕ на 1 г почвы.

Применённая методика позволила оценить изменение численности грибов в орошаемых такырно-луговых почвах в зависимости от степени засоления, глубины почвенного горизонта и сезона года.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ полученных данных показал, что численность грибов в орошаемых такырно-луговых почвах аридной зоны изменяется в зависимости от степени засоления, глубины почвенного профиля и сезона года. Во всех изученных вариантах прослеживалась общая закономерность: с усилением засоления и увеличением глубины залегания горизонтов численность грибной микрофлоры последовательно снижалась.

Наиболее высокие показатели отмечены в верхнем горизонте 0-25 см. В незасоленной почве численность грибов составляла весной 36,8, летом 44,6 и осенью 33,9 тыс., КОЕ/г почвы. При слабом засолении эти значения снижались соответственно до 28,5; 34,9 и 25,7 тыс., при среднем засолении до 16,4; 20,8 и 13,2 тыс., а при сильном засолении до 10,2; 13,1 и 7,8 тыс. Таким образом, наиболее выраженное снижение наблюдалось в средне- и сильнозасоленных почвах.

В горизонте 25-50 см численность грибов была заметно ниже. В незасоленном варианте она изменялась в пределах 22,0-30,1 тыс., в слабозасоленном 15,8-22,4 тыс., в среднезасоленном 8,1-13,4 тыс., а в сильнозасоленном 4,1-7,0 тыс. На глубине 50-80 см показатели были минимальными и составляли 4,8-7,6 тыс. в незасоленной почве, 3,4-5,7 тыс. при слабом засолении, 1,5-3,2 тыс. при среднем и всего 0,6-1,2 тыс. при сильном засолении (рис 1).

Снижение численности грибов с глубиной связано прежде всего с уменьшением содержания органического вещества, корневых выделений и доступных субстратов, а также с ухудшением аэрации почвы. Усиление засоления дополнительно ограничивает развитие грибной микрофлоры за счёт повышения осмотического давления почвенного раствора и ухудшения условий водного и минерального питания микроорганизмов.

Сезонная динамика также имела чётко выраженный характер. Наиболее высокие значения во всех вариантах наблюдались летом, тогда как осенью отмечалось их снижение. Например, в верхнем горизонте незасоленной почвы летний показатель превышал весенний на 7,8 тыс., а осенний на 10,7 тыс. Аналогичная тенденция сохранялась и при различной

степени засоления. Это свидетельствует о более благоприятных температурных и трофических условиях для развития грибов в летний период.

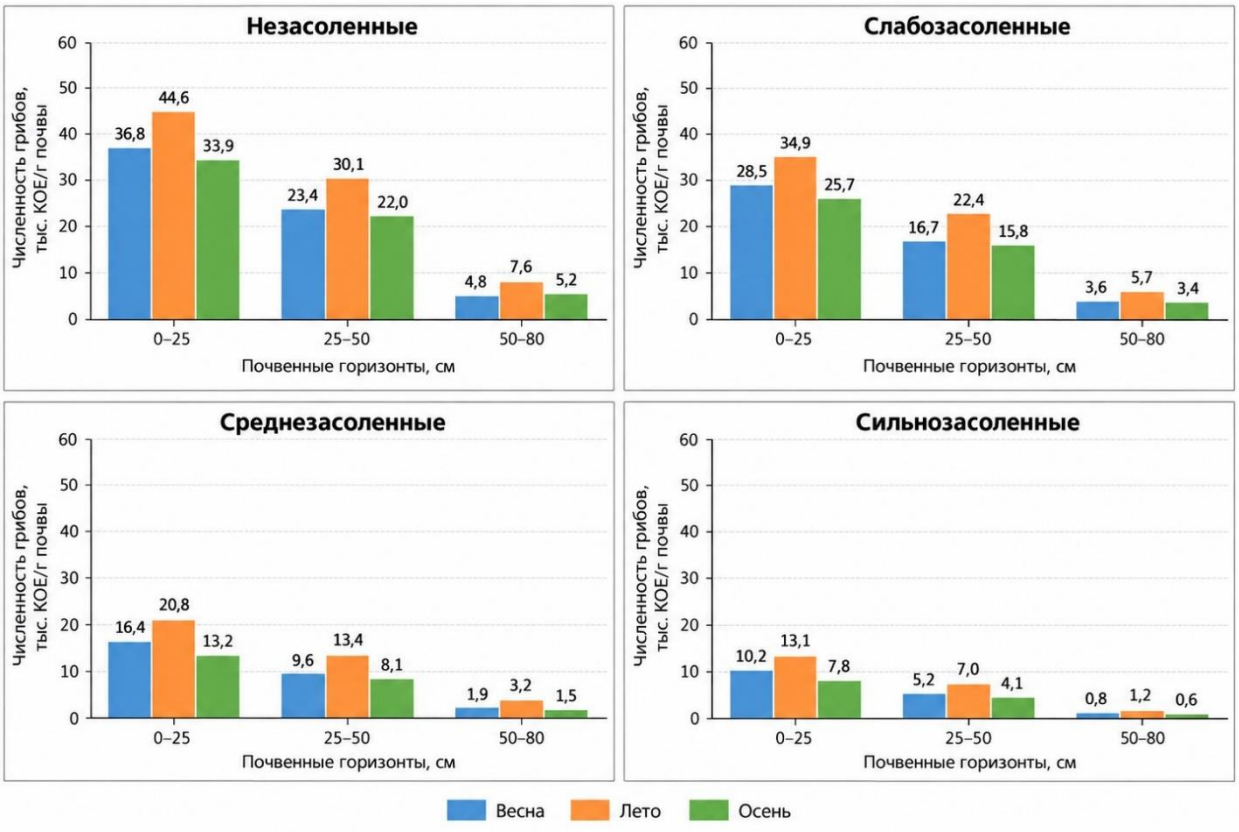


Рис.1. Влияние степени засоления на численность грибов в орошаемых такырно-луговых почвах аридного региона, тыс. КОЕ/г почвы

Наиболее показательным является сравнение верхнего горизонта. Летом численность грибов в незасоленной почве составляла 44,6 тыс., тогда как при сильном засолении лишь 13,1 тыс., то есть снижалась более чем в 3 раза. Это указывает на высокую чувствительность грибной микрофлоры к солевому режиму почвы.

Таким образом, засоление и увеличение глубины почвенного профиля являются основными факторами, ограничивающими развитие грибов в орошаемых такырно-луговых почвах аридной зоны. Максимальная биологическая активность формируется в верхнем незасоленном слое, тогда как сильное засоление и глубинные горизонты характеризуются наименьшей численностью грибной микрофлоры.

Заключение. Таким образом, в орошаемых такырно-луговых почвах аридного региона численность грибов закономерно снижается по мере усиления засоления и увеличения глубины почвенного профиля. Наиболее высокие показатели отмечены в верхнем горизонте 0-25 см, особенно в летний период. При сильном засолении летом численность грибов снизилась с 44,6 до 13,1 тыс. КОЕ/г, то есть более чем в 3 раза. Полученные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности грибной микрофлоры к солевому режиму и позволяют рассматривать её численность как важный показатель биологического состояния орошаемых такырно-луговых почв.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Махкамова Д.Ю., Бахранова Н.С., Абдукаримов Ж.Ж. Влияние зернобобовых культур на актиномицеты и микроскопические грибы почвы // *Вестник Хорезмской академии Маъмуна*. – Хива, 2023. – № 5/1. – С. 190–193.

2. Shirinova G., Suleymanova V., Abdullayeva S. The effect of fungi belonging to the Trichoderma genus on the biological productivity of food crops // Nature & Science. – 2025. – № 11. – B. 12–18. – DOI: 10.36719/2707-1146/62/12-18.

3. Rillig M.C. Fungal diversity, ecology and functions in soil ecosystems // Nature Reviews Microbiology. – 2026. – DOI: 10.1038/s41579-026-01321-y.

4. Treseder K.K., Lennon J.T. Fungal traits that drive ecosystem dynamics on land // Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 2015. – Vol. 79. – № 2. – P. 243–262. – DOI: 10.1128/MMBR.00001-15.

5. Baldrian P. Forest microbiome: diversity, complexity and dynamics // FEMS Microbiology Reviews. – 2017. – Vol. 41. – № 2. – P. 109–130. – DOI: 10.1093/femsre/fuw040.

6. Crowther T.W., Boddy L., Jones T.H. Functional and ecological consequences of saprotrophic fungus–grazer interactions // The ISME Journal. – 2012. – Vol. 6. – № 11. – P. 1992–2001. – DOI: 10.1038/ismej.2012.53.

7. Heijden M.G.A., Bardgett R.D., van Straalen N.M. The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems // Ecology Letters. – 2008. – Vol. 11. – № 3. – P. 296–310. – DOI: 10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x.

8. Vries F.T., Griffiths R.I., Bailey M. va boshq. Soil bacterial networks are less stable under drought than fungal networks // Nature Communications. – 2018. – Vol. 9. – Article 3033. – DOI: 10.1038/s41467-018-05516-7.

9. Bahram M., Hildebrand F., Forslund S.K. va boshq. Structure and function of the global topsoil microbiome // Nature. – 2018. – Vol. 560. – P. 233–237. – DOI: 10.1038/s41586-018-0386-6.

10. Delgado-Baquerizo M., Oliverio A.M., Brewer T.E. va boshq. A global atlas of the dominant bacteria found in soil // Science. – 2018. – Vol. 359. – № 6373. – P. 320–325. – DOI: 10.1126/science.aap9516.

УДК 575.2

ЗНАЧЕНИЕ ФИТОГОРОМОНОВ ПРИ АДАПТАЦИИ САЖЕНЦЕВ КАРТОШКИ В ПОЧВЕ, ВЫРАШЁННЫХ В УСЛОВИЯХ IN VITRO

Б.Х. Хужаниязова, и.о.доц., Международный университет Азии, Бухара

Annotatsiya. *In vitro шароитда олинган картошка навлари кўчатларининг тупроқда ўсиши ва ривожланиши босқичларида ташқи стресс омиллар таъсирида цитокининлар, ИУК, АБК фитогормонларининг миқдори ўзгариши аниқланди. Ҳар хил стресс омиллар таъсирида цитокинин, ИУК ва АБК гормонларини картошканинг усиш ва ривожланишида ривожланишида ўзгарувчанлик кўрсаткичлари комплекс тарзда ўрганилди. Ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, стресс омиллар таъсирида картошканинг ривожланиш босқичларида гормонлар баланси ўзгариб борар экан: цитокининлар ва ауксинлар миқдори камайиб борди, АБК миқдори эса ортди. Гормонал баланснинг ўзгариши нафақат стресс омилнинг таъсири, балки ўсимликнинг мослашиш ҳолатини ҳам ифодалайди. Тадқиқотлар натижалари гормонал баланс ва физиологик жараёнларнинг ўзаро боғлиқлигини кўрсатди.*

Калит сўзлар: *картошка, in vitro, цитокинин, ауксин, гормонал баланс, стресс омиллар*

Аннотация. *Выявлено изменения содержания цитокининов, ИУК и АБК, темпов роста и развития саженцев сортов картошки в почву вырашённых в условиях* in vitro*. Показано, что гормональный баланс в вегетативных органах картошки на всем протяжении онтогенеза под действием внешных факторов претерпевает значительные изменения: уменьшается содержание цитокининов и ауксинов, увеличивается уровень АБК, в результате отношение цитокинин+ИУК/АБК падает. Указанные изменения гормонального баланса являются не только результатом стрессового ответа, но и имеют приспособительное адаптивное значение. Проведённые исследования позволили выяснить взаимосвязь между изменениями гормонального баланса и физиологическими процессами.*

Ключевые слова: *картофель, in vitro, цитокинин, ауксин, гормональный баланс, стрессовые факторы*

Abstract. *Changes in the content of cytokinins, IAA, and ABA, as well as in the growth and development rates of potato plantlets grown *in vitro*, were determined. It was shown that the hormonal balance in potato vegetative organs undergoes significant changes throughout ontogenesis under the influence of external factors: the content of cytokinins and auxins decreases while the ABA level increases, resulting in a decline in the (cytokinin + IAA)/ABA ratio.The observed changes in hormonal balance are not merely the result of a stress response but also possess adaptive significance. Research has elucidated the relationship between changes in hormonal balance and physiological processes.*

Keywords: *potato, in vitro, cytokinin, auxin, hormonal balance, stress factors*

Повышение устойчивости растений на этапах роста и развития к внешним стрессовым факторам является одной из важнейших задач современной биологии и химии. Актуальными

вопросами этих наук в данном направлении считаются изучение фитогормонов, играющих главную роль в развитии растений. Картошка, в отличие от других сельскохозяйственных растений характеризуется относительной неустойчивостью к влиянию внешних факторов. Но некоторые абиотические и биотические факторы приводят к негативным последствиям на этапах роста и развития картошки. В большинстве случаях повышенная засоленность почвы могут привести к гибели картошки. В таких случаях широко используются методы фитогормональной регуляции роста и развития проростков, что имеет стратегическое значение при получении потенциальной продукции [1-2].

Соли оказывают двойное действие на проростки растений. Во-первых, они создают высокое осмотическое давление в почвенном растворе, что приводит к прочному связыванию воды. При этом затрудняется поглощение воды корнями растений, что называется осмотическим стрессом. Во-вторых, поглощенные вместе водой ионы солей оказывают угнетающее действие на метаболические процессы растений, что называется ионным стрессом [3].

Большинство исследователей связывали действие солей на растения с ухудшением водного баланса и токсичностью ионов Na+ и Cl– [4-6]. Однако роль фитогормонов в защитно-приспособительных механизмах освещены не достаточной степени. Данном работе проведено комплексное изучение изменения содержания цитокининов, ИУК и АБК, темпов роста и развития картошки при засолении почвы NaCl.

Объекты и методы исследования. К опыту привлечены саженцы 5 клонированных сортов картофеля (Solanum tuberosum L)– С-16, С-17, С-4, С-5, Санта и 1 местный сорт кайчибарг вырашённых в условиях in vitro. Исследования проводили в условиях лаборатории и пилотных участках.

Заложенные опыты: 1. контроль; 2. 2% NaCl, 3. 2,5% NaCl, 4. 3% NaCl, 5. контроль + 6-БАП, 6. 2% NaCl + 6-БАП, 7. 2,5% NaCl + 6-БАП, 8. 3% NaCl + 6-БАП, 9. контроль + АБК, 10. 2% NaCl + АБК, 11. 2,5% NaCl + АБК, 12. 3% NaCl + АБК. NaCl вносили в виде раствора с поливными водами при прорастании (лабораторные опыты), и в фазу вегетации (вегетационные опыты). Опрыскивание раствором 6-БАП ($1x10^{-6}$ М) и АБК ($1x10^{-6}$ М) в вегетационных опытах проводили в фазах вегетации, в лабораторных опытах – на следующий день после внесения NaCl. Концентрации вносимых гормонов и NaCl устанавливали путем подбора с учетом особенностей выбранного объекта. Контрольные растения опрыскивали водой. На протяжении онтогенеза определяли интенсивность ростовых процессов (массу органов растений), количество свободных цитокининов (зеатина), ауксинов (ИУК), абсцизовой кислоты методом ИФА [7].Растительные образцы отбирали в основные фазы онтогенеза, начиная с фазы трех листьев, в 4-х кратной биологической и 3-х кратной аналитической повторностях. При оценке различий между вариантами использовали критерий Стьюдента, считая достоверными различия при уровне доверительной вероятности 0,95 [8].

Результаты и обсуждение. Действие экстремальных факторов проявляется во многих метаболических реакциях растений, и в первую очередь, отражается на состоянии фитогормональной системы [9, 10]. Анализ полученных данных позволяет, прежде всего, сопоставить изменение в онтогенезе гормонального баланса с темпами роста картошки. На протяжении вегетационного периода содержание зеатина, ауксина и отношение цитокинин+ИУК/АБК изменяется по одновершинной кривой с максимумом в фазе цветения (рис. 1). Повышение уровня цитокининов в первой половине вегетации может быть обусловлено увеличением образованием клубни. Содержание АБК в органах картошки в ходе онтогенеза непрерывно увеличивается (рис. 1). Динамике гормонального баланса в определенной степени соответствует изменение темпов роста картошки. В первой половине вегетации на фоне увеличения содержания зеатина и ИУК интенсивность ростовых процессов повышается. Во второй половине вегетационного периода снижение содержания ростстимулирующих гормонов и повышение уровня АБК сопровождается уменьшением темпов роста органов картошки. Это еще раз демонстрирует возрастающую роль АБК в процессах старения и перехода в состояние покоя [7].

Изменение условий выращивания – внесение NaCl – заметно отразилось на гормональной ситуации и, как следствие, на темпах роста картошки. Особенно ярко это проявилось при высокой дозе NaCl (3%). Растения этого варианта отличались резким снижением содержания зеатина, ИУК и повышенным уровнем АБК (рис. 1), что привело к уменьшению отношения цитокинин+ИУК/АБК. Вместе с тем, большее отклонение в реакции фитогормональной системы от нормы (вариант без внесения NaCl) наблюдали в первые фазы (после внесения NaCl), тогда как к концу вегетации действие соли сглаживалось. Следует отметить, что изменение содержания эндогенных гормонов и их соотношения при действии стресс-факторов имеет приспособительное значение [7, 5]. Внешние условия, в том числе и засоление, являются пусковыми механизмами, включающими реагирование гормональной системы и, таким образом, стоящими у начала цепи регуляторных процессов. Для выяснения специфики действия 6-БАП и АБК при оптимальных условиях и действии засоления проводился анализ динамики фитогормонов. Выбор веществ связан с имеющимися данными об их протекторном влиянии. В литературах излагается антагонистический характер физиологического действия 6-БАП и АБК [5].

Обработка 6-БАП как в варианте без внесения NaCl, так и, что особенно важно, в условиях засоления NaCl повысила содержание ростостимулирующих гормонов (цитокининов и ауксинов) и АБК, при этом отношение цитокинин+ИУК/АБК возрастает (табл. 1).

Таблица 1.

Влияние обработки 6-БАП на содержание фитогормонов картошки при различном уровне засоления (фаза цветения), нг/г сухой массы

Вариант	цитокинины		ИУК		АБК		З-ЗР+ИУК/АВК
	нг/г	%	нг/г	%	нг/г	%	
Контроль	301,1±1,5	100	236,6±2,3	100	281,3±3,1	100	1,9
Контроль+БАП	288,2±3,3	95,7	267,5±1,3	113	261,2±3,3	92,9	2,4
2% NaCI	298,7±2,1	99,2	144,9±2,1	61,2	321,2±2,5	114,2	1,4
2% NaCI+6-БАП	294,2±3,3	97,7	232,5±2,2	98,3	301,2±1,3	107	1,8
2,5% NaCI	277,2±4,3	92	99,9±,5	42,2	348,1±3,5	123,7	1,0
2,5% NaCI+6-БАП	301,4±1,6	100,1	147,1±3,7	62,2	358,4±2,3	127,4	1,2
3% NaCI	266,5±2,5	88,5	72,7±2,8	30,7	363,3±2,5	129,2	0,8
3% NaCI+6-БАП	268,3±3,2	89,1	127,9±2,8	54,1	377,4±2,3	134,2	1,0

На фоне таких изменений в гормональном балансе отмечается увеличение образование клубни. Таким образом, можно считать, что экзогенное внесение цитокининов способствует формированию адаптационных способностей картошки к действию солей. На примере двух сортов пшеницы показана различная чувствительность растений к обработке 6-БАП. Сорт Санте проявил большую отзывчивость на экзогенное внесение синтетического аналога цитокининов.

Обработка АБК в вариантах без внесения NaCl и на фоне засоления оказала противоположное влияние на протекание физиологических процессов растений. В оптимальных условиях выращивания картошки при внесении АБК показано уменьшение эндогенного содержания цитокининов и ауксинов, увеличение уровня АБК, и, как следствие, снижение соотношение цитокинин+ИУК/АБК. В условиях засоления NaCl обработка АБК оказала иное влияние на гормональную систему и протекание физиологических процессов у картошки. Экспериментально показано увеличение соотношения цитокинин+ИУК/АБК в основном за счет накопления цитокининов и ИУК.

Анализ полученных данных показал, что экзогенное внесение АБК на фоне засоления NaCl позволяет снизить стрессовую нагрузку на растение. Внесение АБК повышает интенсивность ростовых процессов и продуктивность картошки, выращенной в условиях засолении почвы NaCl. Таким образом, можно считать, что в условиях действия стресс-фактора обработка АБК оказала защитное влияние. Опрыскивание картошки 6-БАП оказывает больший стимулирующий эффект по сравнению с АБК (Рис.2). Показано протекторное влияние на картошки экзогенной обработки 6-БАП при засолении почвы в концентрации 2,5% NaCl, тогда как АБК – лишь нивелировала действие солей.

Заключение. Как показали проведенные нами исследования, изменение физиологических процессов под влиянием NaCl, по крайней мере, частично опосредовано изменениями гормонального статуса. Можно полагать, устойчивость картошки к засолению NaCl опосредована особенностями изменений в гормональной системе. В проведенных исследованиях показана возможность применения экзогенного внесения фиторегуляторов для повышения толерантности растений к засолению. Обработка картошки АБК приводит к компенсации воздействия NaCl. При этом характер физиологического ответа растений зависит от уровня засоления и опосредован направленностью изменений в эндогенном содержании гормонов и их соотношении.

Исследование механизмов и возможностей корректировки гормонального баланса открывает перспективы для управления адаптационным процессом и повышения устойчивости сельскохозяйственных растений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кулаева О.Н., Кузнецов В.В. Новейшие достижения и перспективы в области изучения цитокининов // Физиология растений. 2002. Т. С. 626–640

2. DeMason D.A., Chawla R. Roles of auxin during morfogenesis of the compound leaves of pea (Pisum sativum) // Planta. 2004. 218. P. 435–448.

3. Santa-Maria G.E., Epstein E. Potassium/sodium selectivity in wheat and the amphiploid cross wheat x Lophopyrum elongatum. //Plant Sci., 2001. P.532–534.

4. Yasar F. Effects of salt stress on ion and lipid peroxidasion content in green beans genotypes. //Asian J. Biochem. 2006. (Submitted)

5. Эрастова М.А., Федорова Ю.Н. Изучение процесса ризогенеза растений картофеля in vitro // Вестник АГАУ, 2009. – № 5. – С. 21–23.

6. Taleisnik E., Grunberg K. Ion balance in tomato cultivars differing in salt tolerance. I. Sodium and potassium accumulation and fluxes under moderate salinity. //Physiol. Plant., 1994. 92: 528–534.

7. Fei H., Vessey J.K. Involvement of cytokinin in the stimulation of nodulation dy low concentration of ammonium in Pisum sativum // Physiologia Plantarum. 2003. V. 118. Issue 3. P. 447–457.

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Агропромиздат, 1985.

9. Sponsel V.M., Hedden P. Gibberellin, biosynthesis and inactivation // Plant Hormones Biosynthesis, Signal Transduction, Action! : Springer, 2004. Pp. 63–94.

10. Романов Г.А., Медведев С.С. Ауксины и цитокинины в развитии растений. Последние достижения в исследовании фитогормонов. Второй международный симпозиум (Прага, Чехия, 7-12 июля 2005 г.) // Физиология растений, 2006. – Т. 53 – № 2. – С. 309-319.

УЎК 615

МАҲАЛЛИЙ АНОР (PUNICA GRANATUM L.) НАВЛАРИ ШАРБАТИ, МЕВА ПЎСТИ ВА УРУҒИ ЭКСТРАКТЛАРИНИНГ ГЕПАТОПРОТЕКТОР ФАОЛЛИГИ ТАҲЛИЛИ

Ф.Ш. Эргашева, докторант, Гулистон давлат университети Агробиотехнология ва биокимё илмий-тадқиқот институти, Гулистон

Ш.С. Хушматов, б.ф.д., Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги, Тошкент

Х.Х. Кушиев, б.ф.д., проф., Гулистон давлат университети, Гулистон

Б.Х. Болтаева, талаба, Гулистон давлат университети Агробиотехнология ва биокимё илмий-тадқиқот институти, Гулистон

Аннотация. *Мазкур тадқиқотда Ўзбекистон Республикаси Сирдарё вилояти тупроқ-иқлим шароитида етиштирилувчи айрим маҳаллий анор (Punica granatum L.) навлари шарбати, мева пўсти ва уруғи этанолли экстрактларининг сичқонларда CCl_4-интоксикация шароитида гепатопротектор фаоллиги таҳлил қилинган. Анор (Punica granatum L.) мева шарбати, пўсти ва уруғи экстрактлари (150 мг/кг) таъсирида сичқонларда тана вазни, жигар вазни (гепатик коэффициент), қон зардобида АЛТ, АСТ (Де Ритис коэффициенти) сезиларли даражада оптималлашиши, бунда гепатик индексга кўра, CCl_4-интоксикацияда максимал фаоллик "Оқ дона" нави уруғи экстракти (4,02±0,04%), "Қизил анор" уруғи экстрактларида (4,04±0,05%) кузатилиши аниқланган. Қон зардобида АЛТ, АСТ концентрациясини оптималлаштириш бўйича энг юқори фаоллик "Қизил анор" пўсти*

экстрактида (мос равишда – 1,34±0,04 мккат/л, 2,44±0,03 мккат/л) аниқланган. Гепатик индекс асосида, гепатопротектор коэффициент бўйича энг юқори фаоллик "Оқ дона (Туятиш)" уруғи экстракти (79,67%), "Қизил анор" уруғи экстракти (79,11%), "Оқ дона (Туятиш)" пўсти экстракти (74,65%), "Оқ ширин" пўсти экстракти (68,8%), "Қорақайин" пўсти экстракти (67,97%) ва "Аччиқ дона" пўсти экстрактларида (67,13%) қайд қилинган. Олинган натижалар келгусида маҳаллий анор навлари иккиламчи хомашёси асосида гепатопротектор фармакологик препаратлар ва биологик фаол қўшимчалар ишлаб чиқишда илмий асос сифатида фойдаланилиши мумкинлиги таъкидланган.

Калит сўзлар: *Анор (Punica granatum L.) мева шарбати, пўст, уруғи экстрактлари, CCl_4-интоксикация, гепатопротектор фаоллик.*

Аннотация. *В настоящем исследовании изучена гепатопротекторная активность этанольных экстрактов сока, кожуры плодов и семян отдельных местных сортов граната (Punica granatum L.), выращиваемых в почвенно-климатических условиях Сырдарьинской области Республики Узбекистан, на модели CCl_4-индуцированной интоксикации у мышей. Установлено, что применение экстрактов сока, кожуры и семян граната в дозе 150 мг/кг способствовало выраженной нормализации массы тела, массы печени (гепатического индекса), а также активности аланинаминотрансферазы (АЛТ) и аспартатаминотрансферазы (АСТ) в сыворотке крови, включая коэффициент де Ритиса. По показателю гепатического индекса наиболее выраженная активность в условиях CCl_4-индуцированной интоксикации отмечена при применении экстракта семян сорта «Ок дона» (4,02 ± 0,04%) и экстракта семян сорта «Кизил анор» (4,04 ± 0,05%). Наиболее выраженный эффект в отношении нормализации активности АЛТ и АСТ в сыворотке крови выявлен у экстракта кожуры сорта «Кизил анор» — 1,34 ± 0,04 мккат/л и 2,44 ± 0,03 мккат/л соответственно. По величине гепатопротекторного коэффициента, рассчитанного на основе гепатического индекса, наиболее высокая активность отмечена у экстракта семян сорта «Ок дона (Туятиш)» (79,67%), экстракта семян сорта «Кизил анор» (79,11%), экстракта кожуры сорта «Ок дона (Туятиш)» (74,65%), экстракта кожуры сорта «Ок ширин» (68,80%), экстракта кожуры сорта «Коракайин» (67,97%) и экстракта кожуры сорта «Аччик дона» (67,13%). Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования вторичного сырья местных сортов граната в качестве научной основы для разработки гепатопротекторных фармакологических препаратов и биологически активных добавок.*

Ключевые слова: *гранат (Punica granatum L.), плодовый сок, экстракт кожуры, экстракт семян, CCl_4-индуцированная интоксикация, гепатопротекторная активность.*

Abstract. *This study evaluated the hepatoprotective activity of ethanolic extracts derived from the juice, fruit peel, and seeds of selected local pomegranate (Punica granatum L.) cultivars grown under the soil and climatic conditions of the Syrdarya region of the Republic of Uzbekistan in mice with carbon tetrachloride (CCl_4)-induced intoxication. Administration of pomegranate juice, peel, and seed extracts at a dose of 150 mg/kg resulted in marked normalization of body weight, liver weight (hepatic index), and serum alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) activities, including the De Ritis ratio. Based on the hepatic index, the greatest activity under CCl_4-induced intoxication was observed for the seed extracts of the "Oq dona" cultivar (4.02 ± 0.04%) and the "Qizil anor" cultivar (4.04 ± 0.05%). The most pronounced effect on the normalization of serum ALT and AST activities was recorded for the "Qizil anor" peel extract, with values of 1.34 ± 0.04 μkat/L and 2.44 ± 0.03 μkat/L, respectively. According to the hepatoprotective coefficient calculated on the basis of the hepatic index, the highest activity was demonstrated by the seed extract of "Oq dona (Tuyatish)" (79.67%), followed by the seed extract of "Qizil anor" (79.11%), the peel extract of "Oq dona (Tuyatish)" (74.65%), the peel extract of "Oq shirin" (68.80%), the peel extract of "Qoraqayin" (67.97%), and the peel extract of "Achchiq dona" (67.13%). The findings indicate that secondary raw materials obtained from local pomegranate cultivars may serve as a promising scientific basis for the development of hepatoprotective pharmacological preparations and biologically active supplements.*

Keywords: *pomegranate (Punica granatum L.), fruit juice, peel extract, seed extract, CCl_4-induced intoxication, hepatoprotective activity.*

Кириш. Ҳозирда клиник тиббиёт амалиётида таркиби биологик фаол моддаларга бой, қўшимча ножўя таъсири минимал даражадаги, доривор ўсимликлар экстрактларидан гепатопротекция мақсадларида фойдаланиш истиқболлари юқори баҳоланади [Jamshidzadeh et al., 2012; 181-187-б.; Vasavi et al., 2014; 132-137-б.; Джафарова ва бошқ., 2017; 124-128-б.; Ших ва бошқ., 2024; 836-845-б.].

Мазкур **тадқиқотнинг мақсади** – Ўзбекистон Республикаси Сирдарё вилояти тупроқ-иқлим шароитида етиштирилувчи айрим маҳаллий анор (Punica granatum L.) навлари мева шарбати, пўсти ва уруғи экстрактларининг CCl_4-интоксикация шароитида гепатопротектор фаоллигини таҳлил қилишдан ташкил топган.

Тадқиқот материаллари ва услублари. Тадқиқот объекти сифатида Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси О.С.Содиқов номидаги Биоорганик кимё институти Фармакология лабораторияси виварияси да стандарт шароитда (t=+20±5°C, ҳавонинг нисбий намлиги 70-75±5%, ёруғлик режими 12:12 соат) сақланувчи, стандарт озуқа (сув) билан боқилган, оқ, зотсиз сичқонлардан (♂, m=25-40 гр.) фойдаланилди [1]. Тажриба ҳайвонлари билан ишлашда Халқаро тиббий илмий жамиятлар кенгаши (CIOMS) томонидан ишлаб чиқилган қоидаларга (1985) амал қилинди [2].

Фармако-коррекция мақсадида, анор (Punica granatum L.) маҳаллий навлари этанолли экстрактлари (150 мг/кг) суткасига 1 марта оғиз орқали, дистилланган сув билан аралаштирилган ҳолатда, 14 сутка давомида ҳайвонлар организмига киритилди, назорат гуруҳида ҳайвонларга эквивалент концентрацияда дистилланган сувдан фойдаланилди (14-суткада гепатопротектор фаоллик таҳлил қилинди) (1-расм) [Pirincciogl u et al., 2014; 910-918-б.; Wei et al., 2015; 1-9-б.].



1-расм. Анор (Punica granatum L.) навлари мева шарбати, пўсти ва уруғи этанолли экстрактларининг CCl_4-интоксикация шароитида гепатопротектор фаоллигини таҳлил қилиш жараёни (Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси О.С.Содиқов номидаги Биоорганик кимё институти Фармакология лабораторияси, 07.04.2024 й.).

Гепатик индекс ("жигар индекси") (%) жигар вазнининг ҳайвон тана вазнига нисбати шаклида, қуйидаги формула (1) ёрдамида ҳисобланди [Смольякова ва бошқ., 2011; 37-40-б.; Wei et al., 2015; 1-9-б.; Abd-Elmeged and Alzahrani, 2020; 1-7-б.; Xiao et al., 2025; 1-13-б.]:

$$\text{Гепатик индекс} = \frac{\text{Жигар оғирлиги (гр.)}}{\text{Тана вазни (гр.)}} \times 100 \textbf{(1)}$$

Анор (Punica granatum L.) экстрактларининг **гепатопротектор коэффициент** (ГК) қиймати қуйидаги формула (2) ёрдамида ҳисобланди [Meharie et al., 2020; 137-150-б.]:

$$\textbf{ГК}= \left[1 - \frac{(\text{Т}-\text{Н})}{(\text{ПН}-\text{Н})}\right] \times 100\% \textbf{ (2)}$$

Бу ерда ГК – гепатопротектор коэффициент (%), Т – тажриба (CCl_4+модда), Н – назорат (соғлом ҳайвон), ПН – патологик назорат (CCl_4) қийматини ифодалайди. Бунда, ГК қиймати қанчалик 100% га яқинлашса, модданинг гепатопротектор фаоллик даражаси шунча юқори ҳисобланади.

Олинган натижаларни математик-статистик қайта ишлаш OriginLab OriginPro v. 8.5 SR1 (EULA, Northampton, MA 01060-4401, АҚШ) компьютер дастури ёрдамида амалга оширилди. Натижалар n марта такрорийликда амалга оширилган тажрибалар натижаларининг M±m шаклида келтирилган бўлиб, M – ўртача арифметик қиймат ва m – стандарт хатолик қийматини ифодалайди. Шунингдек, тажриба натижалари ва назорат гуруҳи ўртасидаги қийматларнинг статистик ишончлилик даражаси Стьюдент t-мезони асосида ҳисобланди ва $p<0,05$, $p<0,01$ қийматларда статистик ишончли деб баҳоланди [Гланц, 1999; 125-459-б.; Доспехов, 1985; 122-б.].

Олинган натижалар ва уларнинг таҳлили. Қуйидаги жадвалда анор (Punica granatum L.) экстрактларининг каламушларда CCl_4-интоксикацияда гепатопротектор фаоллиги таҳлили келтирилган (1-жадвал).

Тадқиқотларда назорат ва CCl_4 (1 мг/кг) интоксикацияда сичқонларда морфометрик кўрсаткичлар мавжуд адабиёт маълумотларига мос келади [Blomme et al., 2011; G833-G842-б.].

Шундай қилиб, назорат (соғлом) гуруҳида сичқонларда тана вазни ўртача 28,5±0,24 гр, жигар вазни ўртача 0,94±0,006 гр. (гепатик коэффициент ўртача 3,29±0,02%), қон зардобида АЛТ 1,14±0,03 мккат/л, АСТ 2,02±0,03 мккат/л (Де Ритис коэффициенти 1,77±0,02) бўлиб, CCl_4 (1 мг/кг) интоксикация таъсирида мазкур кўрсаткичлар мос равишда – 23,7±0,19 гр., 1,63±0,004 гр (6,88±0,02%), 4,37±0,05 мккат/л, 8,19±0,06 мккат/л, (1,87±0,04) га ўзгариши аниқланди.

Бунда, (Punica granatum L.) мева шарбати, пўсти ва уруғи экстрактлари (150 мг/кг) таъсирида сичқонларда тана вазни, жигар вазни (гепатик коэффициент), қон зардобида АЛТ, АСТ (Де Ритис коэффициенти) сезиларли даражада оптималлашиши қайд қилинди.

1-жадвал

Анор (Punica granatum L.) экстрактларининг каламушларда CCl_4-интоксикацияда гепатопротектор фаоллиги таҳлили (M±m)

Т/р	Тажриба гуруҳлари		Кўрсаткичлар						
			Тана вазни (гр.)	**Жигар вазни** (гр.)	**Гепатик индекс** (%)	**АЛТ** (мккат/л)	**АСТ** (мккат/л)	**Де Ритис коэффициенти** (АСТ/АЛТ)	**Гепатопротектор коэффициент** (%)
1.	Назорат (соғлом)		28,5±0,24	0,94±0,06	3,29±0,02	1,14±0,03	2,02±0,03	1,77±0,02	–
2.	CCl_4 (1 мг/кг)		23,7±0,19*	1,63±0,04**	6,88±0,02**	4,37±0,05**	8,19±0,06**	1,87±0,04*	–
3.	"Оқ дона (Туятиш)" экстракти (150 мг/кг)	Шарбат	25,7±0,14	1,36±0,02$^{\#}$	5,29±0,06$^{\#}$	1,49±0,05$^{\#\#}$	2,65±0,04$^{\#\#}$	1,78±0,04$^{\#}$	**44,29**
		Пўст	27±0,13$^{\#}$	1,14±0,03$^{\#\#}$	4,2±0,04$^{\#\#}$	1,35±0,05$^{\#\#}$	2,47±0,02$^{\#\#}$	1,83±0,03	**74,65**
		Уруғ	27,1±0,42$^{\#}$	1,09±0,05$^{\#\#}$	4,02±0,04$^{\#\#}$	1,57±0,03$^{\#\#}$	2,81±0,04$^{\#\#}$	1,78±0,04$^{\#}$	**79,67**
4.	"Қора қайин" экстракти (150 мг/кг)	Шарбат	24,2±0,17	1,39±0,02$^{\#}$	5,74±0,03$^{\#}$	1,55±0,02$^{\#\#}$	2,8±0,04$^{\#\#}$	1,8±0,03	**31,75**
		Пўст	26,8±0,65$^{\#}$	1,19±0,02$^{\#\#}$	4,44±0,02$^{\#\#}$	1,44±0,02$^{\#\#}$	2,65±0,04$^{\#\#}$	1,84±0,02	**67,97**
		Уруғ	26,2±0,73$^{\#}$	1,2±0,03$^{\#}$	4,58±0,02$^{\#\#}$	1,56±0,04$^{\#\#}$	2,79±0,05$^{\#\#}$	1,79±0,05$^{\#}$	**64,07**
5.	"Оқ ширин" экстракти (150 мг/кг)	Шарбат	25,6±0,52	1,35±0,02$^{\#}$	5,27±0,04$^{\#}$	1,48±0,04$^{\#\#}$	2,67±0,06$^{\#\#}$	1,8±0,03	**44,85**
		Пўст	26,1±0,25$^{\#}$	1,15±0,03$^{\#\#}$	4,41±0,05$^{\#\#}$	1,4±0,06$^{\#\#}$	2,59±0,04$^{\#\#}$	1,85±0,03	**68,8**
		Уруғ	26,3±0,24$^{\#}$	1,21±0,04$^{\#\#}$	4,6±0,04$^{\#\#}$	1,57±0,02$^{\#\#}$	2,81±0,03$^{\#\#}$	1,78±0,05$^{\#}$	**63,51**
6.	"Аччиқ дона" экстракти (150 мг/кг)	Шарбат	25,05±0,34	1,42±0,02$^{\#}$	5,67±0,04$^{\#}$	1,57±0,03$^{\#\#}$	2,83±0,04$^{\#\#}$	1,8±0,02	**33,71**
		Пўст	26,4±0,12$^{\#}$	1,18±0,03$^{\#}$	4,47±0,03$^{\#\#}$	1,43±0,04$^{\#\#}$	2,62±0,05$^{\#\#}$	1,83±0,03	**67,13**
		Уруғ	27,2±0,23$^{\#}$	1,23±0,02$^{\#\#}$	4,52±0,04$^{\#\#}$	1,56±0,03$^{\#\#}$	2,79±0,04$^{\#\#}$	1,78±0,02$^{\#}$	**65,74**
7.	"Қизил анор" экстракти (150 мг/кг)	Шарбат	26,7±0,14$^{\#}$	1,37±0,02$^{\#}$	5,13±0,06$^{\#}$	1,5±0,04$^{\#\#}$	2,67±0,05$^{\#\#}$	1,78±0,05$^{\#}$	**48,75**
		Пўст	27,8±0,07$^{\#}$	1,26±0,03$^{\#\#}$	4,53±0,04$^{\#\#}$	1,34±0,04$^{\#\#}$	2,44±0,03$^{\#\#}$	1,82±0,04	**65,46**
		Уруғ	26,7±0,33$^{\#}$	1,08±0,04$^{\#}$	4,04±0,05$^{\#\#}$	1,57±0,03$^{\#\#}$	2,81±0,05$^{\#\#}$	1,79±0,02$^{\#}$	**79,11**

Изох: "кат" (katal) – ферментнинг 1 секундда 1 моль субстратни маҳсулотга (Р) айлантирувчи фаоллиги бўлиб, 1 мккат/л=[(10^{-6}×(моль/сек.)]/л (1 л муҳитда 1 секунда 10^{-6} моль субстратни маҳсулотга (Р) айлантирувчи фаоллигини ифодалайди. Шунингдек, одатда АЛТ, АСТ фаоллиги аксарият ҳолатларда, U/l – unit/litre ёки "бирлик/литр" бирлигида ифодаланади. Бунда, 1 U/l=1/60 мккат/л. Де Ритис коэффициенти=АСТ/АЛТ. Гепатопротектор коэффициент қиймати гепатик индекс асосида ҳисобланди. Назорат (соғлом) ҳайвонлар гуруҳига нисбатан CCl_4 (1 мг/кг) инъекцияси гуруҳида ** – $p<0,01$; * – $p<0,05$; CCl_4 (1 мг/кг) инъекцияси гуруҳига нисбатан анор экстрактлари (150 мг/кг) гуруҳларида $^{\#\#}$ – $p<0,01$; $^{\#}$– $p<0,05$; n=3-4).

Жумладан, гепатик индекс кўрсаткичи қийматига кўра, CCl_4 (1 мг/кг) интоксикацияда максимал терапевтик таъсир фаоллиги "Оқ дона" анор нави уруғи экстракти (4,02±0,04%), "Қизил анор" уруғи экстрактларида (4,04±0,05%) қайд қилинди. Қон зардобида АЛТ, АСТ концентрациясини оптималлаштириши бўйича энг юқори фаоллик "Қизил анор" пўсти экстрактида (мос равишда – 1,34±0,04 мккат/л, 2,44±0,03 мккат/л) аниқланди.

Шунингдек, гепатик индекс қийматлари асосида гепатопротектор коэффициент бўйича энг юқори фаоллик "Оқ дона (Туятиш)" уруғи экстракти (79,67%), "Қизил анор" уруғи экстракти (79,11%), "Оқ дона (Туятиш)" пўсти экстракти (74,65%), "Оқ ширин" пўсти

экстракти (68,8%), "Қора қайин" пўсти экстракти (67,97%) ва "Аччиқ дона" пўсти экстрактларида (67,13%) қайд қилинди.

Хулосалар

1. Шундай қилиб, анор (Punica granatum L.) мева шарбати, пўсти ва уруғи экстрактлари (150 мг/кг) таъсирида сичқонларда тана вазни, жигар вазни (гепатик коэффициент), қон зардобида АЛТ, АСТ (Де Ритис коэффициенти) сезиларли даражада оптималлашиши, бунда гепатик индексга кўра, CCl_4-интоксикацияда максимал фаоллик – "Оқ дона" нави уруғи экстракти (4,02±0,04%), "Қизил анор" уруғи экстрактларида (4,04±0,05%) кузатилиши аниқланди.

2. Қон зардобида АЛТ, АСТ концентрациясини оптималлаштириш бўйича энг юқори фаоллик "Қизил анор" пўсти экстрактида (мос равишда – 1,34±0,04 мккат/л, 2,44±0,03 мккат/л) аниқланди.

3. Гепатик индекс асосида гепатопротектор коэффициент бўйича энг юқори фаоллик – "Оқ дона (Туятиш)" уруғи экстракти (79,67%), "Қизил анор" уруғи экстракти (79,11%), "Оқ дона (Туятиш)" пўсти экстракти (74,65%), "Оқ ширин" пўсти экстракти (68,8%), "Қора қайин" пўсти экстракти (67,97%) ва "Аччиқ дона" пўсти экстрактларида (67,13%) қайд қилинди.

4. Олинган натижалар келгусида маҳаллий анор навлари иккиламчи хомашёси асосида гепатопротектор фармакологик препаратлар ва биологик фаол қўшимчалар ишлаб чиқишда илмий асос сифатида фойдаланилиши мумкин.

Миннатдорчилик. Муаллифлар тадқиқотларни амалга оширишда яқиндан ёрдам берган – Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси О.С.Содиқов номидаги Биоорганик кимё институти Фармакология лабораторияси илмий ходими – Махмудов Лазизбек Умаржоновичга миннатдорчилик билдиради.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Abd-Elmeged L.S.M., Alzahrani M.S.H. Magnification of the therapeutic uses of pomegranate fruits and peel in rats injected with carbon tetrachloride (CCl4) // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2020. – V.29(103374). – P.1-7.

2. Ali H., Jahan A., Samrana S., Ali A., Ali S., Kabir N., Ali A., Ullah R., Mothana R.A., Murtaza B.N., Kalim M. Hepatoprotective potential of pomegranate in curbing the incidence of acute liver injury by alleviating oxidative stress and inflammatory response // Front. Pharmacol. – 2021. – V.12:694607. – P.1-15.

3. Al-Olayan E.M., El-Khadragy M.F., Metwally D.M., Abdel Moneim A.E. Protective effects of pomegranate (Punica granatum) juice on testes against carbon tetrachloride intoxication in rats // BMC Complementary and Alternative Medicine. – 2014. – V.14:164. – P.1-9.

4. Barghchi H., Milkarizi N., Belyani S., Ostad A.N., Askari V.R., Rajabzadeh F., Goshayeshi L., Kheyrabadi S.Y.G., Razavidarmian M., Dehnavi Z., Sobhani S.R., Nematy M. Pomegranate (Punica granatum L.) peel extract ameliorates metabolic syndrome risk factors in patients with non-alcoholic fatty liver disease: A randomized double-blind clinical trial // Nutrition Journal. – 2023. – V.22:40. – P.1-18.

5. Blomme B., Steenkiste C.V., Grassi P., Haslam S.M., Dell A., Callewaert N., Van Vlierberghe H. Alterations of serum protein N-glycosylation in two mouse models of chronic liver disease are hepatocyte and not B cell driven // Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. – 2011. – V.300. – P.G833-G842.

6. Chalenko Y., Sobyanin K., Sysolyatina E., Midiber K., Kalinin E., Lavrikova A., Mikhaleva L., Ermolaeva S. Hepatoprotective activity of InlB321/15, the HGFR ligand of bacterial origin, in CCl4-induced acute liver injury mice // Biomedicines. – 2019. – V.7(29). – P.1-11.

7. Jamshidzadeh A., Abbasian M., Mehrabadi A.R., Niknahad H. Hepatoprotective effect of pomegranate (Punica granatum) fruit juice and seed extracts against CCl4-induced toxicity // Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2012. – V.8(3). – P.181-187.

8. Khan R.A., Khan M.R., Sahreen S. CCl4-induced hepatotoxicity: Protective effect of rutin on p53, CYP2E1 and the antioxidative status in rat // BMC Complementary and Alternative Medicine. – 2012. – V.12:178. – P.1-6.

9. Knockaert L., Berson A., Ribault C., Prost P.-E., Fautrel A., Pajaud J., Lepage S., Lucas-Clerc C., Begue J.-M., Fromenty B., Robin M.-A. Carbon tetrachloride-mediated lipid peroxidation induces early mitochondrial alterations in mouse liver // Laboratory Investigation. – 2012. – V.92. – P.396-410.

10. Marques T.G., Chaib E., Da Fonseca J.H., Lourenco A.C.R., Silva F.D., Fontenelle M.A.R., Galva F.H.F., D'Albuquerque L.A.C. Review of experimental models for inducing hepatic cirrhosis by bile duct ligation and carbon tetrachloride injection // Acta Cirurgica Brasileira. – 2012. – V.27(8). – P.589-594.

11. Meharie B.G., Amare G.G., Belayneh Y.M. Evaluation of hepatoprotective activity of the crude extract and solvent fractions of Clutia abyssinica (Euphorbiaceae) leaf against CCl4-induced hepatotoxicity in mice // Journal of Experimental Pharmacology. – 2020. – V.12. – P.137-150.

12. Murthy K.N.C., Jayaprakasha G.K., Singh R.P. Studies on antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum) peel extract using in vivo models // J. Agric. Food Chem. – 2002. – V.14;50(17). – P.4791-4795.

УЎК 581.1

IN VITRO УСУЛИДА МИКРОКЛОНАЛ КЎПАЙТИРИЛГАН АНОР КЎЧАТЛАРИДА БАРГНИНГ НИСБИЙ СУВ МИҚДОРИ (RWC) ВА БАРГ ЮЗАСИ БИРЛИГИГА ТЎҒРИ КЕЛУВЧИ ҚУРУҚ МАССА (LMA) ТАҲЛИЛИ

Ф.Ш. Эргашева, докторант, Гулистон давлат университети хузуридаги Агробиотехнологиялар ва биокимё илмий-тадқиқот институти, Гулистон
Ш.С. Хушматов, б.ф.д., Ўзбекистон Республикаси Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги, Тошкент
Х.Х. Кушиев, б.ф.д., проф., Гулистон давлат университети хузуридаги Агробиотехнологиялар ва биокимё илмий-тадқиқот институти, Гулистон
М.Ш. Ҳудойназаров, Гулистон давлат университети хузуридаги Агробиотехнологиялар ва биокимё илмий-тадқиқот институти, Гулистон

Аннотация. *Ушбу тадқиқотда in vitro шароитида микроклонал усулда кўпайтирилган ва тупроқ шароитига кўчирилган маҳаллий анор (Punica granatum L.) навлари кўчатларининг сувсизлик стрессига физиологик жавоби баҳоланди. "Оқ дона (Туятиш)", "Қора қайин", "Оқ ширин", "Аччиқ дона" ва "Қизил анор" навлари олинди. Кўчатларга 14 сутка давомида сув берилмасдан сувсизлик стресси ҳосил қилинди ҳамда "Mikromak" (10 г/кг, тупроқ таркибига) ва "GlitsBUT" (100 мг/л, пуркаш усулида) препаратларининг таъсири ўрганилди. Баргларда нисбий сув миқдори (RWC) ва барг юза майдони бирлигига тўғри келувчи қуруқ масса (LMA) аниқланди. Препаратлар билан комплекс ишлов бериш барча ўрганилган навларда RWC ва LMA кўрсаткичларининг ортишига олиб келди. "Оқ дона (Туятиш)" навида RWC 74,5±2,6% дан 83,15±3,83% гача, LMA эса 89,17±3,54 г/м² дан 104,38±4,15 г/м² гача ошди. Олинган натижалар "Mikromak" ва "GlitsBUT" препаратлари in vitro шароитидан тупроқ шароитига кўчирилган анор кўчатларининг сув режимини сақлаш ва адаптацион хусусиятларини яхшилашда ижобий таъсир кўрсатишини кўрсатди.*

Калит сўзлар: *Punica granatum L., in vitro, микроклонал кўпайтириш, сувсизлик стресси, нисбий сув миқдори, RWC, LMA, Mikromak, GlitsBUT, адаптация.*

Аннотация. *В работе оценена физиологическая реакция саженцев местных сортов граната (Punica granatum L.), размноженных методом микроклонального размножения in vitro и перенесённых в почвенные условия, на водный дефицит. Исследованы сорта «Оқ дона (Туятиш)», «Қора қайин», «Оқ ширин», «Аччиқ дона» и «Қизил анор». В течение 14 суток растения подвергали водному стрессу без полива и изучали влияние препаратов «Mikromak» (10 г/кг, внесение в почву) и «GlitsBUT» (100 мг/л, опрыскивание). Определяли относительное содержание воды в листьях (RWC) и сухую массу на единицу площади листа (LMA). Комплексное применение препаратов способствовало повышению показателей RWC и LMA у всех изученных сортов. У сорта «Оқ дона (Туятиш)» RWC увеличилось с 74,5±2,6% до 83,15±3,83%, а LMA — с 89,17±3,54 до 104,38±4,15 г/м². Полученные результаты показывают, что применение «Mikromak» и «GlitsBUT» положительно влияет на поддержание водного режима и адаптационные свойства саженцев граната при их переносе из условий in vitro в почву.*

Ключевые слова: *Punica granatum L., in vitro, микроклональное размножение, водный стресс, относительное содержание воды, RWC, LMA, Mikromak, GlitsBUT, адаптация.*

Abstract. *This study evaluated the physiological response to water deficit of local pomegranate (Punica granatum L.) plantlets propagated by in vitro microclonal propagation and transferred to soil conditions. "Oq dona (Tuyatish)", "Qora qayin", "Oq shirin", "Achchiq dona", and "Qizil anor" were used as experimental material. The plantlets were subjected to 14 days of water deprivation, and the effects of "Mikromak" (10 g/kg, incorporated into the soil) and "GlitsBUT" (100 mg/L, foliar spraying) were evaluated. Leaf relative water content (RWC) and leaf mass per area (LMA) were determined. Combined treatment with the preparations increased RWC and LMA*

in all studied cultivars. In "Oq dona (Tuyatish)", RWC increased from 74.5±2.6% to 83.15±3.83%, while LMA increased from 89.17±3.54 to 104.38±4.15 g/m². The results indicate that "Mikromak" and "GlitsBUT" positively affect water retention and adaptive characteristics of pomegranate plantlets during acclimatization from in vitro to soil conditions.

Keywords: *Punica granatum L., in vitro, microclonal propagation, water deficit, relative water content, RWC, LMA, Mikromak, GlitsBUT, acclimatization.*

Анорни (Punica granatum L.) in vitro усулида микроклонал кўпайтиришда кўчатларнинг лаборатория шароитидан табиий тупроқ шароитига мослашиши муҳим босқичлардан бири ҳисобланади [ValizadehKaji et al., 2013].

Тадқиқот мақсади — Сирдарё вилояти тупроқ-иқлим шароитида етиштириладиган маҳаллий анор (Punica granatum L.) навларининг in vitro усулида кўпайтирилган ва тупроққа кўчирилган кўчатларида 14 суткалик сувсизлик стресси шароитида баргнинг нисбий сув миқдори (RWC), унинг нисбий камайиши ҳамда барг юзаси бирлигига тўғри келувчи қуруқ масса (LMA, г/м²) ўзгаришига «Mikromak» ва «GlitsBUT» препаратларининг таъсирини таҳлил қилиш.

Тадқиқот материаллари ва услублари. Тадқиқот объекти сифатида – Ўзбекистон Республикаси Сирдарё вилояти тупроқ-иқлим шароитида етиштирилувчи айрим маҳаллий анор (Punica granatum L.) навларидан ("Оқ дона (Туятиш)", "Қора қайин", "Оқ ширин", "Аччиқ дона", "Қизил анор") фойдаланилди. Тажрибаларда in vitro шароитида кўпайтирилиб, иссиқхона шароитида туваклардa табиий тупроқ шароитига кўчирилган анор навлари кўчатларида 2 ҳафта (14 сутка) давомида сув берилмасдан, 14-суткада сув бериш шароитида баргда нисбий сув миқдори (Leaf relative water content – RWC) қуйидаги формула (1) ёрдамида таҳлил қилинди [Pourghayoumi et al., 2017; Garrido and Vergara, 2022]:

$$RWC = \frac{FW-DW}{TW-DW} \times 100 \quad (1)$$

Бунда RWC — баргнинг нисбий сув миқдори (Leaf relative water content), %; FW — янги узилган барг массаси (Fresh weight); TW — дистилланган сувга тўйинтирилган барг массаси (Turgid weight); DW — қуритилган барг массаси (Dry weight). Янги узилган барг тарозида тортилиб (FW), дистилланган сувда 120 минут давомида инкубацияланди. Сувга тўйинтирилгандан кейин барг юзасидаги сув фильтр қоғози билан олиб ташланиб, масса ўлчанди (TW). Кейин барг термостатда 70–80 °C ҳароратда 60 минут давомида қуритилди ва унинг массаси ўлчанди (DW).

14 сутка давомида сув берилмаган ва 14-суткада сув берилган ўсимликларда RWC қийматининг назоратга нисбатан камайиши қуйидаги формула (2) ёрдамида баҳоланди [Pourghayoumi et al., 2017]:

$$RWC\ нинг\ нисбий\ камайиши\ (\%) = \frac{RWC_{назорат}-RWC_{стресс}}{RWC_{назорат}} \times 100 \quad (2)$$

Баргнинг структуравий-функционал ҳолатини баҳолаш учун барг юзаси бирлигига тўғри келувчи қуруқ масса (Leaf mass per area — LMA) қуйидаги формула (3) ёрдамида ҳисобланди [Pourghayoumi et al., 2017]:

$$LMA = \frac{DW}{LA} \quad (3)$$

Бунда LMA — барг юзаси бирлигига тўғри келувчи қуруқ масса, г/м²; DW — қуритилган барг массаси, г; LA — барг юзаси, м².

Барг юзаси эллипс модели бўйича қуйидаги формула (4) ёрдамида тахминий ҳисобланди:

$$S = \frac{\pi}{4} \times L \times W \quad (4)$$

Бунда S — барг юзаси, см²; π ≈ 3,14; L — барг узунлиги, см; W — барг эни, см. LMA ни ҳисоблашда юза см² дан м² га ўтказилади: 1 см² = 10^{-4} м².

Шунингдек, барг юзаси Fiji/ImageJ дастурида тасвир масштаби ва барг тасвирига тегишли пикселлар сони асосида ҳисобланди.

Анор кўчатларининг сувсизлик стресси шароитида чидамлилик даражасини оширишда, ГулДУ ҳузуридаги Агробиотехнологиялар ва биокимё илмий-тадқиқот институтида ишлаб

чиқилган "Mikromak" препарати (таркиби N (NO_3^- – 4,4%, NH_4^+ – 6,6%), P (P_2O_5 – 10,5%), K (K_2O – 21,2%), Mg (1,6%), MgO (2,6%), S (10%), SO_3 (25%), B (0,05%), Cu (0,03%), Fe (0,08%), Mn (0,25%), Zn (0,04%), Mo (0,002%), Ca (17,6%) ва фитостимулятор – "GlitsBUT" препаратидан ("BioTexGen" МЧЖ, Ўзбекистон) фойдаланилди. "GlitsBUT" препарати ширинмия (Glycyrrhiza L.) ўсимлигидан ажратиб олинган глицирризин кислота (ГК) - (20β-карбокси-11-оксо-30-норолеан-12-ен-3β-ил-2-О-β-D-глюкопиранурономозил-α-D-глюкопиранози-дурон кислота) ва индолил мой кислотанинг супрамолекуляр комплекси асосида ишлаб чиқилган [Джураев, 2019].

Олинган натижаларни математик-статистик қайта ишлаш OriginLab OriginPro v. 8.5 SR1 (Northampton, MA 01060-4401, АҚШ) компьютер дастури ёрдамида амалга оширилди. Тажриба ва назорат гуруҳи ўртасидаги қийматлар статистик ишончлилик даражаси Стьюдент t-мезони асосида ҳисобланди ($p<0,05$ қийматлар статистик ишончли деб баҳоланди) [Гланц, 1999].

Олинган натижалар ва уларнинг таҳлили. "Оқ дона (Туятиш)" анор нави кўчатларида RWC қиймати назорат гуруҳида ўртача 74,5±2,6% бўлиб, "Mikromak" ва "GlitsBUT" препаратларидан фойдаланилганда, 83,15±3,83% га ортиши, шунингдек 14 суткалик сувсизлик стресси таъсирида RWC қийматининг нисбий камайиши, сув йўқотишни ифодаловчи кўрсаткич 12,63±0,14% дан 8,16±0,04% га ўзгариши аниқланди. "Қора қайин", "Оқ ширин", "Аччиқ дона" ва "Қизил анор" навлари кўчатларида RWC ўртача қиймати мос равишда – 72,19±1,43% дан 81,39±4,07% га, 69,24±2,18% дан 76,73±2,4% га, 78,57±3,05% дан 85,13±2,46% га ҳамда 80,1±2,16% дан 89,93±3,05% га ўзгариши, шунингдек баргларда сув сақлаш хусусияти мос равишда – 36,26%, 25,64%, 51,45% ва 62,74% га ортиши қайд қилинди.

Шундай қилиб, экиш муҳитига "Mikromak" препарати (эритилган шаклда, 10 г/кг дозада) қўшилган, "GlitsBUT" препарати (100 мг/л) билан 14 сутка давомида пуркаш усулида (ҳафтада 2 марта) ишлов берилган ҳолатда, анор навлари кўчатлари баргида нисбий сув миқдори (RWC), сув сақлаш ёки сувсизликка чидамлилик даражаси сезиларли ортиши аниқланди.

"Оқ дона (Туятиш)" нави кўчатларида назорат гуруҳида LMA ўртача қиймати 89,17±3,54 г/м² бўлиб, "Mikromak" ва "GlitsBUT" препаратларидан фойдаланилганда, мазкур кўрсаткич қиймати ўртача 104,38±4,15 г/м² (назоратга нисбатан 17,06% га ортиши) бўлиши аниқланди.

Мазкур кўрсаткич "Қора қайин", "Оқ ширин", "Аччиқ дона", "Қизил анор" кўчатларида мос равишда ўртача – 112,42±4,86 г/м², 118,06±5,12 г/м², 94,13±4,04 г/м² ва 103,19±5,23 г/м² га тенг бўлиб, "Mikromak" ва "GlitsBUT" препаратларидан фойдаланилганда, мос равишда – 126,12±3,17 г/м², 132,4±4,49 г/м², 103,8±3,13 г/м² ва 125,76±5,03 г/м² га ортиши қайд қилинди.

Бунда экиш муҳити таркибига "Mikromak" препарати (эритилган шаклда, 10 г/кг дозада) қўшиш, "GlitsBUT" препарати (100 мг/л) билан 14 сутка давомида пуркаш усулида (ҳафтада 2 марта) ишлов берилган ҳолатда анор навлари кўчатларида барг юза майдони бирлигига тўғри келувчи қуруқ масса қиймати (LMA, г/м²) сезиларли даражада ортиши аниқланди. Мазкур ҳолатни ўсимликда моддалар алмашинуви жадаллашиши, баргларда қуруқ модда улуши ортиши, ўз навбатида структуравий-функционал бирликлар қиймати оптималлашиши билан изоҳлаш мумкин.

Хулосалар. Шундай қилиб, in vitro шароитидан тупроқ шароитига кўчирилган регенерант анор навлари ("Оқ дона (Туятиш)", "Қора қайин", "Оқ ширин", "Аччиқ дона", "Қизил анор") кўчатларида "Mikromak" (10 г/кг, тупроқ таркибига қўшиш), "GlitsBUT" (100 мг/л, пуркаш усулида ишлов бериш) препаратлари таъсирида, баргларнинг нисбий сув миқдори (RWC) ортиши, баргларнинг сувни сақлаш хусусияти яхшиланиши аниқланди. Шунингдек, "Mikromak" ва "GlitsBUT" препаратлари билан комплекс ишлов бериш натижасида барг юзаси бирлигига тўғри келувчи қуруқ масса (LMA) ортиши қайд қилиниб, мазкур ҳолатни мослашиш жараёнида баргларнинг қуруқ модда билан таъминланиши, структуравий-функционал ҳолати оптималлашиши билан изоҳлаш мумкин.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. ValizadehKaji B., Ershadi A., Tohidfar M. In vitro propagation of two Iranian commercial pomegranates (Punica granatum L.) cvs. "Malas Saveh" and "Yusef Khani" // Physiology and Molecular Biology of Plants. — 2013. — Vol. 19, No. 4. — P. 597–603. https://doi.org/10.1007/s12298-013-0193-3

2. Pourghayoumi M., Bakhshi D., Rahemi M., Kamgar-Haghighi A. A., Aalami A. The physiological responses of various pomegranate cultivars to drought stress and recovery in order to screen for drought tolerance // Scientia Horticulturae. – 2017. – V.217. – P.164-172.

3. Гланц С. Медико-биологическая статистика // Москва. – Изд-во "Практика". – 1999. – С. 250–459.

4. Джураев Т. А. Глицирризин кислотасининг фитогормонлар билан комплекслари ва уларнинг биологик фаоллиги // Биология фанлари доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун тайёрланган диссертация автореферати. – Тошкент, 2019. – 3–19-б.

5. Garrido M. I., Vergara S. Lack of Tradeoff between Leaf Hydraulic Efficiency and Safety across Six Contrasting Water-Stress Tolerant Fruit Tree Species // Agronomy. — 2022. — Vol. 12, No. 10. — 2351. https://doi.org/10.3390/agronomy12102351

УЎК 591.1:636.3

ЙИЛ ФАСЛЛАРИГА БОҒЛИҚ ҲОЛДА ТУРЛИ ЭКОЛОГИК ОМИЛЛАР ТАЪСИРИДА ЭЧКИЛАР ОРГАНИЗМИДАГИ АЙРИМ БИОКИМЁВИЙ КЎРСАТКИЧЛАРНИНГ ЎЗГАРИШИ

С.С. Ҳайдаров, ўқитувчи, Зарменд университети, Самарқанд
Р.М. Рзаев, ўқитувчи, Самарканд Давлат ветеринария медицинаси, чорвачилик ва биотехнологиялар университет Нукус филиали, Нукус

Аннотация. *Мақолада турли шароитларнинг ушбу ҳудудларда урчитилаётган эчкилар организмидаги метаболик жараёнларнинг кечишига таъсирини аниқлаш учун қоннинг морфологик кўрсаткичлари ва қон зардобидаги умумий оқсил ва унинг фракцияларини аниқлашда физиологик ва биокимёвий текширишларнинг роли ҳақидаги маълумотлар келтирилган.*

Калит сўзлар: *қулай ва ноқулай омиллар, техноген прессингли, оғир металлар,сув, тупроқ,ўсимлик, гематологик, биокимёвий кўрсаткичлар, эритроцитлар, лейкоцитлар, гемоглобин, қон, қон зардоби, умумий оқсил, альбумин, глобулин.*

Аннотация. *В этой статье приведены данные показывающие, что при изучения влияние экологических факторов на течение метаболических процессов в организме коз, и о роли физиологические и биохимические исследования, при определения количества морфологических показателей крови и уровня общего белка и его фракции в сыворотки крови коз разводимые в данных регионах.*

Ключевые слова: *благоприятные и неблагоприятные факторы, искусственное воздействие, тяжелые металлы, вода, почва, растения, гематологические, биохимические показатели, эритроциты, лейкоциты, гемоглобин, кровь, сыворотка крови, общий белок, альбумин, глобулин.*

Abstract. *This article presents data demonstrating the role of physiological and biochemical studies in determining the morphological parameters of blood and the level of total protein and its fraction in the serum of goats raised in these regions when studying the influence of environmental factors on metabolic processes in goats.*

Key words: *favorable and unfavorable factors, artificial influences, heavy metals, water, soil, plants, hematological and biochemical parameters, erythrocytes, leukocytes, hemoglobin, blood, serum, total protein, albumin, globulin.*

Турли экологик омилар таъсирига организмнинг жадал мослашиву икки: янги шароитнинг зарарли таъсирига қарши курашиш учун функционал фаолликни ташкил қилиш мақсадида амалга ошади. Кейинги йилларда кўплаб саноат корхоналарини ишга тушиши атроф муҳитнинг технологик ҳолатга айланишига сабаб бўлмоқда.

Саноат корхоналаридан чиқадиган турли хилдаги чиқиндилар атроф муҳитни экотизимини ташкил қилувчи сув, тупроқ ва ўсимликларнинг кимёвий таркиби, физик-кимёвий хусусиятларнинг ўзгаришига олиб келиши маълум. (6) . Айниқса, металлургия нефтни қайта ишлаш ва иссиқлик электр станцияларидан ажраладиган чиқиндилар деярли барча экотизим субстратларни оғир металлар билан ифлосланишини чақиради.

Атмосферадаги сувда, тупроқда мавжуд бўлган ҳар қандай зарарни бирикма эрта ёки кечроқ ҳайвон ёки инсонлар организмига тушади.

Ҳаттоки энг кам дозадаги кимёвий келиб чиқишга эга бўлган моддаларнинг узоқ муддат давомида тирик организмларга таъсири, уларни организмда жамланишига олиб келади ва ривожланишнинг турли босқичларида биокимёвий, иммунологик ва бошқа ўзгаришларга олиб келувчи турли механизмларни ривожланиши ва амалга ошишини таъминловчи стресс омил сифатида қаралиши мумкин.

Ташқи муҳитнинг кўплаб жароҳатловчи омиллари, энг кам яъни ҳаётий жараёнларни кечиши учун мос дозалардаги таъсири ҳам организмда бузилишларни чақиради, лекин улар организмнинг тикланиши кимёвий мослашиш реакциялари ҳисобига компенсация қилиниши мумкин. Аммо сунъий яратилган муҳит организмнинг биологик хусусиятларига мос бўлмаслиги мумкин. Бундай ҳолатларда организмнинг мослашуви, унинг функцияларини миқдорий ва сифатий жиҳатдан ўзгариши орқали амалга ошади. Бундай хавотирли сигналларни қайд қилишда тўқималар тузилишидаги айнан гематологик, қон ҳосил қилувчи тизимлардаги реакцияларни ҳамда метаболитик жараёнлардаги ўзгаришларни таҳлил қилиш ёрдам беради. (1,2,4,8).

Юқоридаги қисқача кўриниб турибдики техногенли прессинг ҳолатида бўлган шароитларда урчитилаётган эчкилар организмидаги гематологик ва иммунологик тизимлардаги ўзгаришларни биологик жиҳатдан таҳлил қилиш ва олинган маълумотлар асосида ишлаб чиқаришга тавсиялар бериш ҳозирги долзарб масалалардан биридир.

Ишнинг мақсади ва вазифалари. Текшириш ишининг асосий мақсади турли технологик ифлосланишга эга бўлган зоналарда эчкиларнинг гематологик ва иммунологик кўрсаткичларига таъсирини ўрганишдан иборат бўлди. Мақсадга эришиш учун қуйидаги вазифалар қўйилди.

- турли технологик прессинг таъсирида бўлган эчкилар қонининг морфологик ва биокимёвий хусусиятларини аниқлаш.

- турли экологик зоналарда урчитилаётган эчкилар организмининг чидамлилик даражасини ўрганиш.

Ишнинг материали ва услублари. Текшириш ишлари йил давомида турли экологик шароитларда далада ҳайдаб боқилган икки гуруҳ ҳайвонларда амалга оширилган.

Назорат гуруҳи Навоий вилояти Отчопар ҚФЙ ҳудудида (экологик жиҳатдан ноқулай) ҳудудларда урчитилаётган маҳаллий эчкилар организмидаги метаболик жараёнларнинг кечишига экологик жиҳатдан турлича бўлган омилларнинг таъсирини ўрганиш бўйича экспериментал текширишлар олиб борилди.

Тажрибаларда ёши, жинси, зоти ва тирик массаси бўйича аналоглардан иборат эчкилардан, ҳар қайсисида 5 бошдан эчкиларда даврлар — гуруҳлар усули бўйича тажрибалар ўтказилди (7).

Тажрибадаги ҳайвонлар организмидаги метаболик жараёнларнинг ўзгаришига турли экологик шароитларда истеъмол қилинган ҳар хил ифлосланиш даражасидаги озуқалар таркибидаги тўйимли моддаларнинг таъсирини ўрганиш мақсадида лаборатория таҳлили учун қон намунаси эрталабки озиқлантиришгача бўйинтуруқ венасидан олинди (3).

Турли таркибга эга бўлган озуқаларнинг истеъмол қилинишининг қон таркибининг морфологик, биокимёвий ва иммунологик хусусиятларига таъсирини ўрганиш учун қуйидаги текширишларни олиб бордик.

- қон таркибидаги эритроцитлар, лейкоцитлар миқдорини ва гемоглобин концентрациясини қамраб олувчи гематологик текширишлар;

- қон зардобидаги умумий оқсил даражасини рефрактометрик унинг фракцияларини-колориметрик усуллар билан аниқланишини қамраб олувчи биокимёвий текширишлар (3);

Текширишлар натижасида олинган маълумотлар Е.К. Мерькурева (5) бўйича қайта ишланди.

Олинган натижалар ва уларни муҳокамаси. Метаболизм- бу ҳайвонлар организмида амалга ошадиган ва уларнинг ҳаёт фаолиятининг таъминловчи кимёвий, физикавий,

биокимёвий ўзгаришларнинг йиғиндиси ҳисобланганлиги сабабли турли экологик шароитларда урчитилаётган майда шохли ҳайвонларнинг муҳим метаболизм звеноларини ўрганиш моддалар алмашинувидаги бузилишларни аниқлаш ва шу вақтнинг ўзида ҳайвонларни соғлигини сақлаш ҳамда атроф муҳитни мўтадиллигини таъминлаш бўйича тадбирларни ўз вақтида ўтказиш имконини беради. Қон, тўқима ва органлар орасидаги бир-бирини боғлаб турувчи ва фақатгина организм саломатлигини акс эттирувчи звеногина бўлиб ҳисобланмасдан балки ташқи муҳитнинг ўзгарувчан шароитига мосланувчанлик қобилиятини ҳам акс эттиради.Шу боис, турли экологик зоналарда урчитилаётган эчкилар қонининг морфологик таркибини ўрганиш қизиқиш уйғотди.

Экологик жиҳатдан турлича бўлган зоналарда урчитилаётган эчкиларни гематологик параметрлари бўйича олинган маълумотларни таҳлилини кўрсатдики ўрганилаётган кўрсатгичлар жиддий даражадаги ўзгаришларга учраши аниқланди.

Олинган маълумотлар бўйича экологик жиҳатдан қулай бўлган зонада урчитилаётган эчкилар қонидаги эритроцитлар миқдори тенгдошлардагига нисбатан 18,1 % га лейкоцитлар- 8,6% га ва гемоглобиннинг концентрацияси- 21,3% га юқори бўлиши аниқланди. Бу маълумотлар экологик жиҳатдан ноқулай шароитда урчитилаётган ҳайвонлар организмини кислород билан яхши таъминланишини оксидланиш ва тикланиш реакциялари мўтадил кечишини ва истеъмол қилинган озуқалар таркибидаги тўйимли моддалардан унумли фойдаланиш характерланади.

1- жадвал

Турли шароитда урчитилаётган эчкилар қонининг морфологик таркиби.

№	Кўрсаткичлар	Экологик шароит		Назоратга нисбатан (% ҳисобида)
		Қулай	Ноқулай	
1	Эритроцитлар, млн.	8,49 ± 0,61	6,96 ± 0,46	81,9
2	Лейкоцитлар, минг	7,60 ± 0,38	7,01 ± 0,24	92,4
3	Гемоглобин, г /%	93,84 ± 1,51	73,9 ± 1,39	78,75

Қон зардоби оқсиллари тўқималар ва органлар оқсиллари билан динамик мувозанатда бўлиши билан бир қаторда бошқарувчилик каталитик, транспорт, ҳимоя функцияларини бажаради, оқсилли, ёғли, углеводли, минералли алмашинув жараёнларига ўз таъсирини кўрсатади, шу боис ҳам ҳайвонлар организмини саломатлик ҳолатини баҳолаш мезонларидан бири бўлиб хизмат қилади.

Қон зардоби оқсиллари ва уларнинг фракциялари даражасини ўрганиш турли экологик зоналарда урчитилаётган ҳайвонларни организмидаги ўзгаришлар қонуниятларини очиб бериш имконини беради.

2- жадвал

Турли экологик шароитда урчитилаётган эчкилар қон зардобидаги умумий оқсил ва фракциялари кўрсаткичлари.

№	Кўрсаткичлар	Экологик шароитлар		Назоратга нисбатан % ҳисобида
		Қулай	Ноқулай	
		Назорат	Тажриба	
1	Умумий оқсил, г/л	70,83 ± 0,28	61,90 ± 0,23	87,98
2	Альбуминлар, %	34,52 ± 1,12	33,10 ± 0,14	93,19
3	Глобулинлар, %	36,23 ±1,28	37,80 ± 0,19	104,33
4	Оқсил индекси А/Г	0,9/1,0	0,87/1,0	-

Жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, экологик жиҳатдан қулай шароитларда урчитилаётган эчкилар қон зардобидаги умумий оқсиллар миқдори ноқулай шароитдаги тенгдошларига нисбатан 12,02 % га юқори бўлиши аниқланди. Бу бизга ноқулай экологик шароитда урчитилаётган эчкилар организмида озиқ моддалар таркибидаги оқсиллардан етарлича унумли фойдаланилмаётганлигидан далолат беради. Бундан ташқари, моддалар алмашинувида фаол иштирок этувчи умумий оқсилнинг альбуминли фракциясининг 6,8 % га кулай шароитдаги эчкиларга нисбатан камайганлигини кузатиш мумкин. Айнан ушбу фракциянинг камайиши ҳисобига глобулинли фракциянинг ноқулай шароитдаги эчкилар қон зардобида 4,33 % га ортиши кузатилди. Бу эса ноқулай омиллар таъсирида организмдаги

метаболик жараёнларнинг ўзгаришини физиологик ва биокимёвий реакцияларини мўтадиллигини таъминлаш учун организмнинг мосланиш ва тикланиш механизмларини мобилизация қилинганлигидан далолат беради. Чунки, қон зардоби оқсилларининг глобулинли фракцияси организмни ҳимоя функцияларини бажаришда асосий ролни ўйнайди.

Хулоса. Яйлов чорвачилигини асосий қисмини ташкил қилувчи қўй ва эчкиларни турли экологик зоналарда урчитишда экологик омилларни организмдаги метаболик жараёнларни кечишига таъсирини ўрганиш ва турли бузилишларни олдини олиш учун уларнинг қон ва қон зардобини вақти-вақти билан морфологик ҳамда биокимёвий таҳлиллардан ўтказиб туриш зарур.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Алимов Н.И. Клетки крови как биоиндикатор токсического действия отравляющих веществ. М.2003. 305 с.

2. Бабаевский Р.М. Физиологическая норма и концепция здоровья.

3. Российский физиологический журнал. 2003. Т. 89. №4-с. 473-489.

4. Викторов П.И., Менькин В.К. Методика и организация зоотехнических опытов- М. Агропромиздат., 1991.-с 38-65.

5. Габунщина О.Д. Морфологически и биохимические показатели крови верблюдов кальмицкой породы разного пола и возраста в связи с сезонами года. Автореф. дисс. канд.биол.наук. Боровск- 2012. 23 с.

6. Меркурьева Е.К. Генетика с основами биометрии.- М.Колос.-1983. 400 с.

7. Михайленко А.К. Экологические аспекты формирования физиолого- биохимического, иммуногенетического статуса и продуктивность животных в онтогенезе. Автореф. дисс. на соис уч. степени доктора биол. Наук. Ставрополь- 2000. 30 стр.

8. Овсянников Н.И. Опытное дело в животноводстве.- М. Колос. 1976-с. 28-48.

9. Яншин А.А. Экология и охрана природа. М. 2000. 384 с.

10. Яковлев Н.А. Живое и среда. Молекулярные и функциональные основы приспособления организма к условиям среды. Изд. Наука. Ленинград. 1986-172 с.

UDC 577.322:547.497.1:546.74

MOLECULAR DOCKING OF PHENYLGLYOXYLIC ACID THIOSEMICARBAZONE AND ITS NICKEL(II) BIS-CHELATE AGAINST HUMAN KINASE AND OXIDOREDUCTASE TARGETS

J.K. Akhatov, doctoral student (PhD), Termez State University, Termez
Kh.Kh. Turaev, doctor of chemical science, professor, Termez State University, Termez
J.M. Ashurov, doctor of chemical science, professor, Institute of Bioorganic Chemistry named after Academician O.S. Sadykov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Annotatsiya. *Fenilglioksil kislota tiosemikarbazoni (H_2PGTS) va uning oktaedrik nikel(II) bis-xelati [$Ni(HPGTS)_2$] oltita inson oqsil nishoniga AutoDock Vina 1.2.5 dasturida oldindan belgilangan protokol bo'yicha dock qilindi: erkin ligand egiluvchan, kompleks esa rentgen geometriyasida qattiq jism sifatida ko'rib chiqildi. Dock qilingan to'rtta nishondan faqat EGFR (3W2S) redocking validatsiyasidan o'tdi; kompleks to'rttadan uchtasida erkin ligandning ikkala shaklidan past ball oldi va eng katta farq EGFR da qayd etildi (anionga nisbatan −3.39 kcal mol^{-1}), DHODH (6LZL) da esa kompleks bali anionnikidan 1.29 kcal mol^{-1} yuqori bo'ldi, bu tor kanalsimon bog'lanish markaziga mos keladi. Uch xil metall atom turi bilan bir xil ball olingani nikel markaziga retseptor yetib bora olmasligini ko'rsatadi, shu sababli olingan qiymatlar qattiq organik karkasni tavsiflaydi va o'lchangan affinlik emas, balki empirik funksiya bashoratidir.*

Kalit so'zlar: *nikel(II) kompleksi, tiosemikarbazon, molekulyar docking, EGFR, DHODH, redocking validatsiyasi, konsensus ballash.*

Аннотация. *Тиосемикарбазон фенилглиоксиловой кислоты (H_2PGTS) и его октаэдрический бис-хелат никеля(II) [$Ni(HPGTS)_2$] докированы программой AutoDock Vina 1.2.5 к шести белковым мишеням человека по заранее зафиксированному протоколу: свободный лиганд рассматривался как гибкий, комплекс — как жёсткое тело в рентгеноструктурной геометрии. Из четырёх докированных мишеней валидацию повторным докингом прошла только EGFR (3W2S); на трёх мишенях из четырёх комплекс получил более низкую оценку, чем обе формы свободного лиганда, с наибольшим разрывом для EGFR (−3.39 ккал $моль^{-1}$ относительно аниона), тогда как для DHODH (6LZL) оценка комплекса оказалась на 1.29 ккал $моль^{-1}$ выше, что согласуется с узким каналообразным сайтом связывания. Одинаковые оценки при трёх типах атома металла показывают, что никелевый центр недоступен для рецептора, поэтому полученные значения описывают жёсткий органический каркас и являются прогнозом эмпирической функции, а не измеренной аффинностью.*

Ключевые слова: *комплекс никеля(II), тиосемикарбазон, молекулярный докинг, EGFR, DHODH, валидация повторным докингом, консенсусная оценка.*

Abstract. *Phenylglyoxylic acid thiosemicarbazone (H_2PGTS) and its octahedral nickel(II) bis-chelate [$Ni(HPGTS)_2$] were docked with AutoDock Vina 1.2.5 against six human protein targets under a protocol fixed in advance, the free ligand being treated as flexible and the complex as a rigid body in its X-ray geometry. Of the four targets that could be docked, only EGFR (3W2S) passed redocking validation; the complex scored below both free-ligand forms on three of the four targets, most strongly at EGFR (−3.39 kcal mol^{-1} relative to the anion), whereas at DHODH (6LZL) it scored 1.29 kcal mol^{-1} above the anion, consistent with a narrow channel-shaped site. Identical scores obtained with three metal atom types show that the nickel centre is inaccessible to the receptor, so the values describe a rigid organic scaffold and are predictions of an empirical function, not measured affinities.*

Key words: *nickel(II) complex, thiosemicarbazone, molecular docking, EGFR, DHODH, redocking validation, consensus scoring.*

Introduction. Thiosemicarbazones combine a hard nitrogen donor and a soft sulfur donor in one small molecule, and a carbonyl precursor with an additional functional group adds a third binding

site. Thione–thiolate tautomerism and *E*/*Z* isomerism about the C=N bond make their coordination behaviour depend on the particular system rather than on stoichiometry alone [1]. In thiosemicarbazones of α-keto acids the carboxylic group supplies an oxygen donor that closes an O,N,S tridentate pocket and fixes the protonation state of the free ligand at physiological pH.

This study concerns phenylglyoxylic acid thiosemicarbazone (H_2PGTS) and its octahedral nickel(II) bis-chelate [Ni(HPGTS)$_2$]. In the crystal of the free-ligand monohydrate the thiosemicarbazone fragment has the *Z* configuration about the C7=N1 bond [2]. In the complex, two singly deprotonated ligands coordinate through the carboxylate oxygen, the imine nitrogen and the thione sulfur, giving a $NiN_2O_2S_2$ sphere, and each ligand isomerises to *E* so that its three donors face the metal. Since coordination alters shape, rigidity, charge distribution and lipophilicity together, the free ligand and the complex are treated here as two different candidate molecules.

A favourable docking score at a human protein can be read in two ways: as a possible therapeutic interaction or as possible off-target binding. The aim of this work was therefore limited to comparing H_2PGTS and its nickel complex at a set of human targets under one protocol fixed before any score was computed, and to state the reliability of each comparison. Four targets were docked: the epidermal growth factor receptor kinase domain (EGFR), cyclin-dependent kinase 2 (CDK2), mitogen-activated protein kinase 1 (ERK2) and mitochondrial dihydroorotate dehydrogenase (DHODH). Two further entries are listed in Table 1 without scores. 2HQ6 contains no small-molecule ligand from which to define a search box, and the "colon cancer" in its title refers to a serologically defined autoantigen, not a validated oncology target; 3LVQ is a 3.38 Å ASAP3–Arf6 protein–protein complex whose only ligand, GDP, is bound to Arf6, so it offers no druggable ASAP3 pocket.

Relevance and current state of the problem

The structural chemistry of thiosemicarbazone complexes is well developed. The review by Casas et al. [1] set out the framework still used to describe them: the thione/thiolate equilibrium, *E*/*Z* isomerism about the azomethine bond and the change from bidentate N,S to tridentate coordination when the carbonyl precursor carries an additional donor. Netalkar et al. [3] reported X-ray structures and biological screening of nickel(II) thiosemicarbazone complexes, the closest structural precedent for the bis-chelate studied here.

Transition-metal thiosemicarbazone complexes have been examined extensively as potential anticancer agents; phenanthrenequinone thiosemicarbazone complexes are among the structurally characterised examples [4]. In this literature, coordination usually changes the activity profile of the free ligand rather than simply enhancing it. Two features limit what a docking study can contribute. The mechanisms most often proposed for antiproliferative thiosemicarbazones are metal-dependent (chelation of intracellular iron, redox cycling, inhibition of metalloenzymes), and a scoring function without coordination terms cannot model any of them. Activity is also usually reported as cell viability rather than against an identified protein, so it does not test a specific binding hypothesis.

The four docked targets differ in pocket architecture. The ATP site of the EGFR kinase domain is among the best described in structural biology, ERK2 is a central kinase of proliferative signalling, and CDK2–ATP complexes are classical templates for inhibitor design. Human DHODH, in contrast, binds inhibitors in a long, narrow ubiquinone channel instead of a nucleotide cleft, a difference that proves important below. Receptor coordinates were taken from the Protein Data Bank [5].

AutoDock Vina [6, 7] is the most widely used empirical docking program. Its scoring function, fitted to organic protein–ligand complexes, is dominated by steric, hydrophobic and hydrogen-bonding terms and has neither coordination terms nor a nickel atom type. Docking of metal complexes therefore assumes, usually without testing, that the metal takes no direct part in the protein contact. A single empirical function also gives no estimate of its own reliability; Vinardo [8] uses the Vina search with independently fitted weights and can serve as a check. Nucleotide-bound kinase structures are difficult redocking cases for rigid-receptor methods, because their flexible phosphate chains are stabilised by metal ions and ordered water that are not modelled. Symmetry-corrected RMSD [9] and automated interaction profiling [10] allow validation results and binding modes to be reported reproducibly.

To our knowledge, H_2PGTS and its nickel bis-chelate have not been compared at a common set of protein targets under a pre-defined protocol. Docking studies of metal complexes also rarely test whether the metal is accessible to the receptor, or whether the ranking survives a change of scoring function. Both questions are addressed here with explicit calculations.

Experimental part

Docking protocol. Docking was performed with AutoDock Vina 1.2.5 [6, 7] from the command line. For each PDB entry [5] the first model was used; alternative conformations, water, crystallisation additives and the co-crystallised ligand were removed, whereas metal ions and cofactors within 6 Å of that ligand were kept (one Mg^{2+} in 1B38 and the FMN cofactor in 6LZL). Hydrogens were added at pH 7.4 with PDBFixer/OpenMM [11] and missing side chains were completed; unmodelled loops were not rebuilt, and the number of missing residues was recorded for each entry. The search box was centred on the centroid of the co-crystallised ligand with an 8 Å margin and an edge length limited to 20–30 Å. Exhaustiveness was 32, with nine output modes, an energy range of 3 kcal mol^{-1} and three independent seeds (11, 22, 33). All parameters were fixed before any score was computed.

Ligand models. H_2PGTS was docked flexibly in two forms: the neutral *Z* isomer from the free-ligand crystal structure and the carboxylate anion $HPGTS^-$, the dominant form at pH 7.4. The N2–N1–C7–C8 torsion is +5.09° in the crystal and −4.74° and −3.02° in the prepared neutral and anionic conformers, so both retain the *Z* geometry. In the nickel complex the same torsion is −176.6° and −175.6° in the two ligand arms, consistent with the *Z*→*E* isomerisation required for tridentate O,N,S coordination. Ligands were prepared with Open Babel [12], RDKit [13] and Meeko [14].

Metal complex. [$Ni(HPGTS)_2$] was docked as a rigid body (TORSDOF 0) in its unmodified X-ray geometry without the lattice water. The prepared unit, $C_{18}H_{16}N_6NiO_4S_2$, contains 47 atoms, including 31 heavy atoms and 6 polar hydrogens. Its coordination distances (Ni–S 2.4257 and 2.4024 Å, Ni–O 2.1160 and 2.0468 Å, Ni–N 2.0209 and 2.0281 Å) agree with the refined structure to within the rounding of the coordinate file. Since Vina has no nickel atom type, the metal was typed as zinc, which is justified only if no receptor atom can reach it. Geometrically, the two tridentate ligands enclose the metal and leave no vacant coordination site. To test this directly, the rigid-body search was repeated with the metal typed as magnesium and as iron: three atom types of different radius and charge would give different scores if the metal were in contact with the protein.

Redocking validation. Each co-crystallised ligand was redocked with the same settings, and the top-ranked pose was compared with the crystallographic one. The acceptance criterion, set in advance, was a mean heavy-atom RMSD ≤ 2.0 Å over the three seeds. Native ligands were rebuilt in RDKit from the corresponding chemical component definition (CCD), so that bond orders and protonation came from the reference definition and not from geometry-based perception. Symmetry-corrected RMSD values were computed by graph isomorphism with spyrmsd [9]. For each entry we also recorded the lowest RMSD among the nine output poses and the rank of that pose; together these distinguish a sampling failure (no near-native pose generated) from a ranking failure (a near-native pose generated but not scored best).

Interaction profiling and consensus scoring. Protein–ligand contacts of the best-scoring pose of each ligand–target pair were profiled with PLIP [10]. PLIP reports the chelate's own coordination sphere as an interaction of the ligand with itself; these records were excluded, so every counted contact is a protein contact. A CNN-based rescoring tool could not be run on the available hardware. Instead, the same Vina poses were rescored without a new search using the independently parameterised Vinardo function [8] in smina, so that only the energy function differs. Vina and Vinardo values are reported separately and never averaged.

Reproducibility and software. The --cpu option was left at the Vina default, so the multithreaded search is not bit-for-bit reproducible on this host. A complete re-run of five targets docked with this protocol (55 runs) on the same machine reproduced every seed-matched score within 0.053 kcal mol^{-1} (mean absolute deviation 0.005 kcal mol^{-1}), and every PLIP contact set except one borderline hydrogen bond at a target not reported here. No value at the 0.1 kcal mol^{-1} precision of the tables is affected. Setting --cpu 1 is recommended for bit-exact reproduction; the parameter was

deliberately not changed after scores had been seen. Software: AutoDock Vina 1.2.5, smina 2020.12.10, RDKit 2023.09.6, Open Babel 3.2.1, Meeko 0.8.0, gemmi 0.7.5, PDBFixer 1.12.0, OpenMM 8.6.1, PLIP 3.0.1, spyrmsd 0.9.0, NumPy 1.26.4, pandas 3.0.6, SciPy 1.17.1, Biopython 1.88, Matplotlib 3.11.2; binding-site figures were rendered with PyMOL 3.2.0a. The parameter file and the complete command log are archived with the deposited data.

Analysis of the results

Target panel and protocol validation. Six human PDB entries were checked against the RCSB records before docking (Table 1); two of them were not docked, for the reasons given in the Introduction. For 6LZL the automatic rule selecting the largest hetero group picked the FMN cofactor instead of the inhibitor; before docking, the box was redefined on piperine (AYR) in the ubiquinone channel, and the correction was logged. Resolutions of the four docked entries are 1.9–2.2 Å.

Table 1.

AutoDock Vina 1.2.5 scores (kcal mol^{-1}, mean ± SD over seeds 11/22/33) for the native ligand of each entry, H_2PGTS, $HPGTS^-$ and $[Ni(HPGTS)_2]$, with the difference between the complex and the carboxylate anion (Δ). All targets are from *Homo sapiens*

Target (PDB ID)	Res., Å	Native ligand	Native ligand score	H_2PGTS	$HPGTS^-$	$[Ni(HPGTS)_2]$	Δ vs $HPGTS^-$	Status
EGFR (3W2S)	1.9	W2R	−11.4 ± 0.1	−6.7 ± 0.0	−6.9 ± 0.0	−10.3 ± 0.0	−3.39	validated
ERK2 (4FUX)	2.2	E75	−7.8 ± 0.0	−5.7 ± 0.0	−5.6 ± 0.0	−8.9 ± 0.0	−3.21	not validated
CDK2 (1B38)	2.0	ATP	−9.5 ± 0.1	−7.0 ± 0.0	−6.6 ± 0.0	−8.1 ± 0.0	−1.57	not validated
DHODH (6LZL)	1.98	AYR	−9.4 ± 0.0	−7.3 ± 0.2	−7.2 ± 0.0	−6.0 ± 0.0	+1.29	not validated
Serologically defined colon cancer antigen 10 (2HQ6)	1.75	–	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	–	not docked
ASAP3–Arf6 complex (3LVQ)	3.38	GDP	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	–	not docked

Protein names follow the RCSB records. Entries without scores could not be docked under the pre-defined box rule. Native ligands (RCSB chemical component dictionary): W2R, 1-{3-[2-chloro-4-({5-[2-(2-hydroxyethoxy)ethyl]-5*H*-pyrrolo[3,2-*d*]pyrimidin-4-yl}amino)phenoxy]phenyl}-3-cyclohexylurea; E75, *trans*-4-{[4-(5-methyl-3-phenyl-1,2-oxazol-4-yl)pyrimidin-2-yl]amino}cyclohexanol; ATP, adenosine 5′-triphosphate; AYR, piperine; GDP, guanosine 5′-diphosphate. n.d., not determined.

Redocking reproduced the crystallographic pose for one of the four docked targets, EGFR (3W2S), with a mean symmetry-corrected RMSD of 0.52 Å (Table 2). CDK2 (1B38, 2.74 Å), ERK2 (4FUX, 3.90 Å) and DHODH (6LZL, 6.76 Å) failed. Symmetry correction changed the mean RMSD by at most 0.11 Å and moved no target across the threshold, and ligand preparation is an unlikely cause because all native ligands were rebuilt from CCD bond orders. For 1B38 and 6LZL a pose within 2.0 Å (1.14 and 1.40 Å) was generated but not ranked first; for 4FUX the best pose, 2.09 Å, lies just above the threshold. The failures are thus mainly ranking failures of the scoring function, for a flexible polyanionic nucleotide (ATP in 1B38) and for an elongated ligand in a tunnel-shaped channel (piperine in 6LZL), and not sampling failures. The 6LZL result is also seed-dependent: 1.51 Å for seed 22 against 9.43 and 9.45 Å for seeds 11 and 33. Consequently, only the EGFR scores rest on a validated protocol; the CDK2, ERK2 and DHODH scores are reported but are not used for ranking claims.

Table 2.

Redocking validation of the receptors (means over three seeds)

PDB ID	RMSD, plain, Å	RMSD, symmetry-corrected, Å	Best of 9 poses, Å	Rank of best pose	Verdict
3W2S	0.52	0.52	0.52	1	validated
4FUX	3.97	3.90	2.09	3	not validated
1B38	2.85	2.74	1.14	2	not validated
6LZL	6.80	6.76	1.40	4	not validated

The symmetry-corrected RMSD (spyrmsd) governs the verdict at the pre-defined 2.0 Å threshold. "Best of 9" is the lowest symmetry-corrected RMSD among the nine output poses; a low value at a high rank indicates a ranking rather than a sampling failure. 2HQ6 and 3LVQ had no small-molecule ligand to redock.

Docking scores. Over the four docked targets the complex scored from −5.95 to −10.34 kcal mol^{-1}, HPGTS^{-} from −5.65 to −7.24 kcal mol^{-1} and neutral H$_2$PGTS from −5.73 to −7.32 kcal mol^{-1} (Table 1, Fig. 1). The standard deviation over the three seeds did not exceed 0.19 kcal mol^{-1} for any ligand–target pair, well below the differences discussed. The complex scored below both free-ligand forms on three of the four targets. The mean complex–HPGTS^{-} difference was −1.72 kcal mol^{-1}, and the largest difference, −3.39 kcal mol^{-1}, was found at EGFR, the only validated receptor. Deprotonation of the carboxylic group changed the free-ligand score by at most 0.43 kcal mol^{-1}, so the protonation state of the free ligand is not a decisive variable. DHODH (6LZL) is the exception: here the complex scored 1.29 kcal mol^{-1} above HPGTS^{-}. This agrees with the shape of the site. The inhibitor region of DHODH is a narrow ubiquinone channel that accommodates the elongated free ligand but not the rigid, roughly globular bis-chelate. The same target also gave the poorest redocking result (6.76 Å), and both observations probably have one origin: a channel-shaped pocket strains both the rigid-body approximation and the ranking of the scoring function. Because it runs against the trend, the DHODH result indicates that the comparison responds to pocket shape and is not a uniform size artefact.

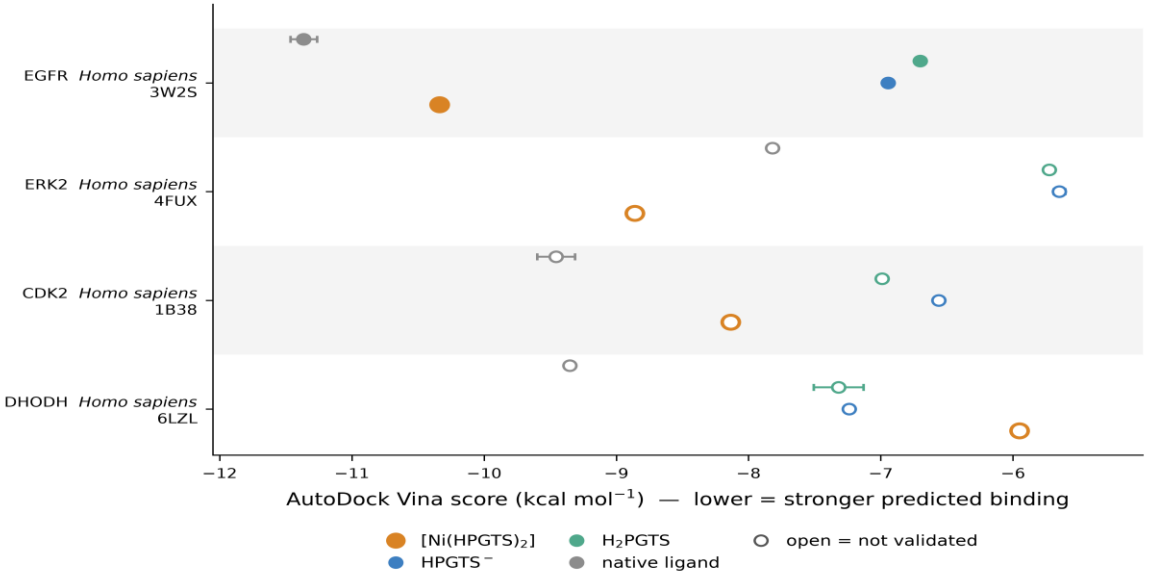


Fig. 1. AutoDock Vina scores of [Ni(HPGTS)$_2$], HPGTS^{-}, H$_2$PGTS and the native ligand of each receptor. Points are means over three seeds and error bars standard deviations (mostly smaller than the symbol); open symbols mark receptors that failed redocking validation.

Part of the advantage of the complex is nevertheless a size effect. The complex has 31 heavy atoms against 15 for HPGTS^{-}, and the Vina function is dominated by dispersion-like and hydrophobic terms that grow with contact surface. The ranking of the complex against the free ligand should therefore not be read as evidence of selectivity; comparisons between targets for the same ligand are more meaningful.

Binding mode at EGFR. EGFR is the only validated target and shows the largest complex–anion difference, so its binding mode was examined in detail (Fig. 2, 3). In the ATP site the complex places one phenyl ring against the hydrophobic face formed by Phe723 and Val726 and forms salt

bridges with Lys745 and Arg841 through its carboxylate groups, with an additional π-cation contact to Arg841 and a hydrophobic contact to Pro877. $HPGTS^-$ occupies a smaller part of the same cleft: it hydrogen-bonds to Lys745 and to Asp855 and Phe856 of the DFG motif and contacts Ala743, Leu788 and Thr790. The preformed chelate thus covers more of the pocket and engages two basic residues through its two carboxylate arms, where the free ligand can offer only one. A 12-residue unmodelled segment between Leu862 and Lys875, part of the activation loop, lies inside the search box, so the receptor model of this site is incomplete.

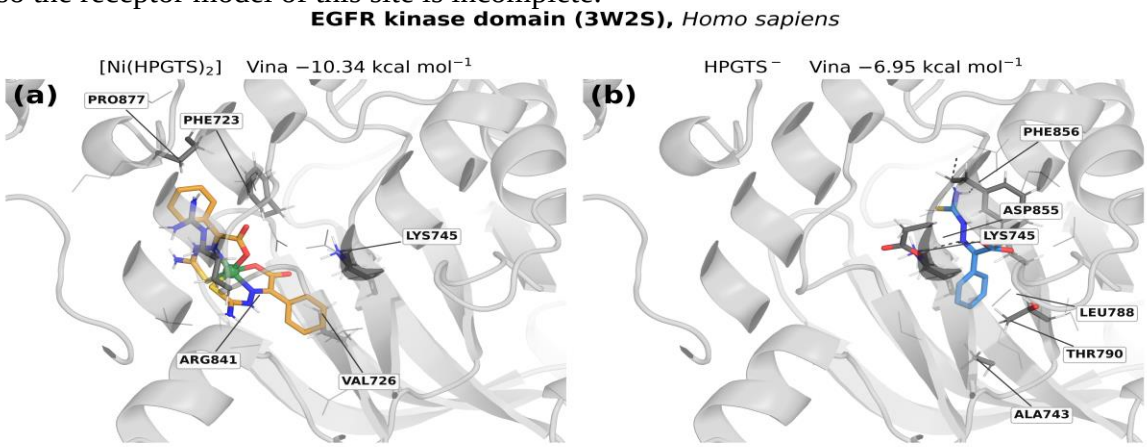


Fig. 2. Best-scoring poses of $[Ni(HPGTS)_2]$ (a) and $HPGTS^-$ (b) in the EGFR kinase domain (3W2S), shown from the same viewpoint. The six Ni–donor bonds are drawn explicitly because PyMOL does not bond metals; PLIP contact residues are labelled. Receptor grey; ligand carbons amber (complex) or blue ($HPGTS^-$); nickel green sphere; other spheres are retained receptor cofactors.

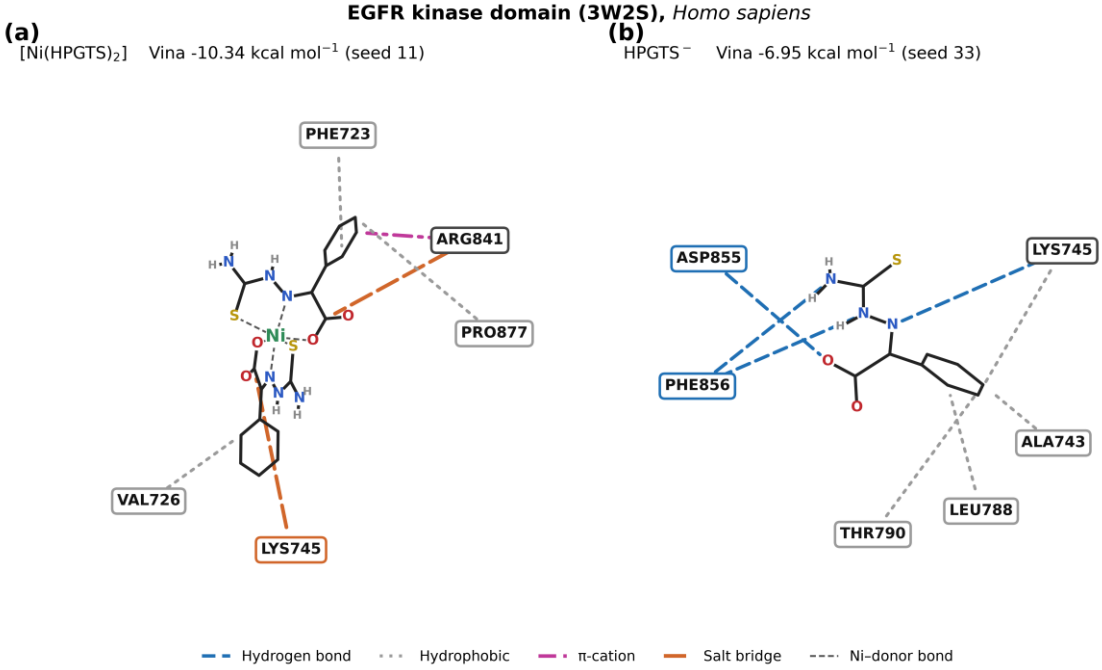


Fig. 3. Two-dimensional interaction diagrams for the poses of Fig. 2. The skeleton is the docked pose projected onto the view with the least atom overlap; each contact drawn corresponds to one PLIP record, and the Ni–donor bonds are shown as grey dashes. The chelate's internal coordination sphere is excluded, so every labelled contact is a protein contact.

Summed over the four docked targets, however, the complex makes *fewer* protein contacts than the free ligand (25 against 32), with fewer hydrogen bonds (5 against 12) but more salt bridges (3 against 2). Its more favourable score is therefore not explained by a richer interaction profile, and the interaction data favour a shape-and-charge reading of the score difference over specific recognition. Whether any of these poses is energetically favourable in reality cannot be decided from these calculations.

Metal-type sensitivity. With the metal typed as magnesium or iron, the rigid-body search returned the same scores as with zinc on every target (Table 3, Fig. 4b). This is expected when the

two tridentate ligands fully enclose the metal and no receptor atom comes within interaction range. The atom type chosen for nickel therefore has no influence on the scores, which answers the most obvious objection to docking a nickel complex with a function lacking nickel parameters. The other side of this result matters particularly for human targets: because the metal is invisible to the scoring function, the calculations treat the complex as a rigid organic scaffold and say nothing about the metal-dependent mechanisms usually proposed for antiproliferative thiosemicarbazones.

Table 3.

Metal-type sensitivity of [Ni(HPGTS)₂] (Vina scores, kcal mol⁻¹)

PDB ID	Zn (as docked), mean ± SD, 3 seeds	Zn, seed 11	Mg, seed 11	Fe, seed 11	Δ(Mg−Zn), seed 11	Δ(Fe−Zn), seed 11
1B38	−8.13 ± 0.01	−8.15	−8.15	−8.15	0.00	0.00
3W2S	−10.34 ± 0.01	−10.34	−10.34	−10.34	0.00	0.00
4FUX	−8.86 ± 0.01	−8.85	−8.85	−8.85	0.00	0.00
6LZL	−5.95 ± 0.01	−5.96	−5.96	−5.96	0.00	0.00

The Mg, Fe and Δ columns are seed-11 values and are compared with the seed-11 Zn score; the second column is the three-seed mean.

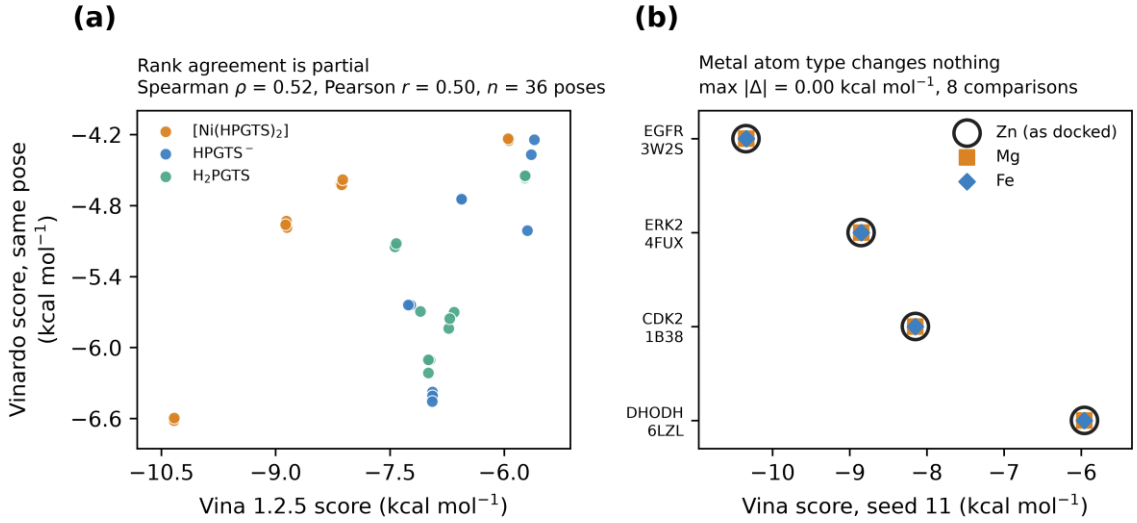


Fig. 4. (a) Vinardo rescoring of the top-ranked Vina poses (same poses, different energy function); each point is one pose. (b) Metal-type sensitivity at seed 11: the Zn (as docked), Mg and Fe scores coincide on every target.

Consensus scoring. Vinardo rescoring of the same 36 poses agreed only partly with Vina (Spearman ρ = 0.52, Pearson r = 0.50). Vina ranks the complex first on three targets and Vinardo on two, and the two functions select the same best form on two of the four targets (Table 4, Fig. 4a). The advantage of the complex is therefore only partly robust to the choice of scoring function, and the complex-versus-ligand ordering is best regarded as a hypothesis generated by one function, not as a consensus result.

Table 4.

Form ranked first by each scoring function, with Vinardo rescores (kcal mol⁻¹)

PDB ID	Best form, Vina	Best form, Vinardo	[Ni(HPGTS)₂], Vinardo	HPGTS⁻, Vinardo	H₂PGTS, Vinardo	Same winner?
3W2S	[Ni(HPGTS)₂]	[Ni(HPGTS)₂]	−6.61	−6.41	−5.77	yes
4FUX	[Ni(HPGTS)₂]	[Ni(HPGTS)₂]	−4.96	−4.54	−4.56	yes
1B38	[Ni(HPGTS)₂]	H₂PGTS	−4.61	−4.74	−6.14	no
6LZL	H₂PGTS	HPGTS⁻	−4.24	−5.64	−5.32	no

Vinardo values are rescores of the same Vina poses (smina --score_only) without a new search. Vina values for the complex are given in Table 1.

Limitations. Three of the four score sets rest on receptors that failed redocking validation. Vina has no coordination terms and no nickel atom type, and the metal is inaccessible to the receptor, so the results carry no nickel-specific information. The complex was docked as a rigid body, so conformational change on binding, changes in coordination number and ligand exchange or

dissociation in water lie outside the model. The receptors were also rigid, and an unmodelled internal loop lies within 8 Å of the search box in all four docked targets: 12 residues between Leu862 and Lys875 in 3W2S, 8 between Ile35 and Val44 in 1B38, 4 between Phe329 and Asp334 in 4FUX and one residue between Ala358 and Thr360 in 6LZL. Part of the score difference reflects heavy-atom count, and the second function reproduces the ordering on only two of four targets. No biochemical or cell-based assay was performed; the values are docking scores, not binding constants, and are not evidence of inhibition or biological activity. Selectivity between these human targets and microbial targets was not examined and would be required before any therapeutic interpretation.

Conclusion. A fixed docking protocol was applied to H_2PGTS in two protonation states and to $[Ni(HPGTS)_2]$ in its X-ray geometry at six human protein targets; four could be docked, and only EGFR passed redocking validation. At EGFR the complex scored 3.39 kcal mol^{-1} below $HPGTS^-$, the largest difference in this study, and engaged Lys745 and Arg841 through both carboxylate arms.

Three findings bound this result. The nickel centre is inaccessible to the receptor, as shown by identical scores for three metal atom types, so the calculations describe a rigid organic scaffold and not nickel chemistry. Part of the score difference follows from the larger size of the complex (31 against 15 heavy atoms), and the complex makes fewer protein contacts than the free ligand. The second scoring function reproduces the ordering on only two of four targets. DHODH, the one target at which the complex is not preferred, shows that the comparison responds to pocket shape. Among the targets studied, EGFR is the one these calculations support for experimental testing; the values are docking scores, not evidence of activity.

REFERENCES:

1. Casas J.S., García-Tasende M.S., Sordo J. Main group metal complexes of semicarbazones and thiosemicarbazones. A structural review // Coordination Chemistry Reviews. – 2000. – Vol. 209. – P. 197–261. – DOI: 10.1016/S0010-8545(00)00363-5.

2. Tillaeva U., Ashurov J., Tillaeva G., Nabiev A., Sabirov V. Structural characterization of benzketozone monohydrate // Zeitschrift für Naturforschung B. – 2022. – Vol. 77. – P. 117–123. – DOI: 10.1515/znb-2021-0170.

3. Netalkar P.P., Netalkar S.P., Revankar V.K. Nickel(II) complexes of thiosemicarbazones: synthesis, characterization, X-ray crystallographic studies and in vitro antitubercular and antimicrobial studies // Transition Metal Chemistry. – 2014. – Vol. 39. – P. 519–526. – DOI: 10.1007/s11243-014-9827-8.

4. Afrasiabi Z., Sinn E., Chen J., Ma Y., Rheingold A.L., Zakharov L.N., Rath N., Padhye S. Transition metal complexes of phenanthrenequinone thiosemicarbazone as potential anticancer agents // Journal of Inorganic Biochemistry. – 2003. – Vol. 95. – P. 306–314. – DOI: 10.1016/S0162-0134(03)00131-4.

5. Berman H.M., Westbrook J., Feng Z., Gilliland G., Bhat T.N., Weissig H., Shindyalov I.N., Bourne P.E. The Protein Data Bank // Nucleic Acids Research. – 2000. – Vol. 28, № 1. – P. 235–242. – DOI: 10.1093/nar/28.1.235.

6. Trott O., Olson A.J. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading // Journal of Computational Chemistry. – 2010. – Vol. 31. – P. 455–461. – DOI: 10.1002/jcc.21334.

7. Eberhardt J., Santos-Martins D., Tillack A.F., Forli S. AutoDock Vina 1.2.0: new docking methods, expanded force field, and Python bindings // Journal of Chemical Information and Modeling. – 2021. – Vol. 61. – P. 3891–3898. – DOI: 10.1021/acs.jcim.1c00203.

8. Quiroga R., Villarreal M.A. Vinardo: a scoring function based on AutoDock Vina improves scoring, docking, and virtual screening // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11. – Art. e0155183. – DOI: 10.1371/journal.pone.0155183.

9. Meli R., Biggin P.C. spyrmsd: symmetry-corrected RMSD calculations in Python // Journal of Cheminformatics. – 2020. – Vol. 12. – Art. 49. – DOI: 10.1186/s13321-020-00455-2.

10. Adasme M.F., Linnemann K.L., Bolz S.N., Kaiser F., Salentin S., Haupt V.J., Schroeder M. PLIP 2021: expanding the scope of the protein–ligand interaction profiler to DNA and RNA // Nucleic Acids Research. – 2021. – Vol. 49. – P. W530–W534. – DOI: 10.1093/nar/gkab294.

11. Eastman P., Swails J., Chodera J.D., McGibbon R.T., Zhao Y., Beauchamp K.A., Wang L.-P., Simmonett A.C., Harrigan M.P., Stern C.D., Wiewiora R.P., Brooks B.R., Pande V.S. OpenMM 7: rapid development of high performance algorithms for molecular dynamics // PLoS Computational Biology. – 2017. – Vol. 13. – Art. e1005659. – DOI: 10.1371/journal.pcbi.1005659.

12. O'Boyle N.M., Banck M., James C.A., Morley C., Vandermeersch T., Hutchison G.R. Open Babel: an open chemical toolbox // Journal of Cheminformatics. – 2011. – Vol. 3. – Art. 33. – DOI: 10.1186/1758-2946-3-33.

13. RDKit: open-source cheminformatics [Electronic resource]. – URL: https://www.rdkit.org (⟦murojaat sanasi: kk.oo.yyyy⟧).

14. Meeko: preparation of small molecules for AutoDock [Electronic resource] / Forli Lab. – URL: https://github.com/forlilab/Meeko (⟦murojaat sanasi: kk.oo.yyyy⟧).

UDC 577.322:547.497.1:546.74

MOLECULAR DOCKING OF PHENYLGLYOXYLIC ACID THIOSEMICARBAZONE AND ITS NICKEL(II) BIS-CHELATE AGAINST A FUNGAL ASPARTIC PROTEASE AND A PROTOZOAN KINASE

J.K. Akhatov, doctoral student (PhD), Termez State University, Termez
Kh.Kh. Turaev, doctor of chemical science, professor, Termez State University, Termez
J.M. Ashurov, doctor of chemical science, professor, Institute of Bioorganic Chemistry named after Academician O.S. Sadykov, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent

Annotatsiya. *Fenilglioksil kislota tiosemikarbazoni (H_2PGTS) va uning oktaedrik nikel(II) bis-xelati [Ni(HPGTS)$_2$] AutoDock Vina 1.2.5 dasturida Candida albicans kandidapepsin-5 (Sap5) fermenti va Toxoplasma gondii ROP18 kinazasiga dock qilindi; erkin ligand egiluvchan, kompleks esa rentgen geometriyasida qattiq jism sifatida ko'rib chiqildi. Ikkala nishonda ham kompleks erkin ligandning ikkala shaklidan past ball oldi (karboksilat anionga nisbatan 2.20 va 2.14 kcal mol^{-1}), Vina va Vinardo funksiyalari esa bu tartibni bir xil ko'rsatdi. Biroq bironta retseptor redocking validatsiyasidan o'tmadi – 2QZX uchun nazoratni bajarib bo'lmaydi, 4JRN da esa mahalliy holatga yaqin poza hosil bo'lgan bo'lsa-da, natija 3.31 Å ni tashkil etdi – shu sababli ballar empirik funksiyaning validatsiyadan o'tmagan bashorati bo'lib, o'lchangan affinlik emas.*

Kalit so'zlar: *nikel(II) kompleksi, tiosemikarbazon, molekulyar docking, kandidapepsin-5, ROP18, redocking validatsiyasi, konsensus ballash.*

Аннотация. *Тиосемикарбазон фенилглиоксиловой кислоты (H_2PGTS) и его октаэдрический бис-хелат никеля(II) [Ni(HPGTS)$_2$] докированы программой AutoDock Vina 1.2.5 в кандидапепсин-5 (Sap5) Candida albicans и киназу ROP18 Toxoplasma gondii; свободный лиганд рассматривался как гибкий, комплекс — как жёсткое тело в рентгеноструктурной геометрии. На обеих мишенях комплекс получил более низкую оценку, чем обе формы свободного лиганда (на 2.20 и 2.14 ккал моль$^{-1}$ относительно карбоксилат-аниона), и функции Vina и Vinardo дали одинаковый порядок. Ни один рецептор не прошёл валидацию повторным докингом — для 2QZX контроль невыполним, для 4JRN он не пройден (3.31 Å), хотя близкая к нативной поза была сгенерирована, — поэтому оценки являются невалидированным прогнозом эмпирической функции, а не измеренной аффинностью.*

Ключевые слова: *комплекс никеля(II), тиосемикарбазон, молекулярный докинг, кандидапепсин-5, ROP18, валидация повторным докингом, консенсусная оценка.*

Abstract. *Phenylglyoxylic acid thiosemicarbazone (H_2PGTS) and its octahedral nickel(II) bis-chelate [Ni(HPGTS)$_2$] were docked with AutoDock Vina 1.2.5 into candidapepsin-5 (Sap5) of Candida albicans and the ROP18 kinase of Toxoplasma gondii, the free ligand flexibly and the complex as a rigid body in its X-ray geometry. On both targets the complex scored below both forms of the free ligand (by 2.20 and 2.14 kcal mol^{-1} relative to the carboxylate anion), and the Vina and Vinardo functions agreed on this ordering. Neither receptor passed redocking validation – for 2QZX the control cannot be performed and for 4JRN it failed at 3.31 Å although a near-native pose was generated – so the scores are unvalidated predictions of an empirical function, not measured affinities.*

Key words: *nickel(II) complex, thiosemicarbazone, molecular docking, candidapepsin-5, ROP18, redocking validation, consensus scoring.*

Introduction. A thiosemicarbazone molecule carries a hard imine nitrogen and a soft thione sulfur, and when the parent carbonyl compound bears a further donor group a third coordination site appears. Because the ligand can exist in thione and thiolate forms and as *E* or *Z* isomers about the C=N bond, the way it binds a metal depends on the system and cannot be deduced from stoichiometry alone [1]. α-Keto acid thiosemicarbazones are a convenient subclass: their carboxyl oxygen completes a tridentate O,N,S set and, at physiological pH, determines the ionisation state of the free ligand.

The ligand examined here, phenylglyoxylic acid thiosemicarbazone (H_2PGTS), crystallises as a monohydrate in which the C7=N1 bond has the *Z* configuration [2]. In its nickel(II) bis-chelate [Ni(HPGTS)$_2$] each monoanionic ligand binds through the carboxylate O, imine N and thione S atoms, giving an octahedral $NiN_2O_2S_2$ environment, and to do so the ligand switches to the *E* configuration. The complex therefore differs from the free ligand in shape, rigidity, charge distribution and lipophilicity, and the two compounds have to be evaluated as separate candidates.

Two non-human targets are considered: the secreted aspartic protease Sap5 of *Candida albicans* and the rhoptry kinase ROP18 of *Toxoplasma gondii*. Both are linked to virulence, and neither has a close human homologue in the pocket examined, which makes them attractive. The aim of this work was to compare H_2PGTS and its nickel complex at these targets under a protocol fixed before any score was obtained. Neither receptor, however, could be validated by redocking. In 2QZX the co-crystallised inhibitor, the peptidic natural product pepstatin A, is deposited as polypeptide chains rather than as a hetero group, so there is no small-molecule pose to reproduce; in 4JRN, redocking of AMP-PNP gave a mean symmetry-corrected RMSD of 3.31 Å, above the pre-set 2.0 Å limit.

The scores reported below are therefore predictions obtained with a protocol that is not validated for these receptors. They are reported for two reasons: omitting unvalidated targets would give a biased picture of the docking results, and the 4JRN failure turns out to be a ranking rather than a sampling failure, which shows where the method is weak and what follow-up would repair it. In addition, AutoDock Vina has no transition-metal coordination terms, so docking a metal complex is defensible only if the receptor cannot reach the metal; this condition is tested quantitatively below.

Relevance and current state of the problem

Thiosemicarbazone complexes have a large structural literature. Casas et al. [1] summarised the main structural features of these ligands – the thione–thiolate equilibrium, *E*/*Z* isomerism of the azomethine bond, and tridentate coordination when an additional donor is present – in a review that remains the standard reference. X-ray structures of nickel(II) thiosemicarbazone complexes, together with *in vitro* antitubercular and antimicrobial screening, were reported by Netalkar et al. [3]; these are the closest structural analogues of the bis-chelate studied here.

The antifungal activity of thiosemicarbazones, bis(thiosemicarbazones) and their metal complexes has been reviewed in detail [4], and antimicrobial screening of nickel(II) thiosemicarbazone complexes is common [3]. In most of these studies activity is measured against whole organisms, so the molecular target remains unknown. The free ligand and its complex are also not always tested under identical conditions, which makes the contribution of coordination hard to isolate. A docking comparison under one fixed protocol addresses the second problem, though not the first.

Secreted aspartic proteinases (Saps) are among the best-characterised virulence factors of *C. albicans*. Sap5 has the pepsin fold, and its catalytic aspartate dyad is the natural site of inhibitor binding; in the available crystal structure the reference inhibitor is pepstatin A. ROP18 of *T. gondii* is a secreted serine/threonine kinase implicated in virulence, and in the deposited structure its ATP site is occupied by the non-hydrolysable analogue AMP-PNP. Coordinates of both receptors were obtained from the Protein Data Bank [5].

The docking method itself limits what can be concluded. The empirical scoring function of AutoDock Vina [6, 7] was parameterised on organic protein–ligand complexes; it consists mainly of steric, hydrophobic and hydrogen-bonding terms and contains no metal-coordination terms or nickel atom type. Studies that dock metal complexes thus implicitly assume, and rarely check, that the metal is not in direct contact with the protein. Two further problems are specific to the present targets. Redocking, the usual demonstration that a protocol can reproduce a known pose, is impossible when the reference ligand is a peptide, as at Sap5, and no generally accepted substitute exists. A single scoring function also cannot assess its own reliability; Vinardo [8], which keeps the Vina search but re-fits the weights, provides a partial check. Symmetry-corrected RMSD [9] and PLIP interaction profiling [10] were used to report validation diagnostics and binding modes reproducibly.

We are not aware of any study comparing H_2PGTS with its nickel bis-chelate at common protein targets under a pre-defined protocol. Whether the metal is accessible to the receptor, and

whether a ranking holds when the scoring function is changed, are also seldom examined in docking studies of metal complexes. Both are treated here as questions to be answered from the data.

Experimental part

Receptor preparation and docking. Calculations were run with AutoDock Vina 1.2.5 [6, 7] through its command-line interface, using receptor structures from the PDB [5]. Only the first model of each entry was kept. Water, alternative conformations, crystallisation additives and the co-crystallised ligand were deleted, but metal ions and cofactors located within 6 Å of the ligand were retained, which for 4JRN kept two Mg^{2+} ions in the ATP site. PDBFixer/OpenMM [11] was used to add hydrogens at pH 7.4 and to complete missing side chains; missing loops were left unbuilt and counted. Search boxes enclosed the centroid of the co-crystallised ligand with an 8 Å margin and 20–30 Å edges. For 2QZX, whose inhibitor is a peptide, the box was centred on the pepstatin chain in contact with the protein, and the pepstatin chains were removed afterwards. Docking used exhaustiveness 32, nine output poses, a 3 kcal mol^{-1} energy window and seeds 11, 22 and 33, all fixed before any score was generated.

Ligands. Two forms of H_2PGTS were docked with flexible torsions: the neutral *Z* isomer taken from the free-ligand crystal structure and the carboxylate anion $HPGTS^-$, which predominates at pH 7.4. The N2–N1–C7–C8 torsion of the prepared neutral (−4.74°) and anionic (−3.02°) conformers is close to the crystallographic value (+5.09°), confirming the *Z* geometry, whereas in the complex this angle is −176.6° and −175.6°, as expected for the *E* form adopted on O,N,S chelation. Open Babel [12], RDKit [13] and Meeko [14] were used for ligand preparation.

Nickel complex. The bis-chelate was treated as a rigid body (TORSDOF 0), using the unmodified X-ray coordinates after removal of the lattice water. The docked unit, $C_{18}H_{16}N_6NiO_4S_2$, has 47 atoms (31 heavy atoms and 6 polar hydrogens). Before docking, its Ni–S (2.4257, 2.4024 Å), Ni–O (2.1160, 2.0468 Å) and Ni–N (2.0209, 2.0281 Å) distances were checked against the refined structure and agreed within coordinate rounding. Nickel was assigned the zinc atom type, because Vina lacks a nickel type; this substitution is acceptable only if the metal is shielded from the receptor. In geometric terms the two tridentate ligands saturate the octahedron and leave no open site. As a direct test, the docking was repeated with the metal typed as Mg and as Fe, since atom types differing in radius and charge would change the score if the metal touched the protein.

Validation. To validate the protocol, the co-crystallised ligand was redocked with unchanged settings and its top pose compared with the experimental one; a mean heavy-atom RMSD of no more than 2.0 Å over the three seeds, defined beforehand, was required. The native ligand was rebuilt in RDKit with its chemical component dictionary (CCD) entry as template, so that bond orders and protonation followed the reference definition. RMSD values were symmetry-corrected by graph isomorphism (spyrmsd [9]). The lowest RMSD among all nine poses and its rank were also recorded; this separates failure to generate a near-native pose (sampling) from failure to score it best (ranking).

Contacts and rescoring. PLIP [10] was applied to the best-scoring pose of each ligand–target pair. Records describing the chelate's own Ni–donor bonds, which PLIP lists as interactions of the ligand with itself, were discarded, leaving only protein contacts. Because a CNN-based rescoring tool could not be run on the available hardware, the Vinardo function [8] (as implemented in smina) was used to rescore the identical Vina poses without a new search. The two sets of values are given separately.

Reproducibility. Vina was run with the default --cpu setting, under which multithreaded results can differ slightly between runs. In a full repeat of five targets docked with this protocol (55 runs), seed-matched scores differed by no more than 0.053 kcal mol^{-1} (mean absolute deviation 0.005 kcal mol^{-1}), and the PLIP contact sets of both targets reported here were reproduced exactly. These deviations do not affect any value at the 0.1 kcal mol^{-1} precision of the tables. Running with --cpu 1 is advisable for exact reproduction, but the setting was not changed once results had been seen. Programs used: AutoDock Vina 1.2.5, smina 2020.12.10, RDKit 2023.09.6, Open Babel 3.2.1, Meeko 0.8.0, gemmi 0.7.5, PDBFixer 1.12.0, OpenMM 8.6.1, PLIP 3.0.1, spyrmsd 0.9.0, NumPy 1.26.4, pandas 3.0.6, SciPy 1.17.1, Biopython 1.88, Matplotlib 3.11.2; binding-site figures were rendered with PyMOL 3.2.0a. Parameter files and the full command log are archived with the deposited data.

Analysis of the results

Targets and validation status. Both PDB entries were checked against their RCSB records before docking (Table 1): 2QZX is Sap5 of *C. albicans* at 2.5 Å resolution, and 4JRN is ROP18 of *T. gondii* at 2.71 Å. The two receptor models differ in completeness, which affects how much of each pocket is represented. The prepared 2QZX receptor has no unmodelled residues, whereas the prepared 4JRN receptor (3336 atoms) lacks 23 residues, and two of its internal gaps lie within 8 Å of the search box.

Table 1.

AutoDock Vina 1.2.5 scores (kcal mol⁻¹, mean ± SD over seeds 11/22/33) for the native ligand, H_2PGTS, $HPGTS^-$ and $[Ni(HPGTS)_2]$, with the difference between the complex and the carboxylate anion (Δ)

Target (PDB ID)	Res., Å	Native ligand	Native ligand score	H_2PGTS	$HPGTS^-$	$[Ni(HPGTS)_2]$	Δ vs $HPGTS^-$	Status
Candidapepsin-5 (Sap5), *C. albicans* (2QZX)	2.5	pepstatin A (peptide)	n.d.	−6.5 ± 0.0	−6.8 ± 0.0	−9.0 ± 0.0	−2.20	docked, not validated
Rhoptry kinase ROP18, *T. gondii* (4JRN)	2.71	ANP	−8.3 ± 0.2	−6.4 ± 0.0	−6.5 ± 0.0	−8.7 ± 0.0	−2.14	not validated

Protein names follow the RCSB records. ANP, AMP-PNP (phosphoaminophosphonic acid-adenylate ester), RCSB chemical component dictionary code. n.d., not determined (no small-molecule reference ligand).

Table 2.

Redocking validation of 4JRN (means over three seeds)

PDB ID	RMSD, plain, Å	RMSD, symmetry-corrected, Å	Best of 9 poses, Å	Rank of best pose	Verdict
4JRN	3.42	3.31	0.91	9	not validated

The symmetry-corrected RMSD (spyrmsd) governs the verdict at the pre-defined 2.0 Å threshold. "Best of 9" is the lowest symmetry-corrected RMSD among the nine output poses; a low value at a high rank indicates a ranking rather than a sampling failure. 2QZX is absent because its reference inhibitor is a peptide and cannot be redocked.

Symmetry correction lowered the 4JRN RMSD by only 0.11 Å (from 3.42 to 3.31 Å), and the native ligand had been rebuilt from CCD bond orders, so neither explains the failure. A near-native pose was in fact generated (0.91 Å on average over the seeds, 0.80 Å at best), but it was ranked ninth of nine on every seed (Table 2). The scoring function thus misranks a flexible polyanionic nucleotide, although the search reaches the correct region of the ATP site. This does not make the scores below reliable: the quantity reported, the score of the top pose, is exactly what this failure affects, and the 4JRN results are qualified accordingly.

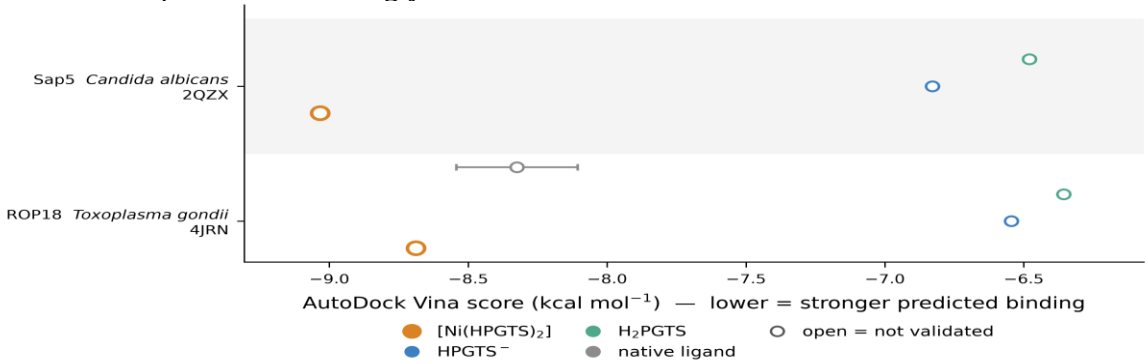


Fig. 1. AutoDock Vina scores of $[Ni(HPGTS)_2]$, $HPGTS^-$, H_2PGTS and the native ligand at the two targets. Points are means over three seeds and error bars standard deviations (mostly smaller than the symbol); open symbols mark receptors without a validated redocking control.

Docking scores. The complex scored −9.03 kcal mol⁻¹ at 2QZX and −8.69 kcal mol⁻¹ at 4JRN, against −6.83 to −6.55 kcal mol⁻¹ for $HPGTS^-$ and −6.48 to −6.36 kcal mol⁻¹ for H_2PGTS (Table 1, Fig. 1). For the three test forms the seed-to-seed standard deviation was at most 0.03 kcal mol⁻¹. On both targets the complex scored below both free-ligand forms, by −2.17 kcal mol⁻¹ on average relative to $HPGTS^-$, with the larger difference at Sap5 (2QZX, −2.20 kcal mol⁻¹). Deprotonation changed the free-ligand score by no more than 0.35 kcal mol⁻¹, so the protonation state is not decisive. Some of

the advantage of the complex reflects its size: with 31 heavy atoms against 15 for $HPGTS^-$, it gains more from the dispersion-like and hydrophobic terms that dominate the Vina function. Comparisons of one ligand across targets are therefore more informative than the complex–ligand difference itself.

Binding modes. In the Sap5 cleft the complex lies in the extended substrate groove that pepstatin A spans in the crystal structure, with hydrophobic contacts to Lys83 and Lys193, a hydrogen bond to Gly34 and a salt bridge to Lys192 (Fig. 2). In the ROP18 ATP site it fills the pocket vacated by AMP-PNP, forming hydrogen bonds with Phe263, Ala264, Lys411 and Asn414, a salt bridge with Asp427 and a hydrophobic contact with Phe263 (Fig. 3).

Candidapepsin-5 (2QZX), *Candida albicans*

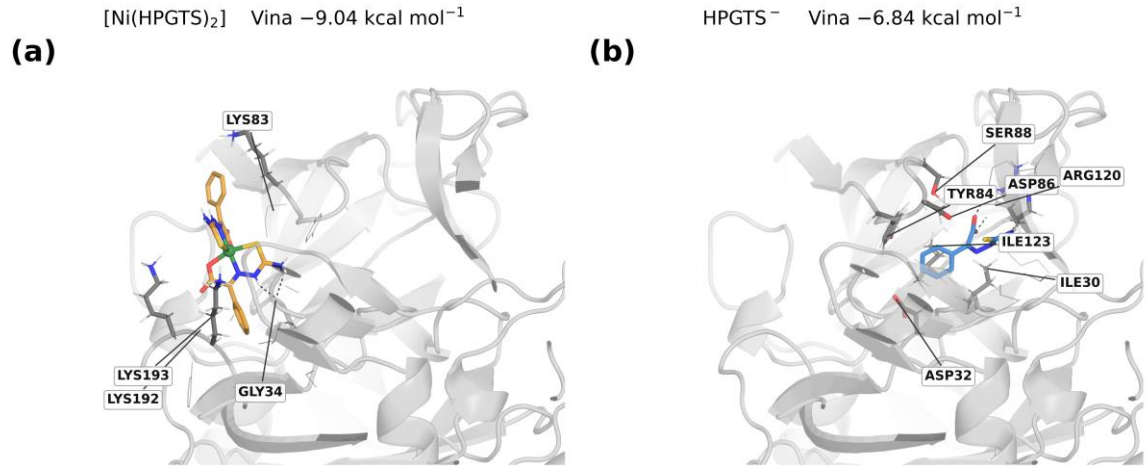


Fig. 2. Best-scoring poses of $[Ni(HPGTS)_2]$ (a) and $HPGTS^-$ (b) in candidapepsin-5 of *C. albicans* (2QZX), shown from the same viewpoint. The six Ni–donor bonds are drawn explicitly because PyMOL does not bond metals; PLIP contact residues are labelled. Receptor grey; ligand carbons amber (complex) or blue ($HPGTS^-$); nickel green sphere.

Rhoptry kinase ROP18 (4JRN), *Toxoplasma gondii*

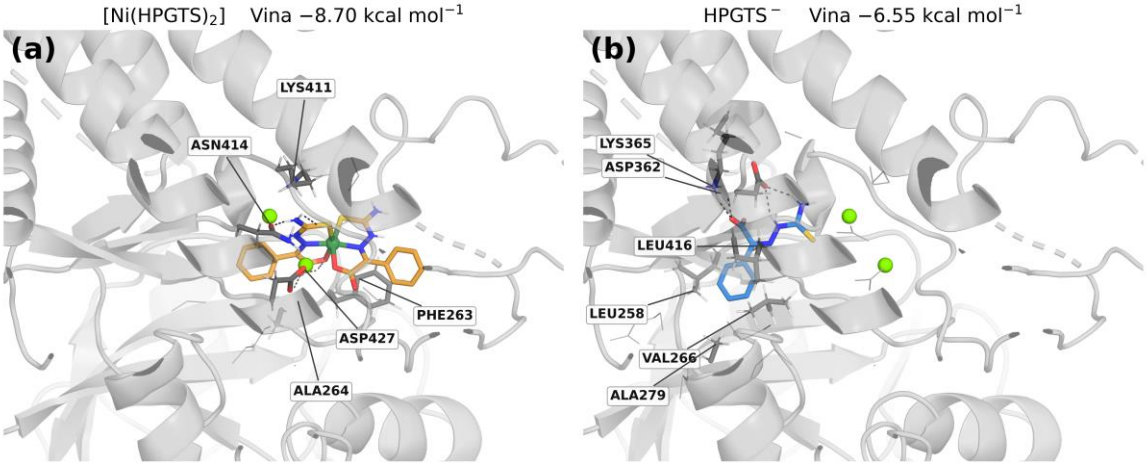


Fig. 3. Best-scoring poses of $[Ni(HPGTS)_2]$ (a) and $HPGTS^-$ (b) in the ROP18 kinase of *T. gondii* (4JRN); representation as in Fig. 2. Additional spheres are receptor-bound Mg^{2+} ions.

Summed over both targets, the complex makes *fewer* protein contacts than the free ligand (14 against 19; hydrogen bonds 6 against 7; salt bridges 2 each), even though it scores better on both. Its more favourable score therefore cannot be explained by a larger number of contacts. Neither pose is supported by a validated redocking control, and whether either is energetically favourable cannot be decided from these calculations.

Metal-type sensitivity. Replacing the zinc type by magnesium or iron left the scores unchanged on both targets (Table 3, Fig. 4b), as expected for a metal fully enclosed by two tridentate ligands. The atom type therefore does not affect the results; for the same reason, however, the calculations contain no information on nickel-specific chemistry and treat the complex as a rigid organic scaffold.

The two Mg^{2+} ions retained in 4JRN belong to the receptor, are handled by the standard atom types and are unrelated to the typing of the buried nickel.

Table 3.

Metal-type sensitivity of [Ni(HPGTS)₂] (Vina scores, kcal mol⁻¹)

PDB ID	Zn (as docked), mean ± SD, 3 seeds	Zn, seed 11	Mg, seed 11	Fe, seed 11	Δ(Mg−Zn), seed 11	Δ(Fe−Zn), seed 11
2QZX	−9.03 ± 0.00	−9.04	−9.04	−9.04	0.00	0.00
4JRN	−8.69 ± 0.01	−8.69	−8.69	−8.69	0.00	0.00

The Mg, Fe and Δ columns are seed-11 values and are compared with the seed-11 Zn score; the second column is the three-seed mean.

Consensus scoring. Vinardo rescoring of the same 18 poses agreed closely with Vina (Spearman ρ = 0.79, Pearson r = 0.93), and both functions ranked the complex first on both targets (Table 4, Fig. 4a). With only two targets behind these 18 poses, the coefficients do not measure general agreement between the two functions; the relevant point is that the ordering here does not depend on the scoring function.

Table 4.

Form ranked first by each scoring function, with Vinardo rescores (kcal mol⁻¹)

PDB ID	Best form, Vina	Best form, Vinardo	[Ni(HPGTS)₂], Vinardo	HPGTS⁻, Vinardo	H₂PGTS, Vinardo	Same winner?
2QZX	[Ni(HPGTS)₂]	[Ni(HPGTS)₂]	−6.13	−5.42	−5.11	yes
4JRN	[Ni(HPGTS)₂]	[Ni(HPGTS)₂]	−6.65	−5.14	−5.15	yes

Vinardo values are rescores of the same Vina poses (smina --score_only) without a new search. Vina values for the complex are given in Table 1.

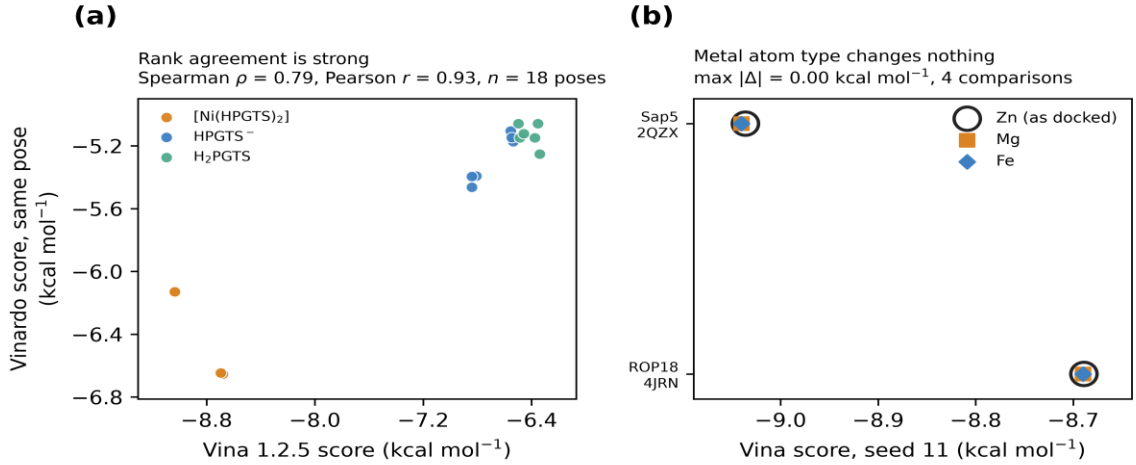


Fig. 4. (a) Vinardo rescoring of the top-ranked Vina poses (same poses, different energy function); each point is one pose. (b) Metal-type sensitivity at seed 11: the Zn (as docked), Mg and Fe scores coincide on both targets.

This agreement should not be overrated. Vina and Vinardo share most of their functional form, so a consensus between them is weaker evidence than a validated pose, and here the strongest consensus coincides with the absence of validation. The apparent strength of the result and the strength of the evidence behind it therefore point in opposite directions.

Limitations. Neither receptor has a validated protocol: no small-molecule redocking control exists for 2QZX, and for 4JRN the control failed at 3.31 Å with the near-native pose ranked ninth. Vina has no metal-coordination terms or nickel atom type; the metal was typed as zinc and shown to be inaccessible, so no nickel-specific information is obtained. The rigid-body treatment of the complex excludes conformational adjustment on binding, changes in coordination number and ligand exchange or dissociation in water. The receptors were rigid as well, and two unmodelled gaps lie within 8 Å of the 4JRN box, whereas 2QZX is complete. Part of the score difference reflects heavy-atom count rather than specific recognition. No biochemical or cell-based assay was carried out: the values are docking scores, not binding constants, and do not demonstrate inhibition or biological activity.

Conclusion. H_2PGTS in two protonation states and $[Ni(HPGTS)_2]$ in its X-ray geometry were docked under a fixed protocol into *C. albicans* Sap5 and *T. gondii* ROP18. On both targets the complex scored below both free-ligand forms, by 2.20 and 2.14 kcal mol^{-1} relative to $HPGTS^-$, and Vina and Vinardo agreed on this ordering. Neither receptor, however, has a validated redocking control. For Sap5 the reference inhibitor is a peptide, and for ROP18 the near-native pose (0.91 Å) was generated but ranked ninth of nine, giving a mean RMSD of 3.31 Å. The nickel centre is inaccessible to the scoring function, so the results describe a rigid organic scaffold rather than nickel chemistry, and the complex makes fewer protein contacts than the free ligand. These two targets are therefore proposed for methodological follow-up – a validated small-molecule reference for Sap5 and a rescoring or induced-fit treatment able to rank the near-native ROP18 pose correctly – rather than for immediate assay. The values reported are docking scores, not binding constants.

REFERENCES:

1. Casas J.S., García-Tasende M.S., Sordo J. Main group metal complexes of semicarbazones and thiosemicarbazones. A structural review // Coordination Chemistry Reviews. – 2000. – Vol. 209. – P. 197–261. – DOI: 10.1016/S0010-8545(00)00363-5.

2. Tillaeva U., Ashurov J., Tillaeva G., Nabiev A., Sabirov V. Structural characterization of benzketozone monohydrate // Zeitschrift für Naturforschung B. – 2022. – Vol. 77. – P. 117–123. – DOI: 10.1515/znb-2021-0170.

3. Netalkar P.P., Netalkar S.P., Revankar V.K. Nickel(II) complexes of thiosemicarbazones: synthesis, characterization, X-ray crystallographic studies and in vitro antitubercular and antimicrobial studies // Transition Metal Chemistry. – 2014. – Vol. 39. – P. 519–526. – DOI: 10.1007/s11243-014-9827-8.

4. Bajaj K.S., Buchanan R.M., Grapperhaus C.A. Antifungal activity of thiosemicarbazones, bis(thiosemicarbazones), and their metal complexes // Journal of Inorganic Biochemistry. – 2021. – Vol. 225. – Art. 111620. – DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2021.111620.

5. Berman H.M., Westbrook J., Feng Z., Gilliland G., Bhat T.N., Weissig H., Shindyalov I.N., Bourne P.E. The Protein Data Bank // Nucleic Acids Research. – 2000. – Vol. 28, № 1. – P. 235–242. – DOI: 10.1093/nar/28.1.235.

6. Trott O., Olson A.J. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization, and multithreading // Journal of Computational Chemistry. – 2010. – Vol. 31. – P. 455–461. – DOI: 10.1002/jcc.21334.

7. Eberhardt J., Santos-Martins D., Tillack A.F., Forli S. AutoDock Vina 1.2.0: new docking methods, expanded force field, and Python bindings // Journal of Chemical Information and Modeling. – 2021. – Vol. 61. – P. 3891–3898. – DOI: 10.1021/acs.jcim.1c00203.

8. Quiroga R., Villarreal M.A. Vinardo: a scoring function based on AutoDock Vina improves scoring, docking, and virtual screening // PLoS ONE. – 2016. – Vol. 11. – Art. e0155183. – DOI: 10.1371/journal.pone.0155183.

9. Meli R., Biggin P.C. spyrmsd: symmetry-corrected RMSD calculations in Python // Journal of Cheminformatics. – 2020. – Vol. 12. – Art. 49. – DOI: 10.1186/s13321-020-00455-2.

10. Adasme M.F., Linnemann K.L., Bolz S.N., Kaiser F., Salentin S., Haupt V.J., Schroeder M. PLIP 2021: expanding the scope of the protein–ligand interaction profiler to DNA and RNA // Nucleic Acids Research. – 2021. – Vol. 49. – P. W530–W534. – DOI: 10.1093/nar/gkab294.

11. Eastman P., Swails J., Chodera J.D., McGibbon R.T., Zhao Y., Beauchamp K.A., Wang L.-P., Simmonett A.C., Harrigan M.P., Stern C.D., Wiewiora R.P., Brooks B.R., Pande V.S. OpenMM 7: rapid development of high performance algorithms for molecular dynamics // PLoS Computational Biology. – 2017. – Vol. 13. – Art. e1005659. – DOI: 10.1371/journal.pcbi.1005659.

12. O'Boyle N.M., Banck M., James C.A., Morley C., Vandermeersch T., Hutchison G.R. Open Babel: an open chemical toolbox // Journal of Cheminformatics. – 2011. – Vol. 3. – Art. 33. – DOI: 10.1186/1758-2946-3-33.

13. RDKit: open-source cheminformatics [Electronic resource]. – URL: https://www.rdkit.org (⟦murojaat sanasi: kk.oo.yyyy⟧).

14. Meeko: preparation of small molecules for AutoDock [Electronic resource] / Forli Lab. – URL: https://github.com/forlilab/Meeko (⟦murojaat sanasi: kk.oo.yyyy⟧).

UDC 543.554.2:543.423

IMMOBILIZATION OF 7-IODO-8-HYDROXYQUINOLINE-5-SULFONIC ACID (FERRON) ONTO POLYETHYLENEPOLYAMINE-MODIFIED POLYACRYLONITRILE FIBER: OPTIMIZATION OF PH, TEMPERATURE, AND CONTACT TIME BY DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROSCOPY

M.A. Avazyazov, PhD student, Khorezm Mamun Academy, Khiva
M.A. Ashirov, PhD, Senior Researcher, Khorezm Mamun Academy, Khiva

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda 7-yod-8-gidroksixinolin-5-sulfokislota (Ferron)ni polietilenpoliamin bilan modifikatsiyalangan poliakrilonitril (PPA) tola tashuvchisiga*

immobilizatsiya qilish sharoitlarini tizimli optimallashtirish natijalari keltirilgan. PPA tolasi tijoriy poliakrilonitril (PAN) to'qimachilik tolasidan ketma-ket ishqoriy gidroliz, ko'ndalang bog'lovchi (tikuvchi) agent ishtirokida gidroksilamin gidroxlorid bilan aminlash va polietilenpoliamin payvandlash orqali sintez qilindi. Shundan so'ng, ferron suvli eritmadan ligandning sulfanat guruhi ishtirokidagi elektrostatik ta'sirlashuv orqali PPA tolasining protonlangan amin markazlariga immobilizatsiya qilindi. Qattiq tashuvchida ushlab turilgan bo'yalgan ferron zarralari o'lchanadigan diffuz qaytish (aks etish) reaksiyasini hosil qilgani sababli, miqdoriy baholash mezoni sifatida Kubelka-Munk funksiyasi $F(R) = (1 - R)^2/(2R)$ qo'llanildi. Diffuz qaytish spektrlari 380–730 nm oralig'ida EFI ES-2000 spektrofotometri yordamida qayd etildi. Uchta omil bir vaqtning o'zida bitta o'zgaruvchini o'zgartirish (one-variable-at-a-time) usuli yordamida o'rganildi: eritma pH qiymati (0,47–11,03), harorat (25–95 °C) va kontakt vaqti (2–20 daqiqa). 450 nm da eng yuqori F(R) qiymati (11,38) pH 2,67 da olindi, bu to'yingan 0,0057 M li ferron suvli eritmasining tabiiy kislotaliligiga mos keladi. Immobilizatsiya unumi harorat 90 °C gacha ko'tarilganda monoton ravishda oshdi (450 nm da F(R) = 13,57) va 15 daqiqada o'zining maksimumiga erishdi (450 nm da F(R) = 16,27). Ligand biriktirilishidan oldin va keyin tolaning Furye-almashtirishli buzilgan to'la ichki qaytish infraqizil spektrlari amin funksional guruhlarining sarflanishini hamda ferronning sulfanat guruhi va xinolin halqasiga tegishli chiziqlar paydo bo'lishini tasdiqladi. Optimallashtirilgan material Fe(III) ni kolorimetrik aniqlash uchun qattiq fazali retseptor sifatida va suvli namunalardagi temirni rentgenoflyuoressent (RFA/XRF) tahlilidan oldin dastlabki konsentrlash uchun mo'ljallangan.

Kalit so'zlar: *poliakrilonitril tola; ferron; immobilizatsiya; diffuz qaytish spektroskopiyasi; Kubelka-Munk funksiyasi; temir; qattiq fazali ekstraksiya.*

Аннотация. *В данном исследовании представлены результаты систематической оптимизации условий иммобилизации 7-иод-8-гидроксихинолин-5-сульфокислоты (феррона) на носителе из полиакрилонитрильного (ПАН) волокна, модифицированного полиэтиленполиамином (ППА). Волокно ППА было синтезировано из коммерческого текстильного полиакрилонитрильного (ПАН) волокна путем последовательного щелочного гидролиза, аминирования гидрохлоридом гидроксиламина в присутствии сшивающего агента и прививки полиэтиленполиамина. Затем феррон иммобилизовали из водного раствора на протонированных аминных центрах волокна ППА за счет электростатического взаимодействия с участием сульфонатной группы лиганда. Поскольку окрашенные частицы феррона, удерживаемые на твердофазном носителе, дают измеримый отклик диффузного отражения, в качестве количественного критерия оценки использовалась функция Кубелки-Мунка $F(R) = (1 - R)^2/(2R)$. Спектры диффузного отражения регистрировались с помощью спектрофотометра EFI ES-2000 в диапазоне 380–730 нм. Три фактора были исследованы методом поочередного изменения параметров (изменения одной переменной за раз): pH раствора (0,47–11,03), температура (25–95 °C) и время контакта (2–20 мин). Наибольшее значение F(R) при 450 нм (11,38) было получено при pH 2,67, что соответствует естественной кислотности насыщенного 0,0057 М водного раствора феррона. Выход иммобилизации монотонно возрастал с увеличением температуры до 90 °C (F(R) = 13,57 при 450 нм) и достигал максимума при 15 мин (F(R) = 16,27 при 450 нм). ИК-спектры нарушенного полного внутреннего отражения с преобразованием Фурье (НПВО-ФУРЬЕ / ATR-FTIR) волокна до и после присоединения лиганда подтвердили расходование аминных функциональных групп и появление полос, отнесенных к сульфонатной группе и хинолиновому кольцу феррона. Оптимизированный материал предназначен в качестве твердофазного рецептора для колориметрического определения Fe(III) и для предварительного концентрирования перед рентгенофлуоресцентным (РФА) анализом железа в водных образцах.*

Ключевые слова: *полиакрилонитрильное волокно; феррон; иммобилизация; спектроскопия диффузного отражения; функция Кубелки-Мунка; железо; твердофазная экстракция.*

Abstract. *This study reports the systematic optimization of immobilization conditions for 7-iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid (Ferron) onto a polyethylenepolyamine-modified polyacrylonitrile (PPA) fiber support. The PPA fiber was synthesized from commercial polyacrylonitrile (PAN) textile fiber through sequential alkaline hydrolysis, amination with hydroxylamine hydrochloride in the presence of a cross-linking agent, and grafting of polyethylenepolyamine. Ferron was then immobilized from aqueous solution onto the protonated amine sites of the PPA fiber via electrostatic association involving the sulfonate group of the ligand. Because the colored Ferron species retained on the solid support produces a measurable diffuse reflectance response, the Kubelka–Munk function $F(R) = (1 - R)^2/(2R)$ was employed as the quantitative figure of merit. Diffuse reflectance spectra were recorded with an EFI ES-2000 spectrophotometer in the 380–730 nm range. Three factors were examined by a one-variable-at-a-time strategy: solution pH (0.47–11.03), temperature (25–95 °C), and contact time (2–20 min). The highest F(R) value at 450 nm (11.38) was obtained at pH 2.67, which corresponds to the natural acidity of a saturated 0.0057 M aqueous Ferron solution. Immobilization yield increased monotonically with temperature up to 90 °C (F(R) = 13.57 at 450 nm) and exhibited a maximum at 15 min (F(R) = 16.27 at 450 nm). Attenuated total reflectance Fourier-transform infrared (ATR-FTIR) spectra of the fiber before and after ligand attachment confirmed consumption of amine functionalities and the appearance of bands assigned to the sulfonate group and quinoline ring of Ferron. The optimized material is intended as a solid-phase receptor for the colorimetric determination of Fe(III) and for pre-concentration prior to X-ray fluorescence (XRF) analysis of iron in aqueous samples.*

Keywords: *polyacrylonitrile fiber; Ferron; immobilization; diffuse reflectance spectroscopy; Kubelka–Munk function; optimization; iron; solid-phase extraction.*

1. Introduction. Reliable determination of iron in natural and industrial waters remains a central task of environmental analytical chemistry. Elevated iron concentrations promote the formation of precipitates, impart undesirable taste and color to potable supplies, and interfere with downstream industrial processes, whereas trace levels must still be quantified with high confidence for regulatory compliance [1, 2]. Conventional solution-based techniques such as inductively coupled plasma optical emission spectrometry and flame atomic absorption spectrometry deliver excellent sensitivity, yet they demand elaborate sample preparation and bulky instrumentation that are often unavailable for field screening [3]. Colorimetric and spectrophotometric methods that rely on chromogenic chelating agents therefore continue to attract attention, particularly when the reagent can be confined to a solid support so that the color reaction is localized and the optical signal is read directly on the sorbent [4, 5].

Among classical chromogenic ligands for trivalent metal ions, 7-iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid—commonly known as Ferron—has been used for nearly a century as a selective reagent for Fe(III) and Al(III). Yoe [6] first described its colorimetric behavior toward ferric iron, and subsequent investigations established the composition and stability of the corresponding chelates [7, 8, 23]. Ferron combines the strong metal-binding capacity of the 8-hydroxyquinoline nucleus with a sulfonic acid substituent that confers water solubility and provides an anionic handle for attachment to cationic surfaces. When Ferron coordinates Fe(III), the fiber phase develops an intense dark coloration that is readily registered by diffuse reflectance spectroscopy (DRS), while the retained iron can additionally be quantified by X-ray fluorescence (XRF) without elution [9, 10].

Polyacrylonitrile (PAN) fibers constitute a versatile platform for the construction of such solid-phase receptors. The nitrile groups along the PAN backbone are amenable to nucleophilic attack, allowing the introduction of amidoxime, amine, and carboxylate functionalities that serve as anchoring sites for subsequent ligand immobilization [11, 12, 20, 21]. Modification of PAN with hydroxylamine in the presence of cross-linking agents yields fibrous anion exchangers of high mechanical integrity [13], and further grafting with polyethylenepolyamine (PEPA) produces materials containing both weakly and strongly basic nitrogen sites [14]. In a companion study we described a refined protocol for the preparation of such PEPA-modified PAN (PPA) fibers in which

hydrazinium chloride replaces hydrazine hydrate as the cross-linker and a post-synthesis acid activation step converts the amine groups to their chloride salts [15]. The resulting PPA fiber presents a dense population of protonated ammonium centers that can bind the sulfonate group of Ferron through ion pairing and hydrogen bonding.

Although the feasibility of Ferron attachment to PPA fiber has been demonstrated [16], the conditions that maximize the amount of immobilized ligand have not been established in a systematic fashion. The efficiency of a heterogeneous immobilization reaction is governed by the speciation of both the ligand and the sorbent surface, which in turn depend on pH, as well as by thermal activation and the duration of solid–liquid contact. Accordingly, the present work was undertaken to identify the optimum pH, temperature, and contact time for the immobilization of Ferron on PPA fiber. Quantification of the bound ligand was achieved through DRS measurements performed with an EFI ES-2000 spectrophotometer, and the resulting diffuse reflectance coefficients were transformed into Kubelka–Munk F(R) values, which are linearly related to the concentration of colored species in the solid phase [17, 18]. The optimized Ferron–PPA material is expected to serve as a reusable sensing element for iron determination by combined DRS/XRF measurements.

2. Materials and Methods

2.1. Reagents and materials

Commercial polyacrylonitrile textile fiber was used as the starting polymer. Sodium hydroxide, hydroxylamine hydrochloride, hydrazinium chloride, N,N-dimethylformamide (DMF), polyethylene-polyamine (50% w/w aqueous solution), and hydrochloric acid were of analytical grade and were used as received. 7-Iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid (Ferron, 98.5% purity) was procured from Macklin Biochemical Co., Ltd. (Shanghai, China). Sodium acetate and glacial acetic acid were used to prepare acetate buffer solutions for pH adjustment in the alkaline direction, while potassium hydrogen phthalate (KHP) buffer in combination with 0.1 M HCl was employed to lower the pH. All solutions were prepared with bidistilled water (specific conductance ≤ 1 μS cm^{-1}). The maximum aqueous solubility of Ferron under ambient conditions is 0.0057 mol L^{-1}; this saturated solution exhibits a natural pH of 2.67 and was used as the stock for the majority of immobilization experiments.

2.2. Synthesis of PPA fiber

The PPA fiber support was produced from the parent PAN fiber in three consecutive stages adapted from published procedures [13, 14] with minor procedural refinements [15]. In the first stage, a 2.0 g portion of PAN fiber was treated with 80 mL of 1 M NaOH (bath ratio 1:40) at 90 °C for 60 min. Alkaline hydrolysis partially converts nitrile groups to carboxylate and amide functionalities, improving hydrophilicity and opening access to interior reactive sites. The hydrolyzed fiber was washed five times with bidistilled water and dried in air.

Amination was performed by immersing the hydrolyzed fiber in 100 mL of an aqueous reaction mixture containing 6.0 g L^{-1} hydroxylamine hydrochloride, 0.7 g L^{-1} hydrazinium chloride, and 5% (v/v) DMF (bath ratio 1:50). The pH was adjusted to 8.0–8.5 with 1 M NaOH to liberate the free nucleophilic amine species, and the suspension was stirred at 90 °C for 1.5 h. Hydrazinium chloride was selected as the cross-linking component because the solid salt offers safer handling than hydrazine hydrate while generating analogous hydrazone and amidrazone bridges that stabilize the fiber against dissolution. After reaction, the aminated fiber was washed five times with bidistilled water and dried.

Grafting of polyethylenepolyamine was carried out by immersing 2.0 g of the aminated fiber in 80 mL of 50% (w/w) PEPA solution (bath ratio 1:40) at 100 °C for 5 h under continuous stirring. The elevated temperature maximizes the density of grafted amine chains, while the extended duration relative to conventional 3 h treatments promotes deeper diffusion of the oligomer into the fiber matrix. The grafted product was washed five times with bidistilled water and dried at ambient temperature. Finally, the PPA fiber was acid-activated by soaking in 0.1 M HCl (bath ratio 1:75) for 24 h at 25 °C, which protonates the amine groups to their ammonium chloride form and removes loosely bound oligomers. The activated fiber was washed with bidistilled water, dried, and stored for subsequent immobilization of Ferron.

2.3. Immobilization of Ferron

Immobilization was conducted in batch mode. A 0.0057 mol L^{-1} Ferron solution was prepared by dissolving the requisite mass of the solid reagent in bidistilled water with gentle warming; this concentration corresponds to the saturation limit of the ligand and already exhibits pH 2.67 without external adjustment. For pH-optimization experiments, portions of this stock were adjusted to the target acidity using acetate buffer (sodium acetate/acetic acid) to raise the pH or KHP buffer with 0.1 M HCl to lower it. Measured pH values covered the range 0.47–11.03. A fixed mass of acid-activated PPA fiber (10 mg) was immersed in 20 mL of the Ferron solution of the desired pH and manually agitated to ensure complete wetting of the filament bundle. The vessels were then held at the prescribed temperature for the prescribed time (temperature series: 25–95 °C for 20 min; time series: 2–20 min at the previously selected temperature). After reaction, the fiber was separated by filtration, washed five times with bidistilled water to strip physisorbed ligand, and air-dried. The product is denoted Ferron–PPA fiber.

2.4. Diffuse reflectance measurements and Kubelka–Munk treatment

Diffuse reflectance spectra of the dry fiber samples were recorded on an EFI ES-2000 spectrophotometer (a compact USB-interfaced mini-spectrophotometer of the Eye-One class) over the 380–730 nm spectral window with a 10 nm sampling step. The instrument was calibrated against the white reference tile supplied by the manufacturer before each series of measurements. Individual spectra were the average of three successive scans of the same sample packing to reduce packing heterogeneity errors. Raw reflectance coefficients $R(\lambda)$ were exported to a spreadsheet environment for further processing.

To convert reflectance values into a quantity proportional to the concentration of the colored immobilized species, the Kubelka–Munk transformation was applied to every spectral point [17, 18]:

$$F(R) = (1 - R)^2 / (2R) = 2.3\,\varepsilon\,c / S$$

where R denotes the diffuse reflectance coefficient of an infinitely thick sample layer, ε is the molar absorption coefficient of the chromophore, c its concentration in the solid phase, and S the scattering coefficient of the matrix. Within the linear region of this relationship, F(R) is directly proportional to c, so that the Kubelka–Munk function at a selected analytical wavelength can be used as a quantitative index of immobilization efficiency. In the present work, F(R) at 450 nm—corresponding to the strong visible absorption of Ferron retained on the fiber—was adopted as the primary response variable. The same treatment is fully compatible with compact monitor-calibrator spectrophotometers and has been validated against laboratory diffuse reflectance instruments for colored solid-phase systems [18, 22].

2.5. Infrared spectroscopy

Infrared spectra of the pristine PAN fiber, the PPA fiber before immobilization, and the Ferron–PPA fiber after immobilization were collected on a Shimadzu IRTracer-100 FTIR spectrophotometer equipped with an attenuated total reflectance accessory. Each spectrum was accumulated over 32 scans at 4 cm^{-1} resolution in the 400–4000 cm^{-1} region. Peak positions were determined automatically and checked manually against the spectral baseline.

3. Results and Discussion

3.1. Effect of solution pH on Ferron immobilization

The acidity of the immobilization medium controls both the ionization state of the sulfonate group of Ferron and the degree of protonation of the amine sites on the PPA fiber. Figure 1 presents the Kubelka–Munk spectra of Ferron–PPA fiber prepared at eleven pH values spanning strongly acidic to strongly alkaline conditions, together with the spectrum of the unmodified PPA fiber as a reference. All samples display the characteristic decay of F(R) from the blue edge toward longer wavelengths, but the amplitude of the response varies dramatically with pH.

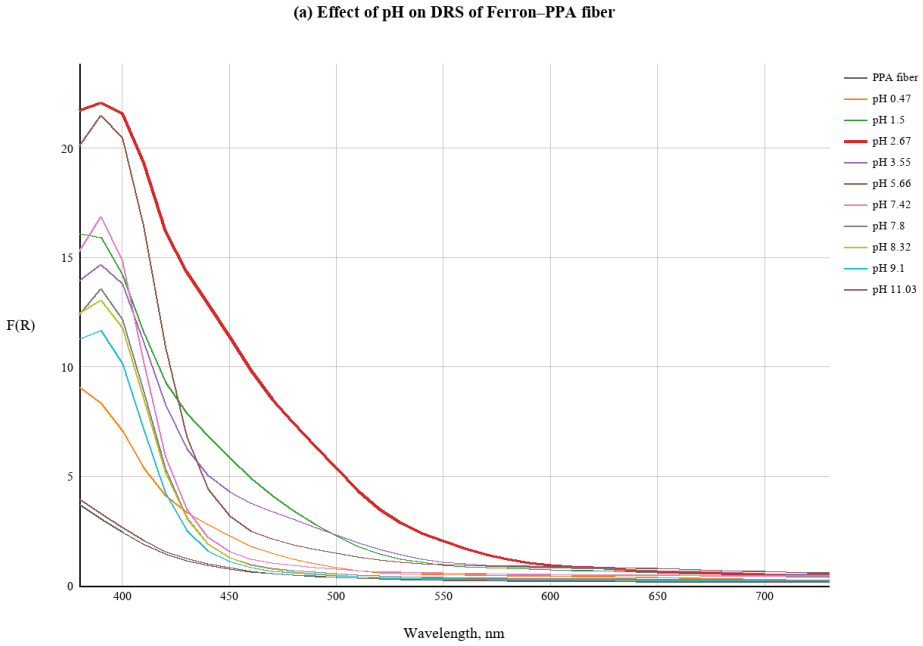


Figure 1. Kubelka–Munk F(R) spectra of PPA fiber and Ferron–PPA fiber prepared at different solution pH values. The thick red curve corresponds to pH 2.67.

The F(R) value at 450 nm increases sharply from 0.79 for the bare PPA fiber to 11.38 when immobilization is performed at pH 2.67 (Figure 2, Table 1). This optimum coincides with the natural pH of the saturated 0.0057 M Ferron solution and does not require buffer addition. A further increase of pH produces a monotonic decline in the response: at pH 3.55 the F(R) value falls to 4.30, and above pH 7 the signal approaches that of the unmodified support (F(R) < 1.6). A similar depression is observed in very strong acid (pH 0.47, F(R) = 2.29), although the response remains higher than in the alkaline region.

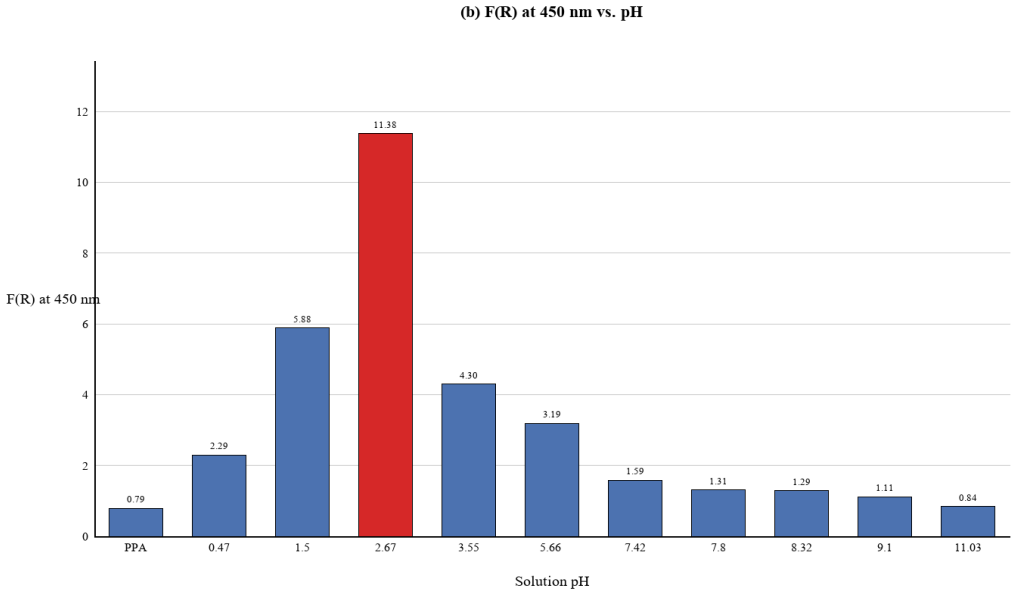


Figure 2. Effect of solution pH on the Kubelka–Munk function at 450 nm for Ferron–PPA fiber. The red bar marks the optimum (pH 2.67).

The pronounced maximum at pH 2.67 reflects a favorable balance between two opposing effects. In this mildly acidic medium the PPA fiber carries a high density of protonated ammonium groups (pKa of the grafted PEPA amines lies predominantly between 6 and 10 [14]), while the sulfonic acid moiety of Ferron is fully ionized (pKa ≈ −1 for the −SO_3H group), so that ion-pair formation between $-NH_3^+$ and $-SO_3^-$ is thermodynamically favorable. As the pH is raised, deprotonation of the fiber amines progressively neutralizes the positive surface charge and weakens

electrostatic attraction to the sulfonate ligand. In addition, hydroxo and oxo complexes of any adventitious metal contamination are less soluble at higher pH and may block binding sites. In very strong acid, competition by chloride or bisulfate anions for the ammonium sites and partial protonation of the quinoline nitrogen of Ferron reduce the effective loading. The observation that the natural pH of the saturated ligand solution is already optimal is practically convenient, since no buffer is required and the risk of introducing competing anions is eliminated.

Table 1.

Kubelka–Munk function values of Ferron–PPA fiber as a function of solution pH

pH of Ferron solution	F(R) 450 nm	F(R) 460 nm	F(R) 470 nm	F(R) 480 nm
PPA fiber (no Ferron)	0.79	0.65	0.56	0.49
0.47	2.29	1.83	1.50	1.23
1.50	5.88	4.93	4.12	3.43
2.67	11.38	9.83	8.54	7.46
3.55	4.30	3.79	3.41	3.07
5.66	3.19	2.52	2.15	1.90
7.42	1.59	1.24	1.06	0.95
7.80	1.31	0.99	0.82	0.71
8.32	1.29	0.94	0.76	0.65
9.10	1.11	0.84	0.69	0.60
11.03	0.84	0.69	0.59	0.51

3.2. Effect of temperature

The influence of reaction temperature on immobilization was studied in the range 25–95 °C with a fixed contact time of 20 min at pH 2.67. The corresponding F(R) spectra are plotted in Figure 3, and the response at 450 nm is summarized in Table 2. The Kubelka–Munk function rises steadily from 2.48 at 25 °C to 13.57 at 90 °C, after which a slight decrease is observed (11.05 at 95 °C). The enhancement of the signal with temperature is consistent with a diffusion-controlled attachment process: elevated temperatures increase the swelling of the fibrous polymer, accelerate the intraparticle transport of Ferron molecules toward interior amine sites, and provide the activation energy required for the reorganization of ion pairs at the solid–liquid interface.

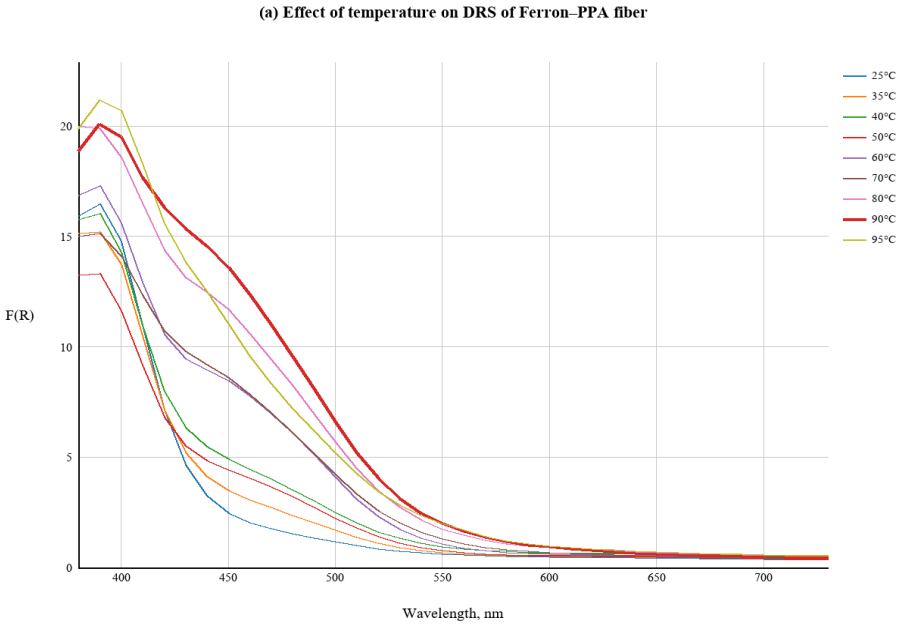


Figure 3. Kubelka–Munk F(R) spectra of Ferron–PPA fiber prepared at different immobilization temperatures (contact time 20 min). The thick red curve corresponds to 90 °C.

Table 2.

Effect of immobilization temperature on the Kubelka–Munk function of Ferron–PPA fiber

Temperature, °C	F(R) 450 nm	F(R) 460 nm	F(R) 470 nm	F(R) 480 nm
25	2.48	2.03	1.76	1.54
35	3.52	3.08	2.73	2.39
40	4.93	4.48	4.03	3.55
50	4.44	4.05	3.66	3.22
60	8.48	7.79	7.00	6.11
70	8.60	7.84	7.01	6.13
80	11.68	10.59	9.45	8.26
90	13.57	12.36	10.99	9.57
95	11.05	9.59	8.33	7.23

(b) F(R) at 450 nm vs. temperature

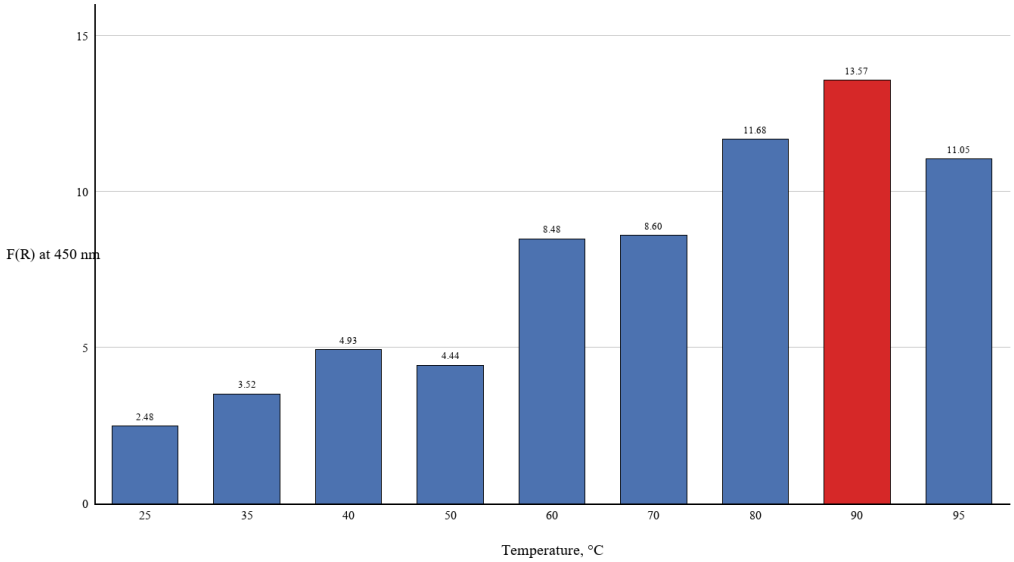


Figure 4. Kubelka–Munk function at 450 nm as a function of immobilization temperature.

(a) Effect of contact time on DRS of Ferron–PPA fiber

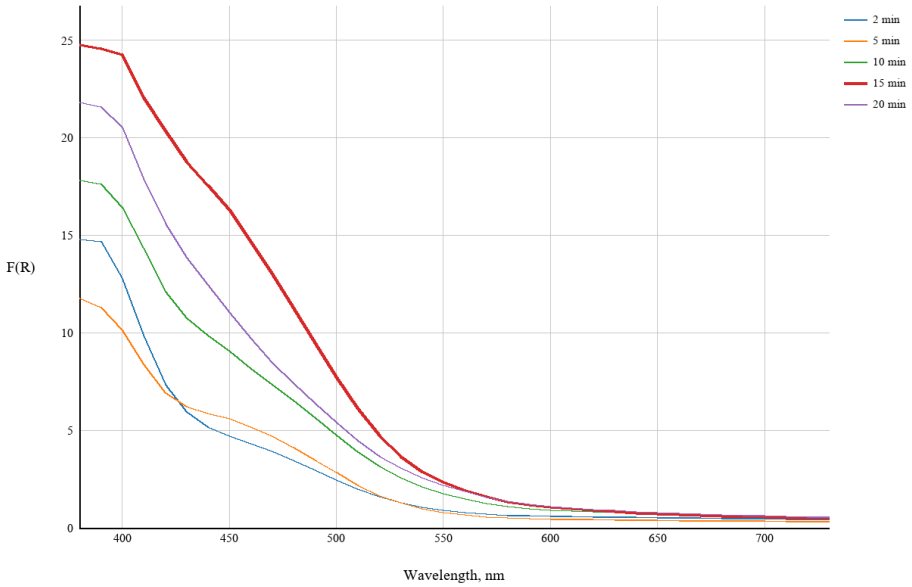


Figure 5. Kubelka–Munk F(R) spectra of Ferron–PPA fiber prepared with different immobilization contact times. The thick red curve corresponds to 15 min.

The moderate decrease above 90 °C is attributed to partial thermal desorption of loosely bound Ferron and to the enhanced hydrolysis of ester-like intermediate linkages at the fiber surface. A working temperature of 90 °C was therefore adopted as optimal. It is noteworthy that the same temperature was previously found to maximize the grafting efficiency of PEPA onto hydroxylamine-

activated PAN [14], which suggests that the accessibility of the amine sublayer is itself temperature-dependent. The small plateau between 60 and 70 °C (F(R) ≈ 8.5–8.6) indicates a transition region in which pore diffusion and surface reaction rates become comparable.

3.3. Effect of contact time

Kinetic experiments were conducted at pH 2.67 and 90 °C with contact times ranging from 2 to 20 min (Figure 5, Table 3). The F(R) value at 450 nm increases from 4.71 after 2 min to a maximum of 16.27 at 15 min, then declines to 11.02 when the contact period is extended to 20 min. The rapid initial uptake is characteristic of surface-controlled adsorption on a high-area fibrous support, where the first monolayer of ion-paired Ferron is established within a few minutes. The subsequent decrease after 15 min is ascribed to reorganization of the adsorbed layer and partial displacement of ligand by hydroxide or buffer anions at prolonged elevated temperature.

Table 3.

Effect of contact time on the Kubelka–Munk function of Ferron–PPA fiber

Contact time, min	F(R) 450 nm	F(R) 460 nm	F(R) 470 nm	F(R) 480 nm
2	4.71	4.32	3.92	3.46
5	5.61	5.20	4.70	4.13
10	9.04	8.18	7.36	6.53
15	16.27	14.65	13.00	11.27
20	11.02	9.70	8.49	7.42

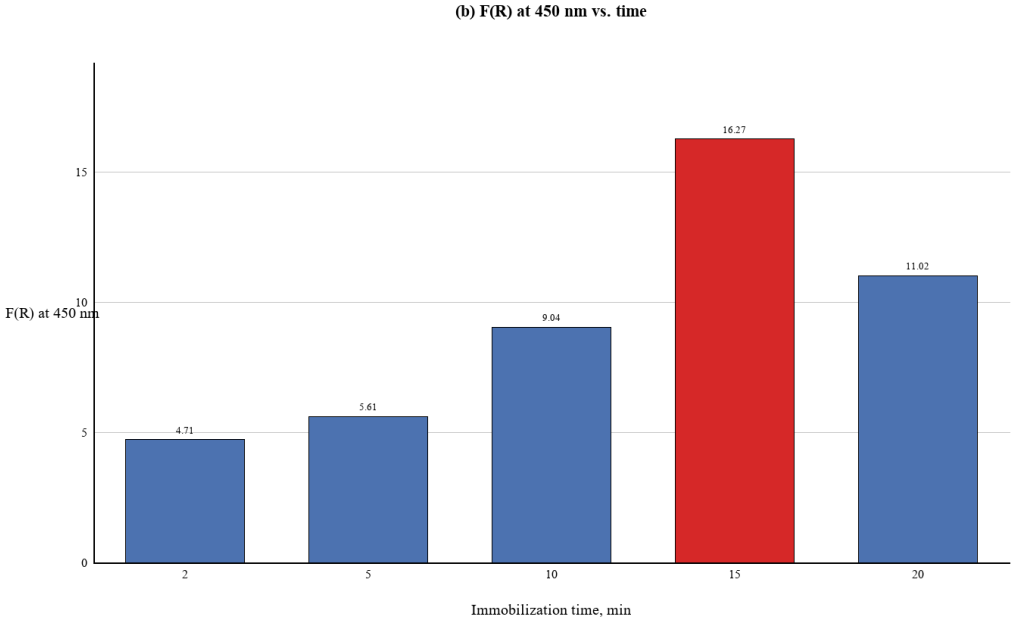


Figure 6. Kubelka–Munk function at 450 nm as a function of immobilization contact time.

A contact time of 15 min is therefore recommended for routine preparation of Ferron–PPA fiber. The fact that near-maximal loading is achieved within a quarter of an hour underscores the practical advantage of the fibrous morphology: the open filament network offers a short diffusion path compared with bead-shaped resins, so that equilibrium is approached rapidly even without forced convection beyond simple manual agitation.

3.4. Summary of optimal conditions

Figure 7 consolidates the three optimization series as bar charts of F(R) at 450 nm. Taking the maxima together, the recommended immobilization protocol is: saturated Ferron solution (0.0057 mol L^{-1}, natural pH 2.67) without buffer; temperature 90 °C; contact time 15 min. Under these conditions the Kubelka–Munk response at 450 nm reaches 16.27, which is roughly twenty times the signal of the unmodified PPA fiber and represents the highest loading attained in this study. Because the three factors were optimized sequentially, future work may explore interaction effects through a factorial design; nevertheless, the one-variable-at-a-time approach already isolates the dominant trends and provides a robust starting protocol.

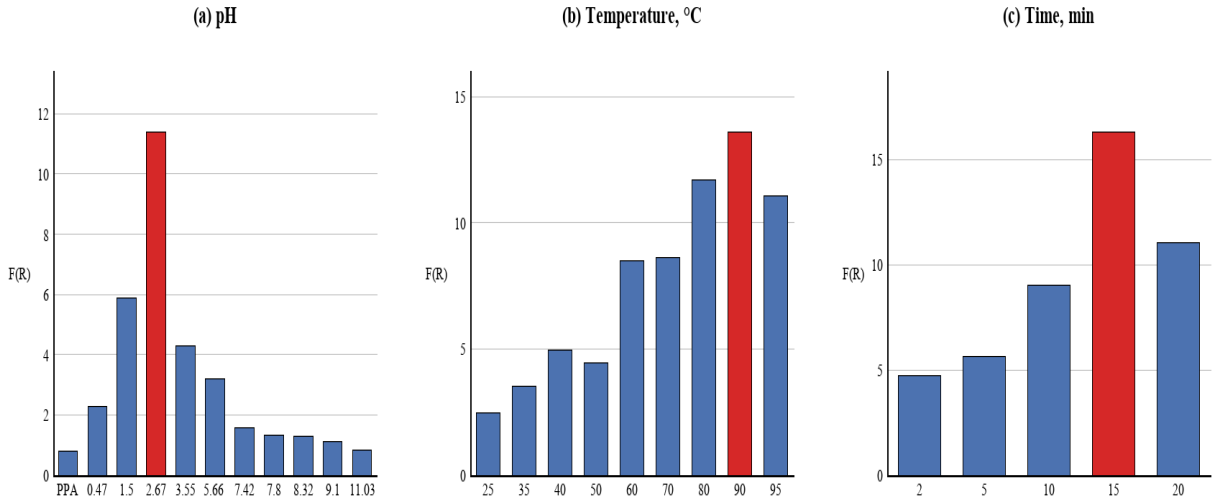


Figure 7. Combined optimization summary: F(R) at 450 nm as a function of (a) pH, (b) temperature, and (c) contact time. Red bars indicate the selected optima.

3.5. Infrared spectroscopic evidence of immobilization

ATR-FTIR spectra were acquired to verify that the enhanced DRS response is accompanied by chemical attachment of Ferron rather than mere physical deposition. Figure 8 shows the spectrum of the PPA fiber before immobilization, while Figure 9 displays the spectrum after reaction with Ferron under the optimized conditions. The principal peak positions are collected in Table 4.

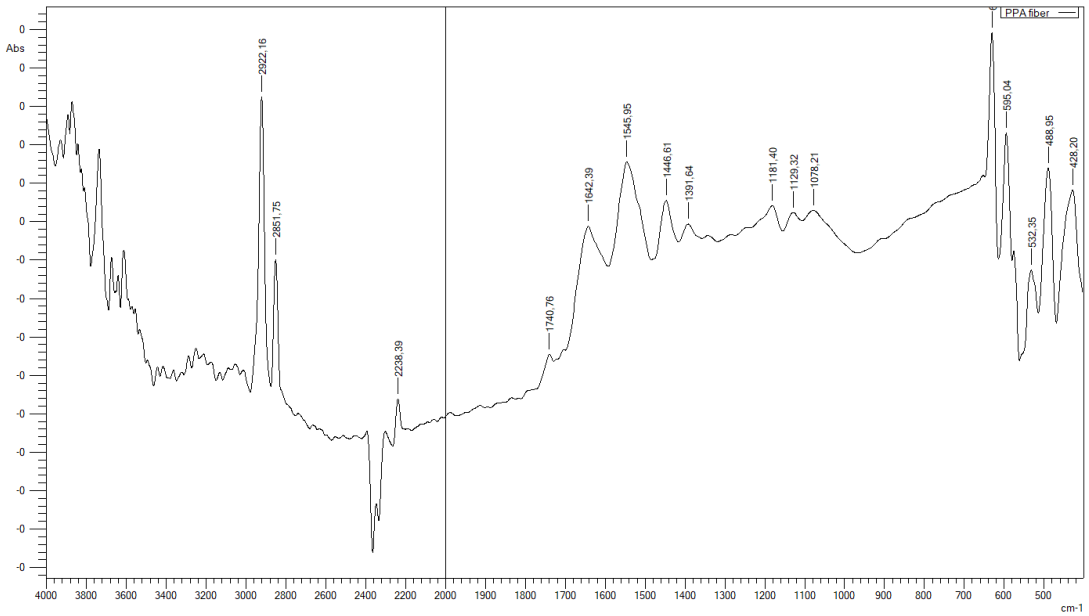


Figure 8. ATR-FTIR spectrum of the polyethylenepolyamine-modified polyacrylonitrile (PPA) fiber before immobilization of Ferron.

Before immobilization, the PPA fiber exhibits the residual nitrile stretching band near 2238 cm^{-1} that originates from unreacted PAN segments, together with aliphatic C–H stretches at 2922 and 2852 cm^{-1}. The broad envelope between 3200 and 3500 cm^{-1} (not fully resolved in the peak list) is assigned to N–H stretching of the grafted PEPA chains overlapping with O–H of adsorbed water. Absorptions at 1642 and 1546 cm^{-1} correspond to C=O/N–H bending modes of amide and amine functionalities generated during hydrolysis and amination, while the feature near 1447 cm^{-1} arises from CH_2 scissoring of the polymer backbone.

After Ferron immobilization, the relative intensity of the amine-related bands diminishes, consistent with consumption of $-NH_2/-NH_3^+$ sites during ion-pair formation with the sulfonate group. New or intensified absorptions appear at 1177 and 1034 cm^{-1}, which fall in the region characteristic of symmetric and asymmetric S=O stretching of sulfonate species [19, 24]. Additional bands near

1541, 1450, and 600–565 cm^{-1} are compatible with aromatic C=C/C=N vibrations of the quinoline ring and with C–I deformation of the iodo substituent [24]. The retention of the nitrile band at 2239 cm^{-1} confirms that the PAN backbone remains intact throughout the immobilization step. Collectively, these spectral changes corroborate the attachment of intact Ferron molecules to the PPA support and are consistent with the large increase in the Kubelka–Munk response documented in Section 3.3.

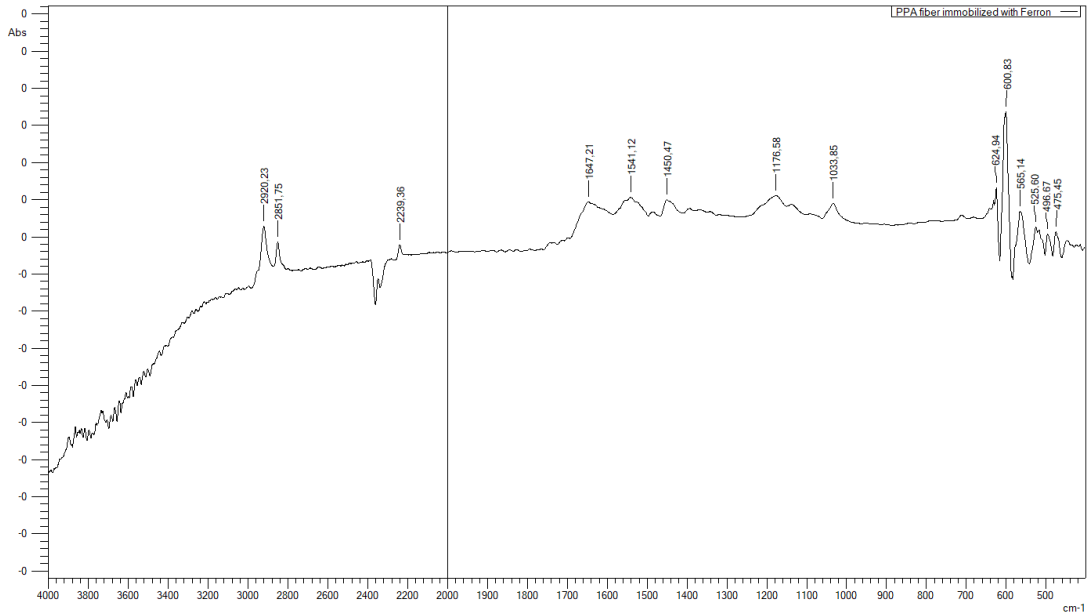


Figure 9. ATR-FTIR spectrum of the PPA fiber after immobilization of Ferron under optimal conditions (pH 2.67, 90 °C, 15 min).

Table 4.

Characteristic ATR-FTIR peak positions of PAN fiber, PPA fiber before immobilization, and Ferron–PPA fiber after immobilization

PAN fiber, cm^{-1}	PPA before, cm^{-1}	PPA after Ferron, cm^{-1}	Assignment
2240	2238	2239	C≡N stretching (residual PAN nitrile)
2920 / 2850	2922 / 2852	2920 / 2852	Aliphatic C–H stretching
1452	1447	1450	CH_2 scissoring / aromatic C=C
1356	1392	—	C–H bending / amide III region
1260	1181	1177	C–N stretching; after immobilization overlaps S=O stretch
1070	1078	1034	C–O / S=O symmetric stretch of sulfonate (Ferron)
799	631 / 595	601 / 565	Aromatic ring / C–I deformation (Ferron)
—	1642	1647	C=O stretching / N–H bending (amide)
—	1546	1541	N–H bending of amine / aromatic C=N

3.6. Implications for iron sensing

The optimized Ferron–PPA fiber is designed as a dual-mode receptor for iron. Upon exposure to Fe(III) in aqueous sample, the immobilized 8-hydroxyquinoline chelating head forms a dark complex that produces a pronounced increase in F(R) across the visible range; this optical change can be registered directly on the solid phase with the same EFI ES-2000 instrument used for immobilization control [4, 5, 18]. Simultaneously, the captured iron remains bound to the fiber and can be quantified by energy-dispersive XRF without elution, exploiting the pre-concentration factor inherent in solid-phase extraction [9, 10]. The combination of DRS and XRF on a single sorbent phase is expected to yield both qualitative confirmation (color change) and quantitative elemental data, making the material attractive for rapid screening of iron in wastewater and drinking-water samples.

From a materials standpoint, the fibrous format offers additional advantages: high specific surface area, rapid mass transfer, mechanical robustness that allows the sorbent to be packed into cartridges or wrapped around probes, and straightforward regeneration by acid washing to strip the metal complex while retaining the immobilized ligand. These features will be exploited in the next

stage of the project, which addresses calibration of the Fe(III) response by DRS and XRF, assessment of selectivity against common interfering cations, and evaluation of reusability over repeated sorption–desorption cycles.

4. Conclusions. A polyethylenepolyamine-modified polyacrylonitrile fiber was successfully employed as a support for the immobilization of the chromogenic chelating agent Ferron, and the preparation variables were optimized using diffuse reflectance spectroscopy combined with Kubelka–Munk data treatment. The maximum ligand loading, expressed as F(R) = 16.27 at 450 nm, was achieved with a saturated 0.0057 mol L^{-1} Ferron solution of natural pH 2.67 at 90 °C for 15 min. Solution pH exerted the strongest effect, with a sharp optimum in the mildly acidic region where protonated ammonium sites on the fiber and ionized sulfonate groups of Ferron coexist. Temperature promoted diffusion and surface reorganization up to 90 °C, beyond which mild thermal desorption reduced the response. A contact time of 15 min proved sufficient for near-maximal coverage of the high-area fibrous support. ATR-FTIR spectra confirmed the chemical attachment of intact Ferron molecules through the appearance of sulfonate and quinoline ring vibrations and the concomitant decrease of free amine bands. The optimized Ferron–PPA fiber constitutes a promising solid-phase receptor for the combined optical and X-ray fluorescence determination of iron in aqueous media.

REFERENCES:

1. Loures, C. C., Alcântara, M. A., Izário Filho, H. J., Teixeira, A. C. S. C., Silva, F. T., Paiva, T. C., & Samanamud, G. R. (2013). Advanced oxidative degradation processes: fundamentals and applications. International Review of Chemical Engineering, 5(2), 102–120. https://doi.org/10.15866/ireche.v5i2.6909

2. Sebesta, F., John, J., Motl, A., & Stamberg, K. (1995). Evaluation of polyacrylonitrile (PAN) as a binding polymer for absorbers used to treat liquid radioactive wastes (SAND-95-2729). Sandia National Laboratories. https://doi.org/10.2172/168591

3. Kump, P., Nečemer, M., & Veber, M. (1997). Determination of trace elements in mineral water using total reflection X-ray fluorescence spectrometry after preconcentration with ammonium pyrrolidinedithiocarbamate. X-Ray Spectrometry, 26(4), 232–236. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4539(199707)26:4<232::AID-XRS250>3.0.CO;2-J

4. Zanjanchi, M. A., Noei, H., & Moghimi, M. (2006). Rapid determination of aluminum by UV–vis diffuse reflectance spectroscopy with application of suitable adsorbents. Talanta, 70(5), 933–939. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2006.05.056

5. Didukh, S. L., Losev, V. N., Mukhina, A. N., Maksimov, N. G., & Trofimchuk, A. K. (2017). Adsorption-photometric determination of iron using silica with nitroso-R salt and nitroso-N salt functional groups. Journal of Analytical Chemistry, 72(1), 47–53. https://doi.org/10.1134/S1061934817010051

6. Yoe, J. H. (1932). 7-Iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid as a reagent for the colorimetric determination of ferric iron. Journal of the American Chemical Society, 54(11), 4139–4143. https://doi.org/10.1021/ja01350a002

7. Yoe, J. H., & Hall, R. T. (1937). A study of 7-iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid as a reagent for the colorimetric determination of ferric iron. Journal of the American Chemical Society, 59(5), 872–879. https://doi.org/10.1021/ja01284a032

8. Storm, Å. R., Langmyhr, F. J., & Valen, K. (1961). Complex formation of ferric iron with 7-iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid (Ferron). Acta Chemica Scandinavica, 15, 1765–1771. https://doi.org/10.3891/acta.chem.scand.15-1765

9. Yamini, Y., Amiri, N., & Karimi, M. (2009). Determination of trace elements in natural water using X-ray fluorescence spectrometry after preconcentration with powdered silica gel. X-Ray Spectrometry, 38(6), 474–478. https://doi.org/10.1002/xrs.1201

10. Beckhoff, B., Kanngießer, B., Langhoff, N., Wedell, R., & Wolff, H. (Eds.). (2006). Handbook of practical X-ray fluorescence analysis. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-36722-2

11. Bode-Aluko, C. A., Pereao, O., Fatoba, O., & Petrik, L. (2017). Surface-modified polyacrylonitrile nanofibres as supports. Polymer Bulletin, 74(6), 2431–2442. https://doi.org/10.1007/s00289-016-1830-0

12. Sadeghi, H. B., Panahi, H. A., Abdouss, M., Esmaiilpour, B., Nezhati, M. N., Moniri, E., & Azizi, Z. (2013). Modification and characterization of polyacrylonitrile fiber by chelating ligand for preconcentration and determination of neodymium ion in biological and environmental samples. Journal of Applied Polymer Science, 128(2), 1125–1130. https://doi.org/10.1002/app.38363

13. Gafurova, D., Shakhidova, D., Orzikulov, B., Makhkamov, B., & Mukhamediev, M. (2021). Chemical modification of polyacrylonitrile by hydroxylamine to obtain ion exchange sorbents. Aniq Fanlar Seriyasi, 3(133/1), 1–12. https://doi.org/10.59251/2181-1296.v3.1272.706

14. Shahidova, D., & Gafurova, D. (2024). Polymeric sorbents based on polyacrylonitrile and polyethylenepolyamine for sorption of chromium(VI) ions. Baku State University Journal of Chemistry and Material Sciences, 1(2), 41–48.

15. Avazyazov, M. A., & Ashirov, M. A. (2026). Synthesis and spectroscopic characterization of polyethylenepolyamine-modified polyacrylonitrile (PPA) fiber for future metal-ion analysis. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, 2026(5/6), 9–16. https://doi.org/10.29013/ajt-26-5.6-9-16

16. Avazyazov, M. A., Yusupova, M. R., Ashirov, M. A., & Shakhidova, D. N. (2025). Synthesis and characterization of a ferron-functionalized polyacrylonitrile fiber as a high-performance sorbent for metal ion detection. Qo'qon Davlat Pedagogika Instituti Ilmiy Xabarlari, 11, 251–262.

17. Kubelka, P., & Munk, F. (1931). Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche. Zeitschrift für technische Physik, 12, 593–601.

18. Apyari, V. V., Dmitrienko, S. G., & Zolotov, Y. A. (2013). Unusual application of common digital devices: potentialities of Eye-One Pro mini-spectrophotometer – a monitor calibrator for registration of surface plasmon resonance bands of silver and gold nanoparticles in solid matrices. Sensors and Actuators B: Chemical, 188, 1109–1115. https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.07.097

19. Jalal, N. M., Jabur, A. R., Hamza, M. S., & Allami, S. (2020). Sulfonated electrospun polystyrene as cation exchange membranes for fuel cells. Energy Reports, 6, 287–298. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.11.012

20. Lin, W., Lu, Y., & Zeng, H. (1992). Preparation of the amidoxime group containing chelating fiber and adsorption property of gold. Reactive Polymers, 17(3), 255–261. https://doi.org/10.1016/0923-1137(92)90272-4

21. Lim, A., Song, M. H., Cho, C. W., & Yun, Y. S. (2016). Development of surface-modified polyacrylonitrile fibers and their selective sorption behavior of precious metals. Applied Sciences, 6(12), 378. https://doi.org/10.3390/app6120378

22. Apyari, V. V., Dmitrienko, S. G., Batov, I. V., & Zolotov, Y. A. (2011). An Eye-One Pro mini-spectrophotometer as an alternative to diffuse reflectance spectrometer. Journal of Analytical Chemistry, 66(2), 144–150. https://doi.org/10.1134/S1061934811020043

23. Swank, H. W., & Mellon, M. G. (1937). Determination of iron with 7-iodo-8-hydroxyquinoline-5-sulfonic acid. Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition, 9(9), 406–409. https://doi.org/10.1021/ac50113a002

24. Socrates, G. (2001). Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts (3rd ed.). John Wiley & Sons.

UO'K 541.49:546.73

Co(II) NING OLTINGUGURT SAQLOVCHI AMINOKISLOTALAR BENZIMIDAZOL VA NIKOTINAMID BILAN ARALASH LIGANDLI KOORDINATSION BIRIKMALARINING HOSIL BO'LISH QONUNIYATLARI

D.B. Bobojonova, stajyor-tadqiqotchi, Xorazm Ma'mun akademiyasi, Xiva
Sh.B. Hasanov, k.f.n., kat.i.x., Xorazm Ma'mun akademiyasi, Xiva

Annotatsiya. *Maqolada Co(II) ning sistein, metionin, benzimidazol va nikotinamid ishtirokidagi aralash ligandli komplekslarini o'rganish uchun adabiyotlarga asoslangan koordinatsion kimyoviy yondashuv ishlab chiqildi. Ligandlarning protonlanish holati, dentatligi, donor atomlari, metallning koordinatsion soni va oksidlanish jarayonlari o'zaro bog'liq omillar sifatida tahlil qilindi. Nikotinamid va benzimidazolning azot orqali koordinatsiyasi haqidagi kristallografik ma'lumotlar aminokislotalar bilan hosil bo'lishi mumkin bo'lgan tizimlarga ehtiyotkorlik bilan tatbiq etildi. Metioninning oltingugurt atomi koordinatsiyalanmagan N,O-xelat modellari hamda sisteinning turli zaryadli N,O-, N,S- va N,O,S-donor shakllari muqobil gipotezalar sifatida ko'rib chiqildi. Muvozanat tenglamalari, zaryad va koordinatsion son bo'yicha tekshirilgan model tarkiblar hamda ularni farqlash mezonlari taklif qilindi. Ishda sintez bajarilmagan, spektrlar o'lchanmagan va kvant-kimyoviy hisoblashlar amalga oshirilmagan; barcha yangi tarkiblar eksperimental tekshirishga mo'ljallangan nazariy modellardir.*

Kalit so'zlar: *kobalt(II), sistein, metionin, benzimidazol, nikotinamid, aralash ligandli kompleks, donor atom, protonlanish, koordinatsiya, oksidlanish.*

Аннотация. *Представлен литературный и качественный теоретический анализ смешаннолигандных комплексов Co(II) с цистеином, метионином, бензимидазолом и никотинамидом. Рассмотрены конкуренция донорных центров, протонирование лигандов, координационное число и возможные окислительные превращения. Предложены альтернативные модели состава с согласованными зарядами и программы их экспериментального различения. Наличие серы в аминокислоте не рассматривается как достаточное доказательство связи Co–S. Новые структуры, спектральные характеристики и устойчивость комплексов экспериментально не установлены; квантово-химические расчёты не проводились.*

Ключевые слова: *кобальт(II), цистеин, метионин, бензимидазол, никотинамид, смешаннолигандные комплексы, координация.*

Abstract. *A literature-based and qualitative theoretical analysis is presented for mixed-ligand Co(II) complexes containing cysteine or methionine together with benzimidazole and/or nicotinamide. Donor competition, ligand protonation, coordination number and possible oxidative transformations are considered. Charge-balanced candidate compositions and experimental criteria for distinguishing alternative binding modes are proposed. Sulfur-containing amino acids are not assumed to form Co–S bonds in every complex. No synthesis, spectroscopy or quantum-chemical calculations were performed in this work; the proposed new structures are hypotheses requiring experimental validation.*

Keywords: *cobalt(II), cysteine, methionine, benzimidazole, nicotinamide, mixed-ligand complex, coordination.*

Kirish. Aralash ligandli koordinatsion birikmalarda metallning birlamchi koordinatsion muhiti kimyoviy jihatdan turlicha donorlar bilan shakllanadi. Aminokislota xelat hosil qilishi, azotli geterotsikl esa qo‘shimcha koordinatsion o‘rinni egallashi mumkin. Bunday tizimlarni o‘rganishda ligandlarni bitta eritmaga qo‘shishning o‘zi barcha komponentlar yagona kompleks tarkibiga kirganini isbotlamaydi. Eritmada ikkilik komplekslar, erkin ligandlar va gidroliz mahsulotlari ham mavjud bo‘lishi mumkin.

Co(II) bilan nikotinamid va karboksilatlar ishtirokidagi kristall tuzilmalar [1, 2], shuningdek, benzimidazolning Co(II) bilan tetraedrik komplekslari [3] turli koordinatsion muhitlarni solishtirishga imkon beradi. Ushbu ishlar aynan sistein yoki metionin ishtirokidagi yangi komplekslarning tuzilishini belgilamaydi. Ular qo‘shimcha ligandning donor atomini tanlash va muqobil geometriyalarni shakllantirish uchun strukturaviy analoglar vazifasini bajaradi.

Ishning maqsadi — Co(II)–aminokislota–benzimidazol va Co(II)–aminokislota–nikotinamid tizimlari, shuningdek, ikkala azotli ligand birgalikda qatnashadigan tizimlar uchun kompleks hosil bo‘lish omillarini tizimlashtirish va tekshiriladigan strukturaviy gipotezalarni taklif etish. “Hosil bo‘lish qonuniyatlari” mazkur maqolada tajribada aniqlangan yangi qonunlar emas, balki koordinatsion kimyo tamoyillaridan kelib chiqadigan shartli bog‘lanishlar ma’nosida qo‘llanadi.

Tahlilning manbalari va chegaralari. Tahlil uchun Co(II) ning nikotinamid va benzimidazol bilan rentgenstrukturaviy o‘rganilgan birikmalari, metionin hosilalarining koordinatsiyasi, koordinatsiyalangan sisteinning oksidlanishi va karboksilatlarning infraqizil spektrlarini talqin qilishga oid ishlar tanlandi [1–6]. Manbalar 2026-yil 8-oktabr holatida tekshirildi. Bu maqsadli adabiyotlar tahlili bo‘lib, barcha bazalarni qamrab olgan sistematik sharh emas. To‘liq matni ochiq bo‘lmagan manbalar bo‘yicha xulosalar mavjud bibliografik ma’lumot va ochiq tavsif doirasida cheklangan.

Tahlil uch bosqichda olib borildi: e’lon qilingan tuzilmalarning donor muhiti ajratildi; aminokislotalarning protonlanish va koordinatsiya variantlari solishtirildi; model formulalar umumiy zaryad va donor atomlar soni bo‘yicha tekshirildi. Hisoblangan energiyalar, barqarorlik konstantalari, mahsulot unumi yoki tajribaviy spektral maksimumlar ushbu ishda berilmaydi. Taklif etilgan modellar uchun ustuvorlik sifat jihatidan muhokama qilinadi.

Ligandlarning donor xususiyatlari. Metionin tarkibida aminoguruh, karboksil guruh va neytral tioefir fragmenti mavjud. Aminoazot va karboksilat kislorodi orqali xelatlanish oltingugurtning bevosita ishtirokisiz ham yuz berishi mumkin. Tioefir oltingugurtining mavjudligi uni majburiy uchinchi donor qilmaydi: molekula konformatsiyasi, boshqa ligandlar va erituvchi raqobati hisobga olinishi kerak. Metioninning N,N-bis(arilmetil) hosilalari haqidagi ishda kobalt bilan ayrim tizimlarning eritmadagi va kristalldagi strukturaviy talqini farqlanishi ko‘rsatilgan [4]. Bu natija oddiy metioninga to‘g‘ridan to‘g‘ri ko‘chirilmaydi, lekin faqat qattiq faza asosida eritma tuzilishini belgilash cheklanganligini ko‘rsatadi.

Sistein metionindan tiol guruhiga ega bo‘lishi bilan farqlanadi. Tiolning deprotonlanishi donorning zaryadi va bog‘lanish imkoniyatlarini o‘zgartiradi. Shu sababli sisteinni bitta o‘zgarmas “sisteinat” shakli sifatida tasvirlash yetarli emas. Karboksilat, aminoguruh va tiolning protonlanish holati aniq ko‘rsatilishi kerak. N,O-koordinatsiya, tiolat ishtirokidagi N,S-koordinatsiya hamda N,O,S-koordinatsiya muqobil variantlar bo‘lib, ularning mavjudligi alohida isbot talab qiladi.

Neytral benzimidazolning odatiy donor markazi piridin tipidagi azotdir. Halqadagi N–H fragmenti vodorod bog‘lanishlarida qatnashishi mumkin; uni avtomatik ravishda ikkinchi donor deb hisoblash mumkin emas. Benzimidazolning protonlanishi donor azotning metall bilan bog‘lanishini cheklaydi. N–H deprotonlanganda hosil bo‘ladigan benzimidazolat esa neytral liganddan zaryadi va ko‘prik hosil qilish imkoniyati bilan farqlanadi. Ushbu maqolaning asosiy modellarida benzimidazol neytral monodentat ligand sifatida olinadi.

Nikotinamid tarkibida piridin azoti va amid guruhi mavjud. Co(II) ning karboksilatli strukturaviy analoglarida nikotinamid piridin azoti orqali bog‘langan [1, 2]. Amid azotining elektron jufti rezonans bilan bog‘liq bo‘lgani sababli uni oddiy amin donoriga tenglashtirish to‘g‘ri emas. Amid kislorodi muqobil donor bo‘lishi mumkin, ammo aynan ko‘rib chiqilayotgan yangi tizimda uning koordinatsiyasi isbotlanmagan. Amid fragmentining vodorod bog‘larida qatnashishi metall–kislorod bog‘i borligini bildirmaydi.

1-jadval.

Ligandlarning model donor holatlari

Ligand	Asosiy model	Muqobil holat
Metionin	Met^-; N,O-xelat	Tioefir S ishtiroki yoki karboksilat ko‘prigi
Sistein	$HCys^-$; N,O va saqlangan S–H	Cys^{2-}; N,S yoki N,O,S
Benzimidazol	Bim; neytral N-donor	Protonlangan yoki deprotonlangan shakl
Nikotinamid	NA; piridin N-donor	Amid O-koordinatsiyasi yoki tashqi sfera

Kompleks hosil bo‘lish muvozanatlari

Keyingi sxemalarda $Met^- = H_2N–CH(CH_2CH_2SCH_3)–COO^-$; $HCys^- = H_2N–CH(CH_2SH)–COO^-$; $Cys^{2-} = H_2N–CH(CH_2S^-)–COO^-$. Bu belgilar tanlangan donor holatlarining zaryadini aniq ifodalaydi va eritmadagi barcha protonlanish mikroturlarini sanab bermaydi. Bim — neytral benzimidazol, NA — neytral nikotinamid; A^- umumiy holda Met^- yoki $HCys^-$, L esa Bim yoki NA ni bildiradi.

Protonlanish va kompleks hosil bo‘lish sxematik ravishda quyidagicha ifodalanadi:

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$
$$HCys^- \rightleftharpoons H^+ + Cys^{2-}$$
$$Co^{2+} + A^- \rightleftharpoons [CoA]^+$$
$$[CoA]^+ + L \rightleftharpoons [CoAL]^+$$
$$Co^{2+} + 2A^- + 2L \rightleftharpoons [CoA_2L_2]$$

Sxemalarda akvaligandlar yozuvni soddalashtirish uchun tushirilgan. Muvozanat ifodasi $\beta_{111} = a([CoAL]^+)/(a(Co^{2+})a(A^-)a(L))$ tarzida yoziladi; a — komponentning aktivligi. Konsentratsiyalar orqali aniqlanadigan shartli konstantalar pH, ion kuchi va erituvchi tarkibiga bog‘liq bo‘ladi. Alohida ligandlar bilan hosil bo‘lgan komplekslarning barqarorligi aralash ligandli kompleksning avtomatik ravishda ustun bo‘lishini anglatmaydi.

pH oshishi donor guruhlarning deprotonlanishini kuchaytirishi mumkin, lekin ayni vaqtda Co(II) gidrolizi va gidroksid fazasining hosil bo‘lishi bilan raqobat yuzaga keladi. Shuning uchun “ishqoriy muhit doimo komplekslanishni yaxshilaydi” degan xulosa asosli emas. Amaliy sharoitda pH titrlash egri chiziqlari, eruvchanlik va oksidlanish belgilari birgalikda baholanishi kerak. Sistein uchun kislorod mavjudligi alohida nazorat omilidir.

Bosqichma-bosqich qo‘shishda dastlab xelatlovchi aminokislota bilan kompleks, so‘ng azotli ligand bilan almashinish sodir bo‘lishi mumkin. Barcha komponentlarni bir vaqtda qo‘shish esa boshqa mahsulotlar aralashmasiga olib kelishi ehtimol. Biroq termodinamik muvozanatga erishilgan bir xil sharoitda qo‘shish tartibi yakuniy taqsimotni majburiy ravishda o‘zgartirmaydi; uning ta’siri kinetika, kristallanish va mahalliy pH bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

Adabiyotlardan kelib chiqadigan strukturaviy dalillar. Nikotinamidli Co(II) karboksilat komplekslarida N-donorning koordinatsion sferada qatnashishi va suv molekulalarining o‘rin egallashi kristallografik usulda aniqlangan [1, 2]. Bu aminokislota xelat hosil qilganda suvlar soni kamayishi mumkinligini taxmin qilishga imkon beradi. Ammo monodentat benzoatni bidentat aminokislota bilan almashtirish oddiy izostrukturaviy o‘rin almashish emas; donorlar soni va sterik

sharoit o‘zgaradi.

Benzimidazolli $[Co(Bim)_2(NCS)_2]$ birikmasining polimorflari haqidagi ishda to‘rt koordinatsiyali tuzilma qayd etilgan [3]. Ushbu misol Co(II) uchun faqat oktaedrik geometriyani majburiy deb hisoblash mumkin emasligini ko‘rsatadi. Aminokislotali modellarda esa ikki N,O-xelat va ikkita monodentat ligand jami olti donor beradi. Demak, tetraedrik yoki oktaedrik modelni tanlash ligand nomiga emas, haqiqiy dentatlik va koordinatsion sfera tarkibiga tayanishi kerak.

Sisteinli tizimda metall va oltingugurtning oksidlanish darajalari birgalikda tekshirilishi lozim. Koordinatsiyalangan sisteinning sulfenato va sulfinato hosilalarga oksidlanishi Co(III) birikmalari uchun e’lon qilingan [5]. Bu natijadan ushbu yangi Co(II) aralash ligandli tizimlar ham aynan shu yo‘l bilan o‘zgaradi degan xulosa chiqarilmaydi. U oksidlanish mahsulotlarini istisno qilmasdan dastlabki tiolat modelini qabul qilish xato bo‘lishi mumkinligini asoslaydi.

Taklif etilayotgan model tarkiblar. 2-jadvaldagi formulalar olingan moddalar emas. Ular donor atomlar soni va zaryad bo‘yicha tekshirilgan, keyingi tajribada farqlanishi kerak bo‘lgan nomzod modellardir. L = Bim yoki NA; X^- — bir zaryadli tashqi sfera anioni. Kristall suv miqdori belgilanmagan.

2-jadval.

Eksperimental tekshirish uchun tarkib va donor muhiti modellari

Model formula	Qabul qilingan dentatlik	Zaryad va son
$[Co(Met)_2L_2]$	2 × N,O; 2 × N	Neytral; KS = 6
$[Co(HCys)_2L_2]$	2 × N,O; S–H saqlangan; 2 × N	Neytral; KS = 6
$[Co(Cys)L_2(H_2O)]$	N,O,S; 2 × N; 1 × O	Neytral; KS = 6
$[Co(Cys)L_2]$	N,S; karboksilat O bog‘lanmagan; 2 × N	Neytral; KS = 4
$[Co(Met)_2(Bim)(NA)]$	2 × N,O; Bim-N; NA-N	Neytral; KS = 6
$[Co(Met)L_2(H_2O)_2]X$	N,O; 2 × N; 2 × O	Kompleks +1; KS = 6

Bu yerda KS — koordinatsion son. Bir xil $[Co(Cys)L_2]$ stexiometriya Cys^{2-} bidentat bo‘lsa to‘rt, tridentat bo‘lsa besh koordinatsiyali muhitga mos kelishi mumkin. Shuning uchun formuladan geometriyani yakka holda chiqarib bo‘lmaydi. $[Co(Cys)L_2(H_2O)]$ modelining olti koordinatsiyali bo‘lishi faqat N,O,S-dentatlik qabul qilinganda to‘g‘ri keladi; suvning kristall suv bo‘lishi muqobil talqindir.

Ikki aminokislota xelatli olti koordinatsiyali modellar cis va trans joylashuvlarni berishi mumkin. Bim va NA birgalikda qatnashgan kompleksda donorlar turlicha bo‘lgani uchun izomerlar va ligand almashinish muvozanatlari qo‘shimcha tekshirishni talab qiladi. Karboksilat yoki tiolat ko‘priklari paydo bo‘lsa, jadvaldagi monoyadroli modellar o‘rniga dimer yoki koordinatsion polimerlar hosil bo‘lishi mumkin. Bunday imkoniyatdan MOF hosil bo‘lgani yoki modda g‘ovakligi haqida xulosa chiqarib bo‘lmaydi.

Fizik kimyoviy xossalarni tekshirish mezonlari. Infraqizil spektroskopiyada kompleks, erkin aminokislota, uning mos tuzi va azotli ligand spektrlari bir xil sharoitda solishtirilishi kerak. Karboksilatning asimmetrik va simmetrik tebranishlari orasidagi $\Delta\nu = \nu as(COO^-) - \nu s(COO^-)$ farqi koordinatsiya turini baholashda yordam beradi. Deacon va Phillips yondashuvi [6] bu farqni strukturaviy taqqoslash vositasi sifatida qo‘llashga asos beradi; bitta universal chegarani barcha aminokislota komplekslariga tatbiq etish yetarli emas. Vodorod bog‘lari va tasmalarning ustma-ust tushishi ham siljishga sabab bo‘ladi.

Sisteinda S–H tasmasining kamayishi tiol holati o‘zgarganini ko‘rsatishi mumkin, lekin uning yo‘qolishi faqat Co–S bog‘iga xos belgi emas: oksidlanish, deprotonlanish yoki signalning zaifligi ham tekshiriladi. Metioninda tioefir fragmenti o‘zgarishini Co–S koordinatsiyasi deb talqin qilish uchun qo‘shimcha strukturaviy dalil kerak. Nikotinamidning amid tebranishlari vodorod bog‘lanishlaridan ham o‘zgarishi mumkin. Past chastotali metall–ligand tebranishlari foydali bo‘lsa-da, bir-biriga yaqin modalar sababli ularni yakka holda tayinlash ehtiyotkorlikni talab qiladi.

Elektron yutilish spektrlari uchun erituvchi, pH, konsentratsiya, optik yo‘l uzunligi va vaqt qayd etiladi. Ko‘rinadigan sohadagi d–d o‘tishlar koordinatsion muhitga sezgir, ammo faqat rangga qarab geometriya belgilash mumkin emas. Eritmada ligand almashinish sababli qattiq fazaning spektri va eritma spektri farq qilishi mumkin. Sistein tizimida vaqt bo‘yicha spektr yozish oksidlanish yoki tarkib almashinishini aniqlashga yordam beradi.

Co(II) uchun d^7 elektron konfiguratsiyasidan kelib chiqib, oddiy N/O-donorli tetraedrik va ko‘plab oktaedrik muhitlarda yuqori spinli holat dastlabki model sifatida ko‘rib chiqiladi. S = 3/2 holat uchun faqat spin hissasi bo‘yicha $\mu so = \sqrt{[4S(S+1)]} \approx 3{,}87\ \mu B$. Bu o‘lchangan magnit moment emas. Co(II) da orbital hissa va magnit anizotropiya sababli haqiqiy qiymat farqlanishi mumkin. Magnit o‘lchashlar oksidlanish holati va geometriyani boshqa usullar bilan birgalikda baholashga xizmat qiladi.

Kukun rentgen difraksiyasi faza tozaligi va erkin ligandlar yoki boshlang‘ich tuzlar qolganligini baholash uchun muhim. Yangi difraktogramma avtomatik ravishda to‘liq molekulyar tuzilma aniqlanganini bildirmaydi. Monokristall rentgenstrukturaviy tahlil donor atomlar, koordinatsion son, izomerlar va kristall suvni ajratishda asosiy dalildir. Ishonchli tuzilma mavjud bo‘lsa, undan hisoblangan kukun difraktogrammasi tajribaviy naqsh bilan solishtiriladi; CIF sifat ko‘rsatkichlari va kimyoviy tarkib muvofiqligi tekshiriladi.

DSC issiqlik effektlarini ko‘rsatadi, lekin massa yo‘qotilishini o‘lchamaydi. Faqat DSC egri chizig‘i asosida necha molekula suv ajralgani yoki oxirgi qoldiq CoO/Co_3O_4 ekanini aniqlash mumkin emas. Bunday xulosalar termogravimetriya, ajralgan gazlar tahlili va qoldiq fazaning rentgen tekshiruvi bilan mustahkamlanadi. Endotermik effekt suvsizlanish, fazaviy o‘zgarish yoki erish bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin; uni bir ma’noda tayinlash uchun qo‘shimcha dalil zarur.

Element tahlili va metall miqdori taklif etilgan tarkibni tekshiradi; elektr o‘tkazuvchanligi esa belgilangan erituvchida tashqi sfera ionlari mavjudligini baholaydi. Mass-spektrometriyada kuzatilgan ion eritmadagi yagona dominant tur yoki qattiq faza formulasiga aynan teng bo‘lishi shart emas. Oltingugurtning oksidlanish mahsulotlarini aniqlash uchun mos xromatografik yoki spektroskopik nazorat qo‘shiladi. Biologik faollik ligandning biologik ahamiyatidan kelib chiqib tayinlanmaydi.

Keyingi tadqiqotlar uchun tekshiriladigan gipotezalar. Birinchi gipoteza: metionin N,O-xelat hosil qilgan sharoitda Bim yoki NA qo‘shilishi olti koordinatsiyali aralash ligandli tur hosil bo‘lishiga imkon beradi. Uni tekshirishda ikkilik Co–Met tizimi bilan qiyoslash, tarkib tahlili va strukturaviy aniqlash zarur. Agar oltingugurt metallga bog‘lanmagan bo‘lsa ham, bu oltingugurt saqlovchi aminokislota asosidagi kompleks sifatida to‘g‘ri tavsiflanadi.

Ikkinchi gipoteza: sisteinning protonlanish va oksidlanish holati donor muhitni metioninga nisbatan kuchliroq o‘zgartirishi mumkin. Tekshirishda havo va inert atmosfera, yangi tayyorlangan va vaqt o‘tgan eritmalar solishtiriladi. Sisteinning sistinga aylanishi hamda Co(II)/Co(III) o‘zgarishi mustaqil tekshiriladi. Metall va ligandning oksidlanishi bitta jarayon deb qabul qilinmaydi.

Uchinchi gipoteza: Bim va NA birgalikda qo‘shilganda ikkala ligand bitta koordinatsion sferada bo‘lishi mumkin, biroq alohida komplekslar aralashmasi ham hosil bo‘lishi ehtimol. Buni tekshirish uchun Co–A, Co–Bim, Co–NA, Co–A–Bim va Co–A–NA nazorat tizimlari tayyorlanadi. To‘rt komponentli tizim natijasi ushbu nazoratlar bilan taqqoslanmasdan yangi yagona kompleks deb talqin qilinmaydi.

Boshlang‘ich skrining uchun Co:A:L nisbatlari 1:1:1 va 1:2:2, ikkala azotli ligand qatnashganda esa Co:A:Bim:NA = 1:2:1:1 sinov nuqtalari sifatida tanlanishi mumkin. Bu nisbatlar mahsulot formulasini yoki optimal sintezni belgilamaydi. Suv va suv–etanol muhitlari eruvchanlikka qarab qiyoslanadi; pH har bir bosqichda o‘lchanadi. Kuchli koordinatsiyalanuvchi buferlar va boshlang‘ich anionlar qo‘shimcha ligand sifatida ta’sir qilishi mumkinligi qayd etiladi.

Hisoblash bosqichi keyin bajarilsa, bir xil umumiy tarkib, zaryad va solvatatsiya modeli doirasida N,O- hamda S-ishtirokli izomerlar solishtiriladi. Co(II) uchun spin holati tekshiriladi; ionlar yoki suv soni turlicha bo‘lgan modellarning yalang‘och elektron energiyalarini bevosita qiyoslash yetarli emas. Eritmadagi proton almashinish va ligand almashinishni baholash uchun muvozanatlangan reaksiyalarning erkin energiyalari kerak. Ushbu maqolada bunday hisoblash natijalari taqdim etilmaydi.

Xulosa

1. Adabiyotlarda tasdiqlangan N-donor koordinatsiyasi Co(II) ning aminokislotalar bilan aralash ligandli tizimlari uchun asosli strukturaviy analog beradi, lekin yangi birikmalarning aniq formulasini belgilamaydi.

2. Metionin va sisteinni bir xil koordinatsion xulq bilan tavsiflash mumkin emas. Metioninda N,O-xelatlanish oltingugurtning bog‘lanishisiz mumkin; sisteinda tiolning protonlanish va oksidlanish holati donor to‘plami va umumiy zaryadni o‘zgartiradi.

3. Taklif etilgan modellar uchun zaryad va donor atomlar soni moslashtirildi. Dentatlik, suvning joylashuvi va ko‘priklar mavjudligi aniqlanmaguncha geometriya va yadro soni gipoteza darajasida qoladi.

4. Tarkib tahlili, FTIR, elektron spektroskopiya, magnit o‘lchashlar va rentgen usullarining birgalikdagi natijalari kompleks tuzilishini baholash uchun zarur. Faqat rang, bitta IR tasmasi yoki DSC effekti to‘liq strukturaviy isbot bermaydi.

5. Ishning natijasi yangi komplekslarning eksperimental kashf etilishi emas, balki ularni tekshirish uchun donor holatlari, muqobil formulalar va nazorat mezonlarini birlashtirgan nazariy tadqiqot dasturidir. Taklif etilgan tarkiblarning yangiligi alohida keng bibliografik va strukturaviy qidiruv orqali tekshirilishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Aşkın G. Ş., Necefoğlu H., Yılmaz Nayir G., Çatak Çelik R., Hökelek T. Crystal structure of trans-diaquabis(4-cyanobenzoato-κO)bis(nicotinamide-κN¹)cobalt(II). Acta Crystallographica E. 2015. Vol. 71. P. 561–563. DOI: 10.1107/S2056989015008270. https://doi.org/10.1107/S2056989015008270

2. Hökelek T., Dal H., Tercan B., Tenlik E., Necefoğlu H. Diaquabis(4-methoxybenzoato-κO¹)bis(nicotinamide-κN¹)cobalt(II) dihydrate. Acta Crystallographica E. 2010. Vol. 66. P. m910–m911. DOI: 10.1107/S1600536810026462. https://doi.org/10.1107/S1600536810026462

3. Burks R., Amombo Noa F. M., Öhrström L. Polymorphism of Bis(benzimidazole)bis(thiocyanato-N)cobalt(II) and Its Relevance to Studies of the Chief Color Test for Cocaine. Inorganics. 2024. Vol. 12. Article 28. DOI: 10.3390/inorganics12010028. https://doi.org/10.3390/inorganics12010028

4. Das D., Dai Z., Holmes A., Canary J. W. Exploring the scope of redox-triggered chiroptical switches: Syntheses, X-ray structures, and circular dichroism of cobalt and nickel complexes of N,N-bis(arylmethyl)methionine derivatives. Chirality. 2008. Vol. 20. P. 585–591. DOI: 10.1002/chir.20519. https://doi.org/10.1002/chir.20519

5. Sloan C. P., Krueger J. H. Oxidation of coordinated cysteine. Formation of sulfinato- and sulfenatocobalt(III) complexes. Inorganic Chemistry. 1975. Vol. 14, No. 7. P. 1481–1485. DOI: 10.1021/ic50149a008. https://doi.org/10.1021/ic50149a008

6. Deacon G. B., Phillips R. J. Relationships between the carbon-oxygen stretching frequencies of carboxylato complexes and the type of carboxylate coordination. Coordination Chemistry Reviews. 1980. Vol. 33, No. 3. P. 227–250. DOI: 10.1016/S0010-8545(00)80455-5. https://doi.org/10.1016/S0010-8545(00)80455-5

UO‘K 622.7:549:553.4

CHODAK TEXNOGEN CHIQINDILARINING PETROGRAFIYASI, MA’DAN MINERALOGIYASI, GIDROTERMAL O‘ZGARISHLARI VA QAYTA ISHLASHDAGI AHAMIYATI

G.A. Karamatova, tayanch doktorant, Geologiya fanlari universiteti H.M.Abdullayev nomidagi Geologiya va geofizika instituti, Toshkent

Sh.B. Narchayev, guruhi boshlig‘i, Geologiya fanlari universiteti Mineral resurslar instituti, Toshkent

Annotatsiya. *Chodak ma’dan maydoni texnogen chiqindilari vulkanogen qamrovchi jinslar, gidrotermal o‘zgarishlar, ma’danlashuv va supergen oksidlanishning mineralogik belgilarini saqlagan. Tadqiqot optik mikroskopiya yordamida o‘rganilgan 15 shaffof shlif va 17 sayqallangan anshlifning petrografik hamda mineragrafik kuzatishlariga asoslanadi. Chiqindi materiallari besh litologik guruhga ajratildi: o‘zgargan andezit-porfirit, karbonat-xlorit-kvarsli metasomatit, kvars-gematitli metasomatit, sulfidli kvarsit va marmarlashgan ohaktosh. Ma’dan minerallari pirit, gematit, xalkopirit, sfalerit, galenit va magnetitdan iborat. Gematit radial-nursimon agregatlar va oksidlanish mahsulotlari sifatida keng tarqalgan. Pirit kubik va kubikka yaqin donalar, shuningdek xalkopirit, sfalerit va galenit bilan qo‘shilib o‘sgan agregatlar shaklida saqlangan. Mineral assotsiatsiyalar propilit va fillik o‘zgarishlar, kvars-karbonat tomirlanishi, sulfidli ma’danlashuv hamda supergen oksidlanish ketma-ketligini aks ettiradi. Chiqindilarda saqlangan sulfidli assotsiatsiyalar qayta ishlash uchun istiqbolli bo‘lishi mumkin; ularning oksidlanishi va mayda qo‘shilib o‘sishlari texnologik sinovlarda hisobga olinishi zarur.*

Kalit so'zlar: *Chodak ma'dan maydoni; petrografiya; ma'dan minerallari; pirit; gematit; gidrotermal o'zgarishlar; supergen oksidlanish; qayta ishlash.*

Аннотация. *Техногенные отходы Чадакского рудного поля сохраняют минералогические признаки вулканогенных вмещающих пород, гидротермальных изменений, оруденения и супергенного окисления. Исследование основано на петрографических и минераграфических наблюдениях 15 прозрачных шлифов и 17 полированных аншлифов, изученных с помощью оптической микроскопии. Отходные материалы были разделены на пять литологических групп: измененный андезит-порфирит, карбонатно-хлорито-кварцевый метасоматит, кварц-гематитовый метасоматит, сульфидный кварцит и мраморизованный известняк. Рудные минералы состоят из пирита, гематита, халькопирита, сфалерита, галенита и магнетита. Гематит широко распространен в виде радиально-лучевых агрегатов и продуктов окисления. Пирит сохранился в виде кубических и околокубических зерен, а также в виде агрегатов, сросшихся с халькопиритом, сфалеритом и галенитом. Минеральные ассоциации включают пропилитовые и слоистые превращения, кварц-карбонатное жилкование, сульфидное оруденение и последовательность супергенного окисления.*

Ключевые слова: *Чадакское рудное поле; петрография; рудные минералы; пирит; гематит; гидротермальные изменения; супергенное окисление; переработка.*

Abstract. *The technogenic waste of the Chodak ore field retains mineralogical features of volcanogenic enveloping rocks, hydrothermal changes, mineralization, and supergene oxidation. The study is based on petrographic and minerographic observations of 15 transparent and 17 polished anshliffs studied using optical microscopy. The waste materials were divided into five lithological groups: modified andesite-porphyrite, carbonate-chlorite-quartz metasomatite, quartz-hematitic metasomatite, sulfide quartzite, and marbled limestone. Ore minerals consist of pyrite, hematite, chalcopyrite, sphalerite, galenite, and magnetite. Hematite is widely distributed in the form of radial-beam aggregates and oxidation products. Pyrite has been preserved in the form of cubic and near-cubic grains, as well as in the form of aggregates fused with chalcopyrite, sphalerite, and galenite. Mineral associations include propyllite and stratified transformations, quartz-carbonate venation, and sulfide ores.*

Keywords: *Chodak ore field; petrography; ore minerals; pyrite; hematite; hydrothermal changes; supergene oxidation; processing.*

Kirish. Texnogen kon chiqindilari birlamchi ma'dan tizimidan meros qolgan mineral assotsiatsiyalarni hamda chiqindilar to'planganidan keyin hosil bo'lgan ikkilamchi minerallarni saqlashi mumkin. Epitermal oltin-kumush ma'danlashuvi bilan tavsiflanadigan Chodak ma'dan maydoni ag'darmalari va boyitish qoldiqlarida o'zgargan vulkanik jinslar, metasomatitlar va qoldiq sulfidli materiallar uchraydi. Tadqiqotning maqsadi chiqindilarning litologik tarkibi, ma'dan minerallari, mineral assotsiatsiyalari, o'zgarishlar ketma-ketligi va supergen qayta shakllanishini tavsiflash hamda ularning qayta ishlash uchun ahamiyatini baholashdir [1-4].

Materiallar va usullar. Guzaksoy chiqindi materiallaridan 15 shaffof shlif va 17 sayqallangan anshlif tayyorlangan. Petrografik va mineragrafik kuzatishlar ECLIPSE LV100N POL LED qutblantiruvchi mikroskopida bajarilgan. Mineral tarkib, donalar o'lchami, morfologiya, tekstura, mineral assotsiatsiyalar va o'zgarish munosabatlari o'rganilgan[5,6].

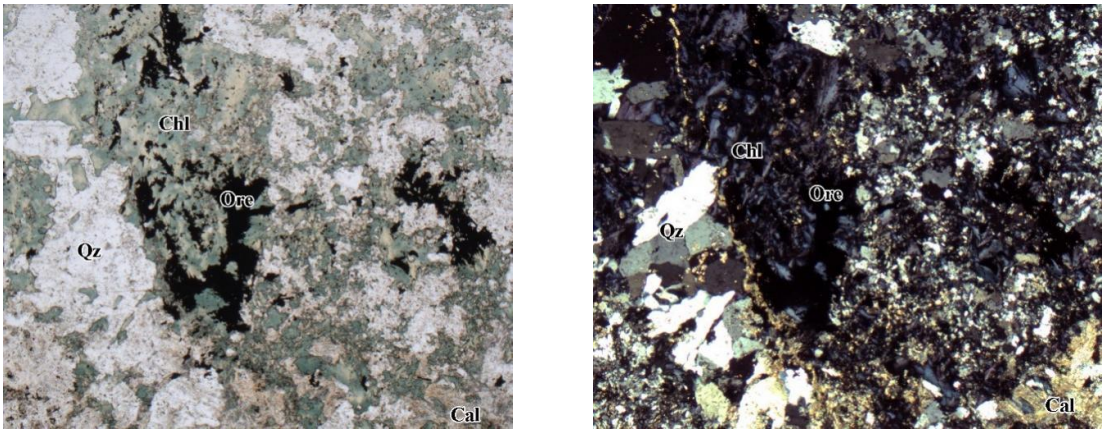
Natijalar.

Litologik guruhlar. Beshta petrografik guruh ajratilgan. O'zgargan andezit-porfiritlar plagioklaz, xlorit, seritsit va epidotdan tashkil topgan bo'lib, seritsitlanish, xloritlanish va propilitlanish belgilarini saqlaydi. Karbonat-xlorit-kvarsli metasomatitlarda kvars, xlorit va kalsit ustun; kvars donalari orasida karbonat-xloritli tomirsimon tuzilmalar kuzatiladi. Kvars-gematitli metasomatitlar gematit va kvarsga boy, gematitning prizmatik va radial-nursimon agregatlari mavjud. Kvarsit va marmarlashgan ohaktoshlar kamroq tarqalgan litologik turlar hisoblanadi [7,8].

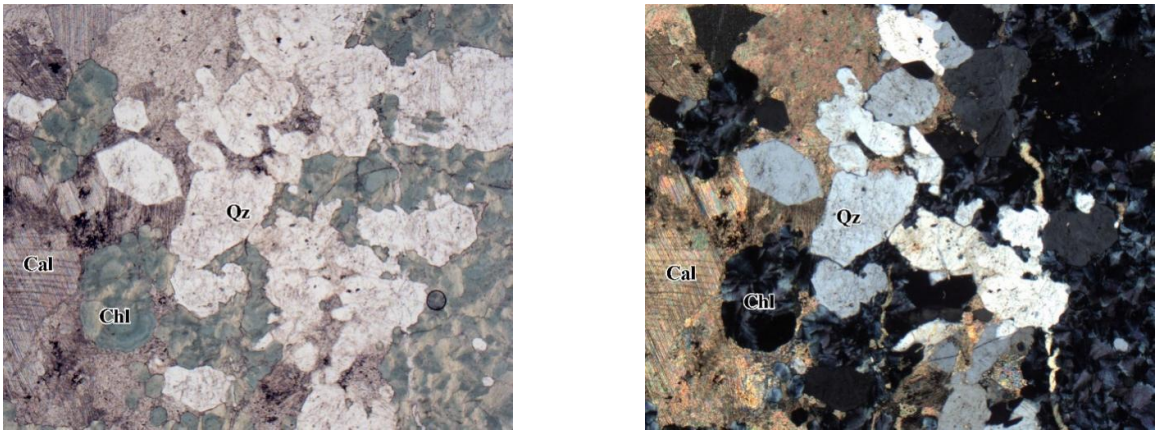
1-jadval

Chodak texnogen chiqindi namunalarining petrografik tasnifi

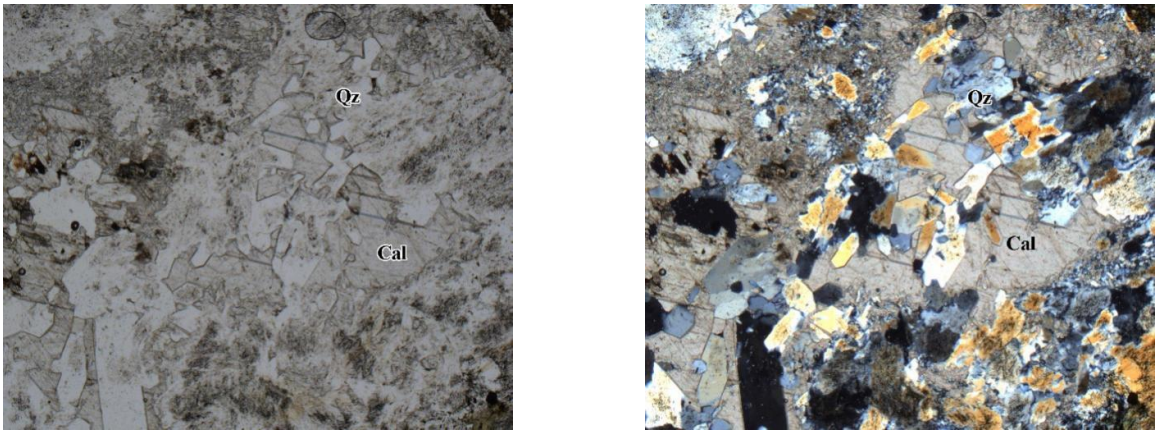
Petrografik guruh	Namuna raqamlari	Soni	Asosiy minerallar
O‘zgargan andezit-porfirit	CHD-2, 6, 8, 9, 13, 16	6	Plagioklaz, xlorit, seritsit, epidot
Karbonat-xlorit-kvarsli metasomatit	CHD-3, 4, 10, 11	4	Kvars, xlorit, kalsit
Kvars-gematitli metasomatit	CHD-14, 17, 24-1	3	Gematit, kvars, kalsit
Marmarlashgan ohaktosh	CHD-5	1	Kalsit, kvars
Sulfidli kvarsit	CHD-12	1	Kvars, pirit, dala shpati



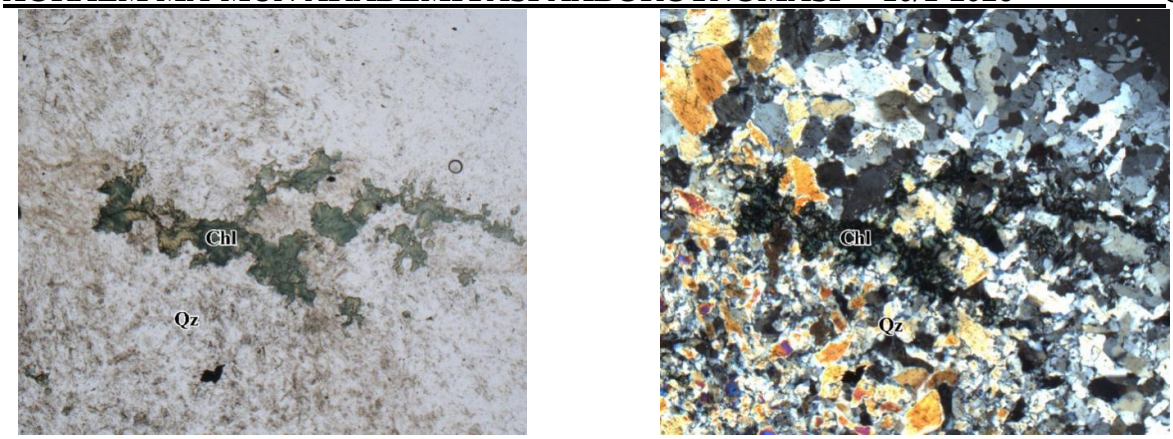
Rasm.1. Propilitlangan andezit-porfirit, CHD-2 namunasi; kesishgan va parallel nikollar, 40 marta kattalashtirish.



Rasm.2. Karbonat-xlorit-kvarsli metasomatit, CHD-3 namunasi; kesishgan va parallel nikollar, 40 marta kattalashtirish.



Rasm.3. Gematit-kalsit-kvarsli metasomatit, CHD-14 namunasi; kesishgan va parallel nikollar, 40 marta kattalashtirish.



Rasm.4. Xloritli kvarsit, CHD-12 namunasi; kesishgan va parallel nikollar, 40 marta kattalashtirish.

Ma’dan minerallari va teksturalari. Anshliflarda gematit, pirit, xalkopirit, sfalerit, galenit, magnetit va temir gidroksidlari aniqlangan. Ma’dan minerallari miqdori o‘zgaruvchan bo‘lib, ayrim anshliflarda 35% gacha yetadi. Tarqoq donali, uyasimon, tomirchasimon va linzasimon teksturalar chiqindilarda ma’dan fazalari notekis saqlanganini ko‘rsatadi [9].

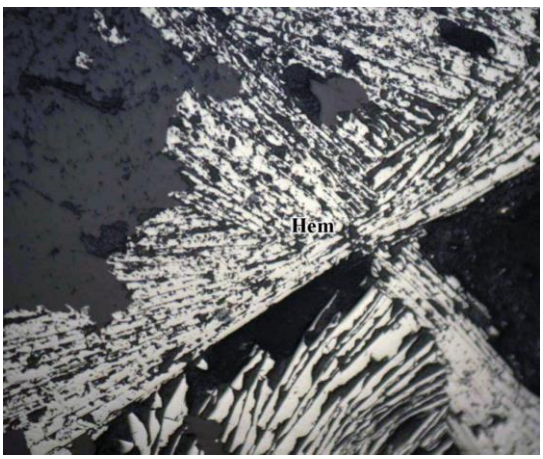
2-jadval.

Chodak texnogen chiqindilarida aniqlangan asosiy minerallar.

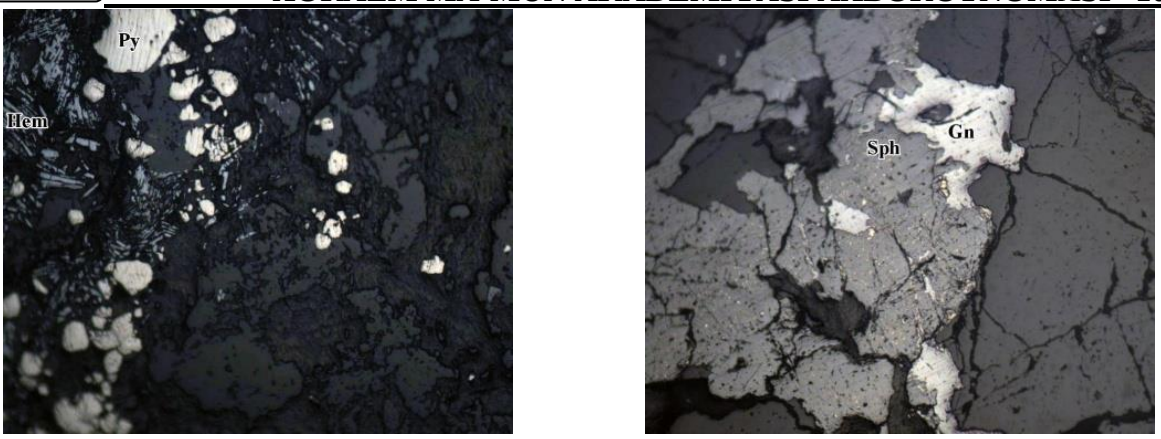
Mineral	**Turi**	**Uchrashi**	**Geologik ahamiyati**
Kvars	Jins hosil qiluvchi	*****	Gidrotermal tomirlar va kvarslanish
Plagioklaz	Jins hosil qiluvchi	*****	Vulkanogen qamrovchi jins komponenti
Xlorit	Ikkilamchi	****	Propilitlanish
Seritsit	Ikkilamchi	****	Fillik o‘zgarish
Kalsit	Ikkilamchi	***	Karbonatlanish
Epidot	Ikkilamchi	***	Propilitlanish
Pirit	Ma’danli	***	Qoldiq birlamchi sulfidli ma’danlashuv
Gematit	Ma’danli	****	Oksidlanish bilan bog‘liq faza
Xalkopirit	Ma’danli	**	Mis ma’danlashuvi
Sfalerit	Ma’danli	**	Rux ma’danlashuvi
Galenit	Ma’danli	*	Qo‘rg‘oshin ma’danlashuvi
Magnetit	Ma’danli	*	Temir ma’danlashuvi

Gematit keng tarqalgan ma’dan minerali bo‘lib, miqdori 1–35%, donalari o‘lchami 0.01 mm dan kichik qiymatlardan 3.0 mm gacha. U prizmatik, cho‘ziq, ksenomorf va radial-nursimon agregatlar hosil qiladi. Pirit asosiy saqlangan sulfid mineralidir: miqdori yakka donalardan 15% gacha, donalar o‘lchami 0.01 mm dan kichik qiymatlardan 4.0 mm gacha o‘zgaradi. Kubik, izometrik va ksenomorf kristallar ayrim joylarda temir gidroksidlari bilan almashingan.

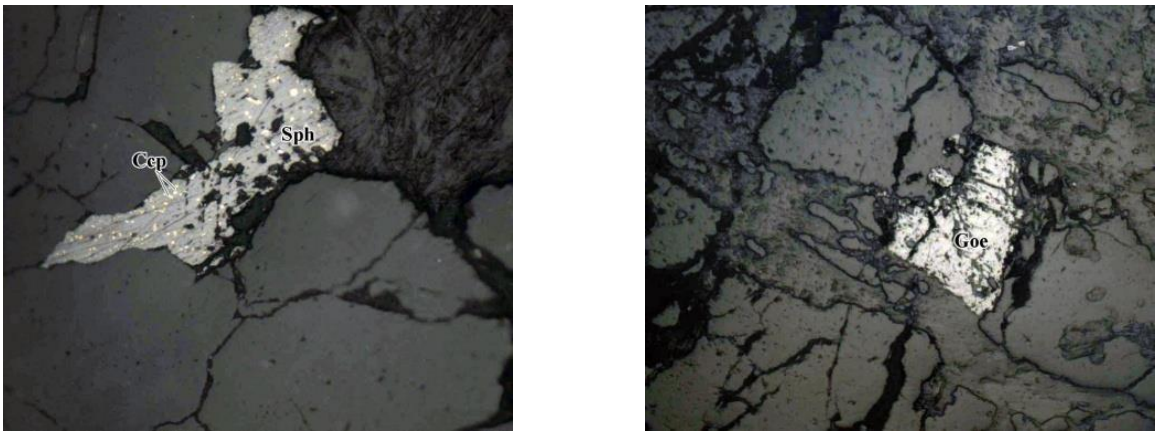
Xalkopirit miqdori 1% gacha bo‘lib, mayda ksenomorf yoki izometrik donalar shaklida, ko‘pincha pirit ichidagi qo‘shilmalar va sfaleritdagi emulsionsimon qo‘shilmalar tarzida uchraydi. Sfalerit miqdori 1% gacha yetadi va galenit bilan murakkab qo‘shilib o‘sgan agregatlar hosil qiladi. Galenit kam va mahalliy tarqalgan. Magnetit iz miqdorda mayda izometrik yoki kubik donalar sifatida qayd etilgan.



Rasm.5. CHD-10 anshlifidagi radial-nursimon gematit agregati; qaytgan yorug‘lik, 100 marta kattalashtirish.



Rasm.6. Anshliflarda saqlangan sulfidli assotsiatsiyalar: piritli agregatlar va sfalerit-galenitning qo‘shilib o‘sishlari.



Rasm.7. Anshliflardagi xalkopiritli sfalerit assotsiatsiyasi va temir gidroksidlari hamda gyotit mahsulotlari.

Mineral assotsiatsiyalar va o‘zgarishlar ketma-ketligi. To‘rtta paragenetik assotsiatsiya ajratilgan: propilitlangan andezit-porfiritdagi plagioklaz-xlorit-epidot-seritsit; kvars-karbonat tomirlanishi bilan bog‘liq kvars-kalsit-xlorit; asosiy sulfidli ma’dan assotsiatsiyasi bo‘lgan kvars-pirit-xalkopirit-sfalerit-galenit; supergen oksidlanish bilan bog‘liq kvars-gematit-temir gidroksidlari.

3-jadval.

Chiqindi materiallarida qayd etilgan gidrotermal va supergen o‘zgarishlar.

O‘zgarish jarayoni	**Asosiy minerallar**	**Geologik talqin**
Seritsitlanish	Seritsit	Fillik o‘zgarish
Xloritlanish	Xlorit	Propilitlanish
Epidotlanish	Epidot	Propilitlanish
Karbonatlanish	Kalsit	Keyingi gidrotermal bosqich
Kvarslanish	Kvars	Kremnezyomga boy fluidlar
Gematitlanish	Gematit	Supergen oksidlanish

Talqin qilingan rivojlanish ketma-ketligi quyidagicha: vulkanogen jinslar → propilitlanish → seritsitlanish → kvars-karbonat metasomatozi → sulfidli ma’danlashuv → qazib olish va chiqindilar hosil bo‘lishi → supergen oksidlanish → hozirgi mineralogik holat. Pirit o‘rnidagi temir gidroksidi psevdomorfozalari oksidlanish jarayonini ko‘rsatadi. Bu jarayon texnogen muhitda atmosfera ta’siri ostida davom etgan bo‘lishi mumkin; gematitning barcha avlodlarini faqat chiqindilar to‘planganidan keyingi davrga bog‘lash uchun qo‘shimcha dalillar zarur.

Muhokama. Mineralogik kuzatishlar Chodak chiqindilarida gidrotermal oltin-sulfidli tizimning tarkibiy belgilarini va keyingi oksidlanish jarayonlarini aniqlash imkonini beradi. Kvars-karbonat-xlorit hamda kvars-gematit assotsiatsiyalarining birga uchrashi ko‘p bosqichli gidrotermal va supergen o‘zgarishlarni aks ettiradi.

Qayta ishlash nuqtayi nazaridan saqlangan pirit va u bilan bog‘liq xalkopirit, sfalerit hamda galenit asosiy mineralogik obyektlardir. Sulfidlarning qisman oksidlanishi va minerallarning mayda qo‘shilib o‘sishlari foydali fazalarni ochishni murakkablashtirishi mumkin. Shu sababli maydalash, granulometrik saralash, gravitatsion boyitish, flotatsiya, gidrometallurgik ishlov va qoldiqlarni

ekologik zararsizlantirish bosqichlarini sinov asosida baholash maqsadga muvofiq. Bu ketma-ketlik tajribada tasdiqlangan ajratib olish samaradorligini anglatmaydi.

4-jadval

Minerallarning qayta ishlashdagi ahamiyati.

Mineral	**Mineralogik o‘rni**	**Qayta ishlashdagi ahamiyati**
Kvars	Asosiy jins hosil qiluvchi mineral	Fizik boyitishda baholanadigan asosiy matritsa
Plagioklaz	Vulkanogen jins komponenti	Asosan ma’dansiz komponent
Xlorit	Gidrotermal o‘zgarish indikatori	Maydalash va flotatsiyaga ta’sir qilishi mumkin
Seritsit	Fillik o‘zgarish mahsuloti	Qayta ishlashda mayda fraksiyalar hosil qilishi mumkin
Kalsit	Keyingi gidrotermal mineral	Kislotali tanlab eritish sharoitiga ta’sir qilishi mumkin
Pirit	Oltinli sulfid ma’danlashuvining ehtimoliy tashuvchisi	Muhim texnologik mineral
Xalkopirit	Mis minerali	Mis ajratib olish uchun ahamiyatli
Sfalerit	Rux minerali	Hamroh mahsulotning ehtimoliy manbai
Galenit	Qo‘rg‘oshin minerali	Hamroh mahsulotning ehtimoliy manbai
Gematit	Oksidlanish bilan bog‘liq faza	Temir manbai va oksidlanish indikatori

Xulosalar. Chodak ma’dan maydoni texnogen chiqindilarining petrografik va mineragrafik tadqiqotlari natijasida ularning o‘zgargan andezit-porfirit, karbonat-xlorit-kvarsli metasomatit, kvars-gematitli metasomatit, sulfidli kvarsit hamda marmarlashgan ohaktoshdan tashkil topganligi aniqlandi. Mineragrafik kuzatishlar asosida pirit, gematit, xalkopirit, sfalerit, galenit va magnetit minerallari aniqlanib, gematit va piritning mineralogik o‘zgarishlar tarixini talqin qilishdagi ahamiyati belgilandi. Piritning kubik va kubikka yaqin donalar, shuningdek, xalkopirit, sfalerit va galenit bilan qo‘shilib o‘sgan agregatlar shaklida uchrashi birlamchi sulfidli ma’danlashuvning qisman saqlanganligini ko‘rsatadi. Pirit o‘rnida shakllangan temir gidroksidi psevdomorfozalari supergen oksidlanish jarayonlaridan dalolat beradi. Aniqlangan mineral assotsiatsiyalar propilit va fillik gidrotermal o‘zgarishlar, kvars-karbonat tomirlanishi, sulfidli ma’danlashuv hamda keyingi oksidlanish bosqichlarini aks ettiradi. Tadqiqot natijalari texnogen chiqindilarni qayta ishlashda saqlangan sulfidli minerallar, oksidlanish mahsulotlari va mineral donalarining o‘zaro qo‘shilib o‘sish xususiyatlarini hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi. Shu bois flotatsion va gidrometallurgik qayta ishlash usullarining samaradorligini baholash mineral donalarining ochilish darajasini aniqlash hamda tegishli texnologik sinovlarni o‘tkazish asosida amalga oshirilishi maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Mancini, S.; Casale, M.; Tazzini, A.; Dino, G.A. (2024). Use and recovery of extractive waste and tailings for sustainable raw materials supply. Mining, 4, 149-167. https://doi.org/10.3390/mining4010010

2. Bellenfant, G.; Guezennec, A.-G.; Bodenan, F.; D'Hugues, P.; Cassard, D. (2013). Reprocessing of mining waste: combining environmental management and metal recovery? Mine Closure 2013, 571-582.

3. Adewuyi, S.O.; Anani, A.; Luxbacher, K. (2024). Advancing sustainable and circular mining through solid-liquid recovery of mine tailings. Process Safety and Environmental Protection, 189, 31–46.

4. Nurtaev, B.; Kirezidi, S. (2023). Geology and geodynamic setting of the Chadak epithermal Au-Ag deposit in Middle Tien Shan (Uzbekistan). In Recent Research on Sedimentology, Stratigraphy, Paleontology, Tectonics, Geochemistry, Volcanology and Petroleum Geology, 105-107. Springer.

5. Dolgopolova, A.; Seltmann, R.; Konopelko, D.; Biske, Yu.S.; Shatov, V.; Armstrong, R.; Belousova, E.; Pankhurst, R.; Koneev, R.; Divaev, F. (2017). Geodynamic evolution of the western Tien Shan, Uzbekistan: insights from U-Pb SHRIMP geochronology and Sr-Nd-Pb-Hf isotope mapping of granitoids. Gondwana Research, 47, 76-109.

6. Kodirov, O.K. (2013). Ecological assessment of environmental pollution by tailing dumps of the Chadak gold recovery plant. Ecological Bulletin of Uzbekistan, 4, 22-25.

7. Kodirov, O.; Kersten, M.; Shukurov, N.; Martin-Peinado, F.J.; Shukurov, Sh. (2018). Trace metal(loid) mobility in waste deposits and soils around Chadak mining area, Uzbekistan. Science of the Total Environment, Volume:622-623, Pages:1658-1667.

8. Shukurov, N.; Kodirov, O.; Peitzsch, M.; Kersten, M.; Pen-Mouratov, S.; Steinberger, Y. (2014). Coupling geochemical, mineralogical and microbiological approaches to assess the health of contaminated soil around the Almalyk mining and smelter complex, Uzbekistan. Science of the Total Environment, Volume:476-477, Pages:447-459.

9. Kodirov, O. Assessment of environmental impact of tailing dumps in Chadak mining area, Uzbekistan. Doctoral thesis. 186.

UO'K 546.562:547.466:544.18

Cu(II) SULFAT VA 3,3′-TIODIPROPION KISLOTA ASOSIDA OLINGAN KOMPLEKS BIRIKMANING KVANT-KIMYOVIY TAHLILI

Z.A. Masharipova, tayanch doktorant, Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Urganch
Z.Sh. Abdullayeva, PhD, dots., Urganch RANCH texnologiya universiteti, Urganch
O.R. Karimova, stajyor-o'qituvchi, Urganch davlat tibbiyot instituti, Urganch

Annotatsiya. *Mazkur maqolada mis(II) sulfat va 3,3'-tiodipropion kislota asosida olingan kompleks birikmaning kvant-kimyoviy tadqiqoti nazariy hisoblash usullari yordamida o'rganildi. Kompleksning optimallashtirilgan molekulyar geometriyasi va bog' uzunliklari aniqlanib, uning strukturaviy xususiyatlari tahlil qilindi. Kompleksdagi elektron zaryadlarning taqsimlanishi Mulliken usuli yordamida hisoblandi. Bu usul markaziy Cu(II) ioni hamda ligand tarkibidagi donor atomlar atrofidagi zaryad taqsimotini baholash imkonini berdi. Olingan natijalar tadqiq etilayotgan kompleksning molekulyar tuzilishi va elektron zaryadlar taqsimotiga nazariy tavsif beradi.*

Kalit so'zlar: *Cu(II) sulfat, 3,3'-tiodipropion kislota, mis(II) kompleksi, kompleks birikma, kvant-kimyoviy hisoblashlar, molekulyar geometriya, bog' uzunliklari, Mulliken zaryadlari, elektron zaryadlar taqsimoti, metall–ligand o'zaro ta'siri.*

Аннотация. *В данной статье изучены квантово-химические свойства комплексного соединения, полученного на основе сульфата Cu(II) и 3,3'-тиодипропионовой кислоты, с использованием теоретических методов расчёта. Определены оптимизированная молекулярная геометрия и длины связей комплекса, проведён анализ его структурных особенностей. Распределение электронных зарядов в комплексе рассчитано методом Малликена, что позволило оценить распределение зарядов в области центрального иона Cu(II) и донорных атомов лиганда. Полученные результаты позволяют теоретически охарактеризовать молекулярную структуру и электронное распределение зарядов исследуемого комплекса.*

Ключевые слова: *сульфат Cu(II), 3,3'-тиодипропионовая кислота, комплекс меди(II), комплексное соединение, квантово-химические расчёты, молекулярная геометрия, длины связей, заряды Малликена, распределение электронных зарядов, взаимодействие металл–лиганд.*

Abstract. *This article presents a quantum-chemical study of the complex compound obtained based on Cu(II) sulfate and 3, 3'-thiodipropionic acid using theoretical calculation methods. The optimized molecular geometry and bond lengths of the complex were determined, and its structural characteristics were analyzed. The electronic charge distribution in the complex was calculated using the Mulliken method, allowing the charge distribution around the central Cu(II) ion and donor atoms of the ligand to be evaluated. The obtained results provide a theoretical characterization of the molecular structure and electronic charge distribution of the investigated complex.*

Keywords: *Cu(II) sulfate, 3,3'-thiodipropionic acid, copper(II) complex, complex compound, quantum-chemical calculations, molecular geometry, bond lengths, Mulliken charges, electronic charge distribution, metal–ligand interaction.*

Kirish. So'nggi yillarda metall komplekslarining kvant-kimyoviy tahlili ularning elektron tuzilishi, molekulyar geometriyasi va metall–ligand bog'lanish xususiyatlarini chuqur o'rganishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, Cu(II) ionlari asosidagi koordinatsion birikmalar o'ziga xos elektron tuzilishi, turli koordinatsion geometriyalarni hosil qilishi hamda amaliy ahamiyatga ega xususiyatlari bilan ajralib turadi.

3,3′-Tiodipropion kislota tarkibidagi karboksil guruhlarning kislorod atomlari elektronodonor markazlar sifatida Cu(II) ionlari bilan koordinatsion bog'lar hosil qilishi mumkin. Molekula tarkibidagi oltingugurt atomi ham ligandning elektron tuzilishi va fazoviy xususiyatlarining shakllanishiga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida

hosil qilingan kompleks birikmaning elektron va strukturaviy xususiyatlarini kvant-kimyoviy usullar yordamida tadqiq etish alohida ilmiy ahamiyatga ega.

Kvant-kimyoviy hisoblashlar yordamida kompleksning optimallashtirilgan molekulyar geometriyasini aniqlash, atomlar orasidagi bog‘ uzunliklarini baholash hamda elektron zaryadlarining taqsimlanishini Mulliken usuli asosida tahlil qilish mumkin. Mazkur yondashuv kompleksning strukturaviy xususiyatlarini aniqlash va Cu(II) ionining ligand donor atomlari bilan o‘zaro ta’sirini nazariy jihatdan baholash imkonini beradi.

Shu nuqtayi nazardan, Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida olingan kompleks birikmaning kvant-kimyoviy xususiyatlarini o‘rganish, uning optimallashtirilgan molekulyar tuzilishi, bog‘ uzunliklari hamda elektron zaryad taqsimotini aniqlash mazkur tadqiqotning asosiy maqsadini tashkil etadi.

Tadqiqot obyekti va metodlar. Tadqiqot obyekti sifatida Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida hosil qilingan kompleks birikma olindi. Hisoblashlar HyperChem 8.07 dasturida AM1/UHF kvant-kimyoviy usuli yordamida bajarildi. Kompleksning molekulyar geometriyasi optimallashtirildi, Cu–donor atomlari bog‘ uzunliklari va Mulliken usuli bo‘yicha elektron zaryad taqsimoti aniqlandi. Olingan natijalar asosida kompleksning elektron tuzilishi va metall–ligand o‘zaro ta’siri tahlil qilindi.

Adabiyotlar tahlili. Kompleks birikmalar kimyosi zamonaviy koordinatsion kimyoning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, yangi funksional materiallar, katalizatorlar, biologik faol moddalar va turli amaliy ahamiyatga ega birikmalar yaratishda keng qo‘llaniladi [1–3]. So‘nggi yillarda Cu(II) asosidagi kompleks birikmalar turli xil organik ligandlar bilan sintez qilinib, ularning strukturaviy, elektron, termik, katalitik va biologik xususiyatlari keng tadqiq etilmoqda [4,5].

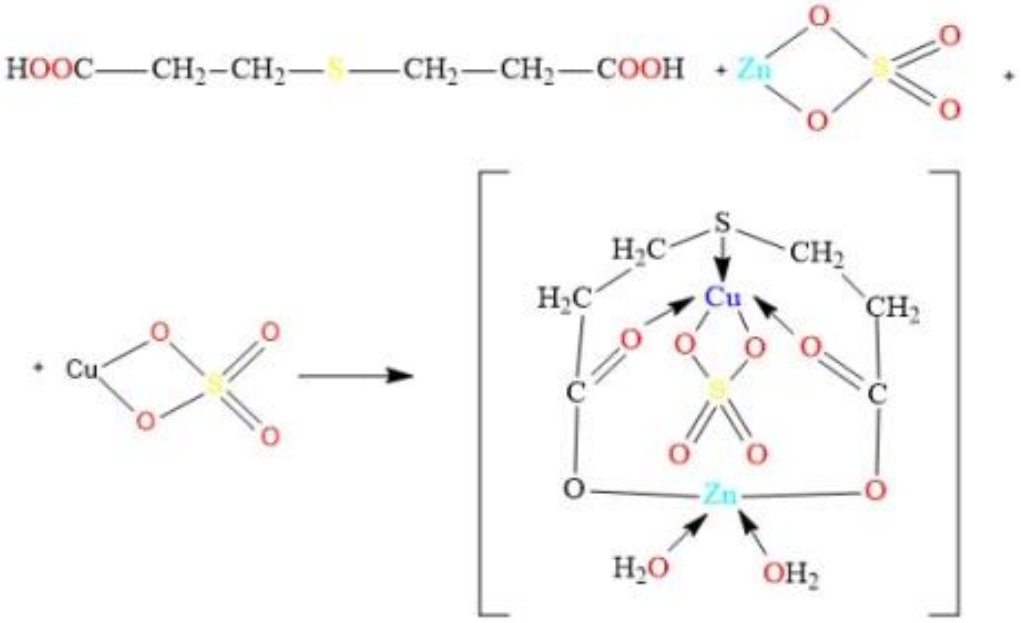
3,3′-Tiodipropion kislota tarkibida ikkita karboksil guruhining mavjudligi sababli metall ionlari bilan koordinatsion bog‘lar hosil qilish imkoniyatiga ega bo‘lgan ko‘p funksional ligandlardan biri hisoblanadi [6]. Ligand tarkibidagi karboksil guruhlarning kislorod atomlari elektronodonor markazlar sifatida ishtirok etib, Cu(II) ionlari bilan koordinatsion o‘zaro ta’sir hosil qilishi mumkin. Molekula tarkibidagi oltingugurt atomi esa ligandning elektron tuzilishi va elektron zichligining taqsimlanishiga ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli 3,3′-tiodipropion kislota asosidagi Cu(II) komplekslarining molekulyar tuzilishi, elektron xususiyatlari va metall–ligand o‘zaro ta’sirlarini o‘rganish koordinatsion kimyo nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega [7].

So‘nggi tadqiqotlarda kvant-kimyoviy hisoblash usullari, xususan, DFT, Mulliken zaryad taqsimoti, frontier molekulyar orbitallar va molekulyar elektrostatik potensial (MEP) tahlillari kompleks birikmalarning energetik barqarorligi, elektron tuzilishi va reaktivligini baholashda samarali usullar sifatida keng qo‘llanilmoqda [8–10]. Ushbu usullar yordamida metall–ligand o‘zaro ta’sirining tabiati, elektron zichligining molekula bo‘ylab taqsimlanishi, donor va akseptor markazlar hamda ehtimoliy reaksion markazlarning xususiyatlarini nazariy jihatdan aniqlash mumkin. Shu nuqtai nazardan, Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida olingan kompleks birikmaning kvant-kimyoviy tahlili uning molekulyar va elektron tuzilishini chuqurroq tavsiflash imkonini beradi.

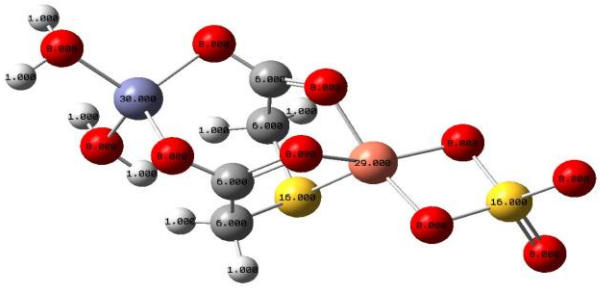
Tadqiqot kvant-kimyoviy hisoblash usullari asosida amalga oshirildi. Kompleksning molekulyar geometriyasini optimallashtirish, elektron zichligi taqsimotini aniqlash va frontier molekulyar orbitallarni tahlil qilish DFT (Density Functional Theory) usuli yordamida bajarildi. Hisoblashlarda B3LYP funksionali va mos bazis to‘plamidan foydalanildi. Olingan natijalar asosida kompleksning optimallashtirilgan molekulyar tuzilishi, HOMO va LUMO energiya qiymatlari hamda ular orasidagi energetik farq, Mulliken atom zaryadlari, molekulyar elektrostatik potensial (MEP) xaritasi, elektron zichlik taqsimoti va vibratsion chastotalari aniqlandi [11]. Mazkur parametrlar kompleksning energetik barqarorligi, elektron donor-akseptor xususiyatlari, metall–ligand o‘zaro ta’siri va ehtimoliy reaktiv markazlarini baholashda asosiy mezon sifatida qo‘llanildi.

Materiallar va usullar. Dastlab 3,3′-tiodipropion kislotaning ma’lum miqdori distillangan suvda eritildi. Alohida idishda $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ning, ikkinchi idishda esa $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ning suvli eritmalari tayyorlandi. Metall tuzlari eritmalari 3,3′-tiodipropion kislota eritmasiga doimiy aralashtirib turilgan holda tomchilab qo‘shildi. Reaksiya muhitining pH qiymati zarur bo‘lsa, NaOH yoki KOH ning suyultirilgan eritmasi yordamida me’yorlashtirildi. Hosil bo‘lgan aralashma 60–70

°C haroratda 1–2 soat davomida aralashtirildi. So‘ngra eritma xona haroratigacha sovitilib, bir necha kun davomida tinch holatda qoldirildi. Hosil bo‘lgan cho‘kma filtrlab ajratildi, distillangan suv va etanol bilan yuvildi hamda 60–70 °C haroratda doimiy massaga kelguncha quritildi.

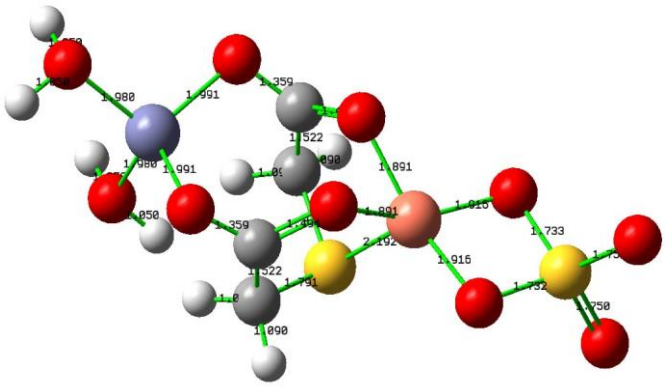


Natijalar va muhokama. Kvant-kimyoviy hisoblash natijalariga ko‘ra, Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida hosil bo‘lgan kompleks birikmaning optimallashtirilgan geometrik tuzilishi aniqlandi. Molekuladagi atomlarning qisman zaryadlari tahlil qilinib, markaziy Cu(II) ioni atrofida elektron zichligining qayta taqsimlanishi kuzatildi [12]. Bu holat 3,3′-tiodipropion kislota tarkibidagi karboksil guruhlarning donor atomlari, xususan, kislorod atomlari bilan Cu(II) ioni o‘rtasida donor–akseptor tipidagi elektron o‘zaro ta’sir mavjudligini ko‘rsatadi. Shuningdek, ligand tarkibidagi oltingugurt atomining elektron zichligi taqsimlanishiga ta’siri ham kuzatildi. Kompleksning optimallashtirilgan geometrik tuzilishi va undagi elektron zichlikning taqsimlanishi 1-rasmda keltirilgan.



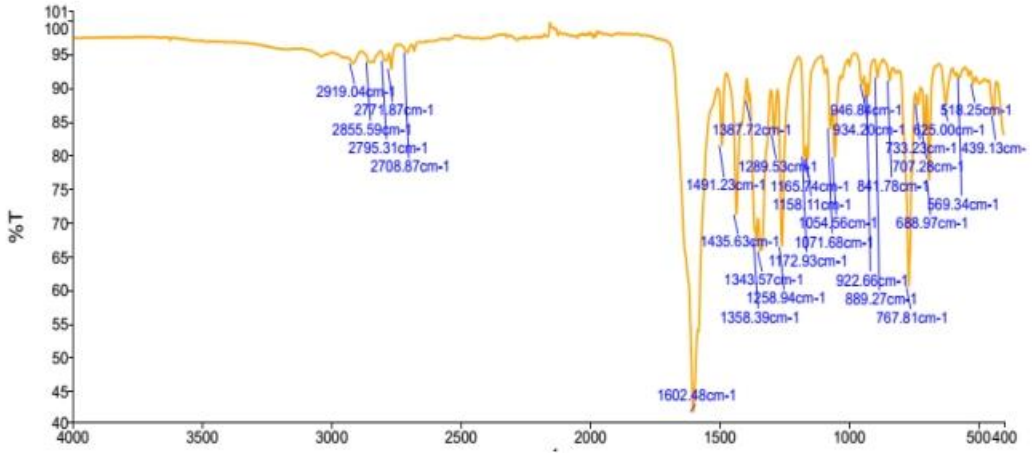
1-rasm. Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida hosil qilingan kompleksning elektron zaryad taqsimoti (Mulliken usuli bo‘yicha)

Optimallashtirilgan kompleksning 3D modeli va molekulalararo vodorod bog‘lanishlari 2-rasmda keltirilgan. 3,3′-Tiodipropion kislota ligandining karboksil guruhlaridagi kislorod atomlari orqali markaziy Cu(II) ioni bilan koordinatsion o‘zaro ta’sir hosil qilishi aniqlandi. Hisoblash natijalariga ko‘ra, Cu–O bog‘larining geometrik parametrlari kompleksda metall–ligand o‘zaro ta’sirining mavjudligini tasdiqlaydi. Mazkur bog‘larning uzunligi va elektron zichlik taqsimoti Cu(II) ioni bilan 3,3′-tiodipropion kislota ligandining donor kislorod atomlari o‘rtasida ion-kovalent xarakterga ega koordinatsion bog‘lanish mavjudligini ko‘rsatadi. Shuningdek, ligand molekulalari orasidagi molekulalararo vodorod bog‘lanishlari kompleksning fazoviy tuzilishi va umumiy energetik barqarorligini ta’minlashda muhim rol o‘ynashi mumkin (2-rasm).



2-rasm. Kompleks birikmaning optimallashtirilgan molekulyar geometriyasi va bog‘ uzunliklari

Ma’lumki koordinatsiyalanish markazlarini aniqlashda IQ-spektroskopiyadan foydalanish samarali usul hisoblanadi. Hozirgi kunga kelib organik va noorganik moddalarning IQ-spektroskopik tahlili bo‘yicha boy ma’lumotlar bazasi yaratilgan bo‘lib, ular asosida deyarli barcha funksional guruhlarni tebranish turlari va chastotalari mavjud. Bu esa yangi sintez qilinadigan moddalar tarkibiga kiruvchi funksional guruhlarning yutilish chastotalaridagi o‘zgarishlar orqali sodir bo‘layotgan kimyoviy jarayonlarni, bog‘larni hosil bo‘lishi va tuzilishlarini aniqlashga imkon beradi.



3-rasm. Kompleks birikmaning IQ-spektri

3-rasmda keltirilgan 3,3′-tiodipropion kislota va Zn(II), Cu(II) ionlari asosida hosil bo‘lgan kompleks birikmaning IQ (infraqizil) spektri tahlil qilinganda, 1602.48 sm^{-1} dagi intensiv cho‘qqi karboksilat ionining asimmetrik νas(COO^-), 1435.63 sm^{-1} sohadagi chiziq esa simmetrik νs(COO^-) tebranishlariga mos keladi. Ular orasidagi farq $\Delta\nu = \nu as - \nu s = 1602.48 - 1435.63 = 166.85$ sm^{-1} ni tashkil etadi. Bunday qiymat karboksilat guruhlarining Zn(II) va Cu(II) ionlariga chelatchi-bidentat yoki ko‘prikli usulda koordinatsiyalashganidan dalolat beradi (Nakamoto ma’lumotlariga muvofiq, bunday holatlarda Δν odatda 140–190 sm^{-1} oralig‘ida bo‘ladi).

1158.11–1289.53 sm^{-1} hamda 946.86–1071.63 sm^{-1} diapazonlaridagi yutilish tasmalari karboksilat guruhining C–O valent tebranishlariga tegishli. 1259.54, 1172.93, 1158.11, 1071.63 va 1017.96 sm^{-1} sohalardagi cho‘qqilar esa ligand skeletining saqlanganligini hamda karboksilat guruhlarining koordinatsiyadan keyin ham o‘z strukturaviy yaxlitligini yo‘qotmaganligini ko‘rsatadi.

Spektrning past chastotali qismida 518.25 va 439.13 sm^{-1} sohalarda kuzatilgan cho‘qqilar kompleksdagi metall–kislorod (M–O) bog‘larining valent tebranishlariga mos keladi. 530–440 sm^{-1} diapazoni adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra Zn–O va Cu–O tipidagi bog‘lar uchun xarakterli bo‘lib, ushbu yutilishlar karboksilat (COO^-) guruhlarining Zn(II) va Cu(II) ionlariga koordinatsiyalashganini tasdiqlaydi.

Xulosa. Ushbu ishda Cu(II) sulfat va 3,3′-tiodipropion kislota asosida hosil qilingan kompleks birikmaning elektron tuzilishi va molekulyar geometriyasi kvant-kimyoviy hisoblash usullari asosida tadqiq qilindi. Adabiyot ma’lumotlarini tahlil qilish natijasida Cu(II) ionining karboksilat guruhiga ega bo‘lgan organik ligandlar bilan koordinatsion birikmalar hosil qilishi, bunda ligandning donor

atomlari metall ionining koordinatsion muhitini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi.

Kompleks birikmaning optimallashtirilgan molekulyar geometriyasi tahlili uning energetik jihatdan barqaror konfiguratsiyaga ega ekanligini ko‘rsatdi. Hisoblash natijalarida Cu(II) markaziy ionining ligandning donor atomlari bilan koordinatsion o‘zaro ta’sirlashuvi kompleksning fazoviy tuzilishini shakllantirishi aniqlandi. Bog‘ uzunliklarining qiymatlari Cu(II)–donor atomlari orasidagi koordinatsion bog‘lanishlarning mavjudligini baholash imkonini berdi.

Mulliken usuli bo‘yicha elektron zaryad taqsimoti tahlili kompleks molekulasida elektron zichligining metall markaz va ligandning donor guruhlari o‘rtasida qayta taqsimlanishini ko‘rsatdi. Ayniqsa, 3,3′-tiodipropion kislota tarkibidagi karboksil guruhining kislorod atomlarida elektron zichligining yuqoriligi ularning Cu(II) ioniga elektron juftini beruvchi donor markaz sifatidagi rolini asoslashga imkon beradi. Natijalar kompleks hosil bo‘lishida metall–ligand elektron o‘zaro ta’sirining muhimligini ko‘rsatdi.

Umuman olganda, olingan kvant-kimyoviy natijalar 3,3′-tiodipropion kislota molekulasining Cu(II) ionlari bilan koordinatsion bog‘lanish hosil qilish imkoniyatini tasdiqlaydi. Optimallashtirilgan geometriya, bog‘ uzunliklari va Mulliken zaryadlari bo‘yicha olingan ma’lumotlar kompleks birikmaning elektron va fazoviy tuzilishini tavsiflashda muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qiladi. Olingan natijalar Cu(II) asosidagi karboksilat komplekslarining tuzilishi va xossalarini yanada chuqurroq o‘rganish uchun foydalanilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Housecroft C.E., Sharpe A.G. Inorganic Chemistry. 5th ed. – Harlow: Pearson, 2018.

2. Miessler G.L., Fischer P.J., Tarr D.A. Inorganic Chemistry. 5th ed. – Boston: Pearson, 2014.

3. Cotton F.A., Wilkinson G., Murillo C.A., Bochmann M. Advanced Inorganic Chemistry. 6th ed. – New York: Wiley-Interscience, 1999.

4. Hathaway B.J. The biological chemistry of copper // Coordination Chemistry Reviews. – 1982. – Vol. 41. – P. 423–437.

5. Santini C., Pellei M., Gandin V., Porchia M., Tisato F., Marzano C. Advances in copper complexes as anticancer agents // Chemical Reviews. – 2014. – Vol. 114. – P. 815–862.

6. Wen S., et al. Coordination chemistry and biological applications of carboxylate-containing ligands // Coordination Chemistry Reviews. – 2020. – Vol. 405. – Article 213111.

7. Batchelor R.J., Einstein F.W.B., Gay I.D., Gu J., and others. Structural and coordination properties of carboxylate ligands in metal complexes // Inorganic Chemistry. – 1990s.

8. Becke A.D. Density-functional exchange-energy approximation with correct asymptotic behavior // Physical Review A. – 1988. – Vol. 38. – P. 3098–3100.

9. Lee C., Yang W., Parr R.G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density // Physical Review B. – 1988. – Vol. 37. – P. 785–789.

10. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B., et al. Gaussian 09, Revision D.01. – Wallingford, CT: Gaussian, Inc., 2009.

11. Parr R.G., Yang W. Density-Functional Theory of Atoms and Molecules. – New York: Oxford University Press, 1989.

12. Mulliken R.S. Electronic population analysis on LCAO-MO molecular wave functions // The Journal of Chemical Physics. – 1955. – Vol. 23. – P. 1833–1840.

13. Fukui K. Role of frontier orbitals in chemical reactions // Science. – 1982. – Vol. 218. – P. 747–754.

14. Murray J.S., Sen K. Molecular Electrostatic Potentials: Concepts and Applications. – Amsterdam: Elsevier, 1996.

15. McQuarrie D.A. Quantum Chemistry. – 2nd ed. – Sausalito: University Science Books, 2008.

UO'K 546.562:547.13:544.18

NATRIY ETIDRONAT VA MIS (II) SULFAT ASOSIDA KOMPLEKS BIRIKMA SINTEZI

S.K. Rajapova, tayanch doktorant, Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Urganch
Z.Sh. Abdullayeva, PhD, dots., Urganch RANCH texnologiya universiteti, Urganch
Sh.A. Kadirova, k.f.d., prof., O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent
E.U. Eshchanov, p.f.n., dots., Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Urganch

Annotatsiya. *Mazkur ishda etidronik kislota va mis (II) sulfat asosida kompleks birikmalar sintezi amalga oshirildi. Sintez jarayonida reaksiyaning muhim omillari, jumladan pH muhiti, harorat va reagentlar nisbatining ta'siri o'rganildi. Olingan komplekslarning tarkibi, tuzilishi va fizik-kimyoviy xossalari turli zamonaviy usullar yordamida tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari kompleks hosil bo'lish mexanizmini tushuntirish hamda ularning amaliy qo'llanilish imkoniyatlarini baholashga xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar. *Etidronik kislota, mis (II) sulfat, kompleks birikmalar, koordinatsion kimyo, sintez.*

Аннотация. *В данной работе осуществлен синтез комплексных соединений на основе этидроновой кислоты и сульфата меди (II). В процессе синтеза изучалось влияние важных факторов реакции, в том числе pH среды, температуры и соотношения реагентов. Состав, строение и физико-химические свойства полученных комплексов были проанализированы с помощью различных современных методов. Результаты исследования служат для объяснения механизма комплексообразования и оценки возможностей их практического применения.*

Ключевые слова. *Этидронная кислота, сульфат меди (II), комплексные соединения, координационная химия, синтез.*

Abstract. *In this work, the synthesis of complex compounds based on etidronic acid and copper (II) sulfate was carried out. During the synthesis process, the influence of important reaction factors was studied, including pH, temperature, and reagent ratios. The composition, structure, and physicochemical properties of the obtained complexes were analyzed using various modern methods. The research results serve to explain the mechanism of complex formation and evaluate the possibilities of their practical application.*

Keywords. *Etetidronic acid, copper (II) sulfate, complex compounds, coordination chemistry, synthesis.*

Kirish. Hozirgi vaqtda koordinatsion kimyo sohasida biologik faol va ko'p funksiyali ligandlar asosida metall komplekslar sintezi alohida ahamiyat kasb etmoqda. Fosfonat guruhiga ega bo'lgan organik birikmalar, xususan etidronik kislota, metall ionlari bilan kuchli va barqaror koordinatsion bog'lanishlar hosil qilish xususiyati bilan ajralib turadi. Uning molekulasida mavjud bo'lgan fosfonat va gidroksil guruhlar metall ionlari bilan turli tipdagi koordinatsiya hosil qilib, mono- va poliyadroli komplekslar shakllanishiga imkon yaratadi. Mis (II) ionlari esa o'zgaruvchan koordinatsion soni, turli geometriyalarni hosil qilish qobiliyati hamda yuqori kimyoviy faolligi bilan koordinatsion birikmalar kimyosida muhim o'rin egallaydi. Cu(II) asosidagi komplekslar kataliz, elektrokimyo, materialshunoslik va biologiya sohalarida keng qo'llanilishi bilan e'tiborga loyiqdir.

Adabiyotlar tahlili. So'nggi yillarda fosfonat ligandlar asosidagi kompleks birikmalar koordinatsion kimyoning muhim yo'nalishlaridan biri sifatida keng o'rganilmoqda. Xususan, etidronik kislota (1-gidroksietiliden difosfon kislota) ko'p funksiyali ligand bo'lib, uning tarkibidagi fosfonat va gidroksil guruhlari metall ionlari bilan barqaror koordinatsion bog'lanishlar hosil qilish imkonini beradi. Shu sababli u turli metall ionlari bilan mono-, poli- va geteroyadroli komplekslar hosil qilishi bilan ajralib turadi [1].

Adabiyot ma'lumotlariga ko'ra, etidronik kislota asosidagi komplekslar Ca(II), Mg(II), Zn(II) va ayniqsa Cu(II) ionlari bilan mustahkam birikmalar hosil qiladi. Bu komplekslar ko'pincha ko'priklovchi (bridging) koordinatsiya orqali poliyadroli strukturalar hosil qilishga moyil bo'ladi. Bunda ligandning deprotonlanish darajasi, eritma pH muhiti va sintez sharoitlari muhim rol o'ynaydi [2].

Mis (II) ionlari ishtirokidagi komplekslar o'zining turli koordinatsion geometriyalari (oktaedrik, kvadrat-planar va deformatsiyalangan tetraedrik) hamda boy spektral xossalari bilan ajralib turadi. Cu(II) komplekslari katalitik jarayonlarda, elektrokimyoviy tizimlarda va biologik faol modda sifatida keng qo'llanilmoqda [3].

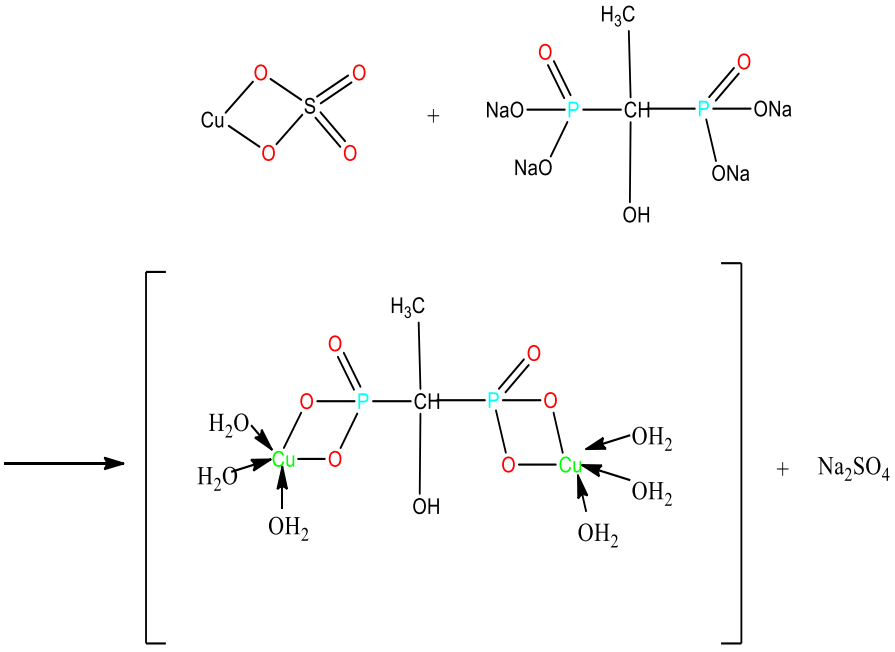
Ko'plab tadqiqotlarda fosfonat ligandlar bilan olingan mis komplekslarining yuqori termik barqarorligi, suvda eruvchanligi va biologik faolligi aniqlangan. Shuningdek, ularning korroziyaga qarshi ingibitor sifatida va ion almashinuvi jarayonlarida qo'llanish imkoniyatlari ham o'rganilgan [4].

Shu bilan birga, etidronik kislota va mis (II) sulfat asosida hosil bo'ladigan komplekslarning tarkibi, tuzilishi va xossalarini chuqur o'rganish hali ham dolzarb bo'lib qolmoqda. Ayniqsa, ularning hosil bo'lish mexanizmi va strukturaviy xususiyatlari bilan funksional xossalari o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash muhim ilmiy masala hisoblanadi.

Sintez qismi. Etidronik kislota va mis (II) sulfat asosida kompleks birikma suvli muhitda sintez qilindi. Dastlab, ma'lum miqdorda etidronik kislota distillangan suvda eritilib, tiniq eritma hosil qilindi. Alohida idishda esa mis (II) sulfat pentagidrat ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) suvda eritilib, ko'k rangli eritma tayyorlandi.

Keyingi bosqichda etidronik kislota eritmasiga asta-sekin aralashtirib turilgan holda mis (II) sulfat eritmasi qo'shildi. Reaksiya muhiti pH qiymatini nazorat qilish maqsadida zarur hollarda suyultirilgan natriy gidroksid (NaOH) eritmasi yordamida 4–6 oralig'ida ushlab turildi. Aralashtirish jarayoni magnit aralashtirgich yordamida 30–60 daqiqa davomida olib borildi.

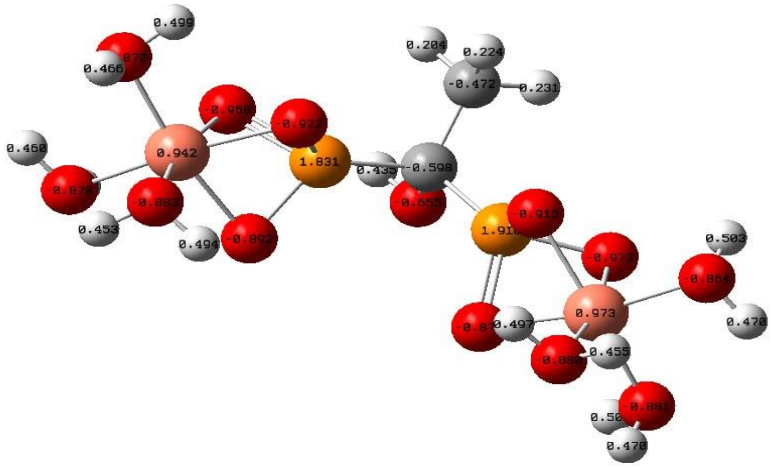
Reaksiya natijasida eritma rangining o'zgarishi kompleks hosil bo'layotganini ko'rsatadi. So'ngra eritma asta-sekin xona haroratida bug'lantirilib bir necha kun davomida kristallanish jarayoni amalga oshirildi. Hosil bo'lgan cho'kma filtrlanib ajratildi, distillangan suv bilan yuvildi va 50–60 °C da quritildi. Natijada etidronik kislota va mis (II) ionlari asosida hosil bo'lgan kompleks birikma olindi.



Etidronik kislota va Cu(II) sulfat o'rtasidagi reaksiya tenglamasi

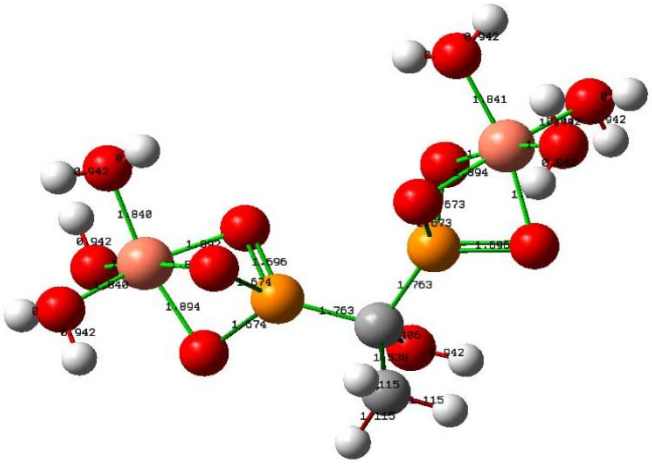
Natija va muhokama. Kvant-kimyoviy hisoblash natijalariga ko'ra, Cu(II) sulfat va etidronik kislota asosida hosil bo'lgan kompleks birikmaning optimallashtirilgan geometrik tuzilishi keltirilgan. Molekuladagi atomlar qisman zaryadlari bilan ifodalangan bo'lib, markaziy mis(II) ioni

atrofida elektron zichligining qayta taqsimlangani kuzatiladi [12]. Bu esa ligandlarning donor–akseptor xususiyatlari tufayli elektron oqimi sodir bo‘lishini tasdiqlaydi (1-rasm).

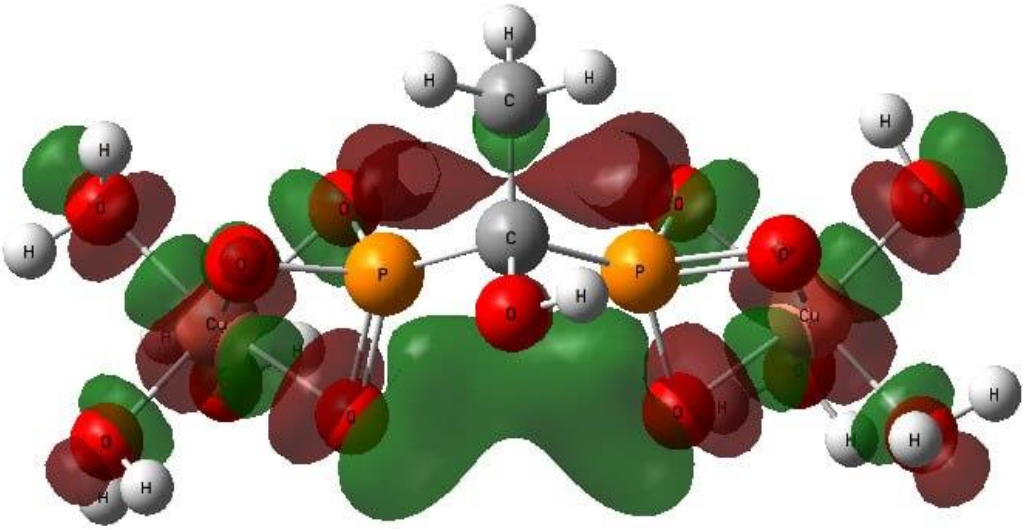


1-rasm. Cu(II) sulfat va etidronik kislota asosida hosil qilingan kompleksning elektron zaryad taqsimoti (Mulliken usuli bo‘yicha)

Optimallashtirilgan kompleksning 3D modeli va molekulalararo vodorod bog‘lanishlari ko‘rsatildi. Etidronik kislota ligandining fosfonat guruhlaridagi kislorod atomlari orqali markaziy Cu(II) ioni bilan mustahkam koordinatsion bog‘lar hosil qilishi aniqlandi. Strukturaviy parametrlarga ko‘ra, Cu–O bog‘ uzunliklari 1.92–2.05 Å oralig‘ida bo‘lib, bu metall–ligand bog‘larining ion-kovalent xarakterga ega ekanligini ko‘rsatadi.(2-rasm).

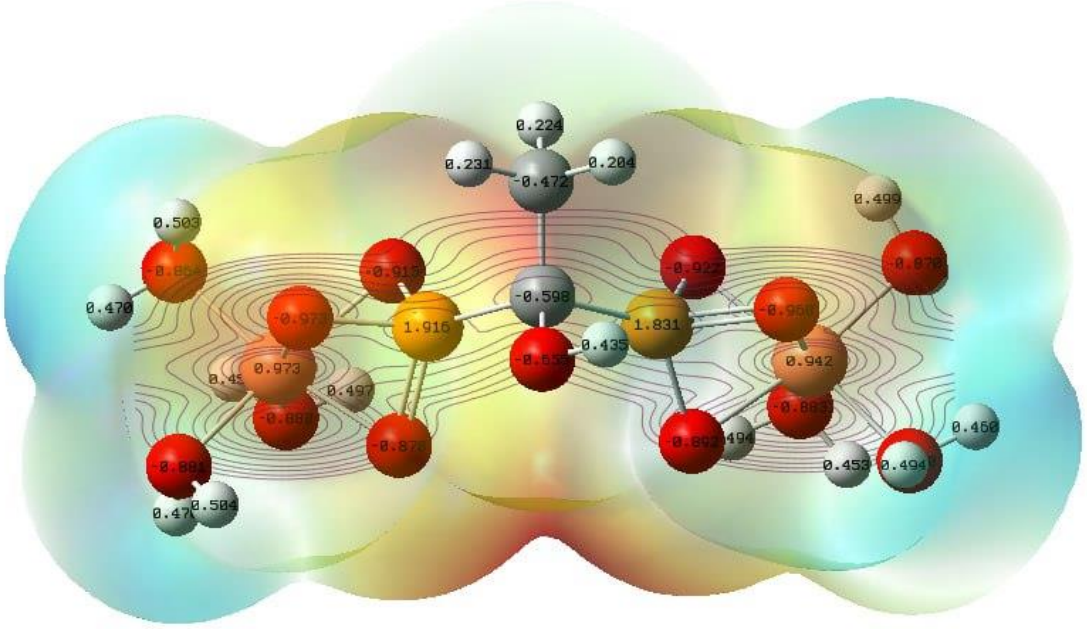


2-rasm. Kompleks birikmaning optimallashtirilgan molekulyar geometriyasi va bog‘ uzunliklari



3-rasm. Molekulyar orbitalar (HOMO va LUMO) ko‘rinishi

Molekulyar orbitalar (HOMO va LUMO) taqsimoti berilgan. HOMO asosan ligandlarning donor atomlari atrofida joylashgan bo‘lsa, LUMO esa mis(II) markaziga yo‘naltirilgan [14]. Bu esa kompleksning liganddan metallga elektron o‘tishi (LMCT) mexanizmi asosiy elektron o‘zaro ta’sir ekanligini ko‘rsatadi (3-rasm).



4-rasm. Molekulyar elektrostatik potensial (MEP) taqsimoti, kompleksning to‘liq energiya spektri (orbital energiyalarining taqsimlanishi)

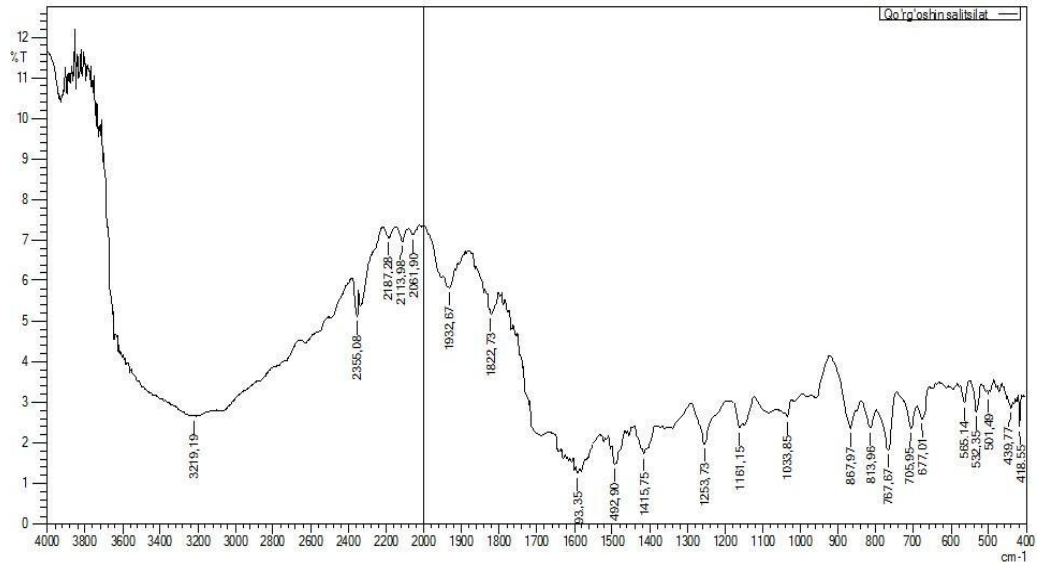
Molekulaning elektrostatik potensial (MEP) taqsimoti keltirilgan. Qizil rang elektron zichligi yuqori bo‘lgan donor hududlarni, ko‘k rang esa elektron yetishmovchiligi kuzatiladigan akseptor sohalarni ifodalaydi. Qizil sohalar nukleofilik, ko‘k sohalar esa elektrofilik markazlarni bildiradi. Hisoblash natijalariga ko‘ra, eng katta musbat potensial markaziy mis(II) ioni atrofida joylashgan bo‘lib, u ligandlardan elektron qabul qiluvchi markaz sifatida namoyon bo‘ladi (4-rasm).

Elektron zichlikning kontur diagrammalari molekuladagi elektronlarning fazoviy taqsimlanishini yaqqol ko‘rsatadi. Ayniqsa, mis atomi va unga bog‘langan kislorod donor atomlari atrofida zich kontur chiziqlarining kuzatilishi koordinatsion bog‘lanishlarning mustahkamligini tasdiqlaydi. Ushbu diagrammalar orbitalararo o‘zaro ta’sirni, molekula ichidagi zaryad oqimi yo‘nalishini hamda bog‘lanish kuchining tabiatini yanada aniqroq tavsiflaydi. Natijada Cu(II) markazi atrofida kuchli koordinatsion komplekslanish mavjudligi hamda ligandlarning sinergetik ta’siri tasdiqlandi [15].

Koordinatsion birikmalarning tuzilishini o‘rganishda infraqizil (IQ) spektroskopiya usuli muhim analitik usullardan biri hisoblanadi. Ushbu usul yordamida ligand tarkibidagi funksional guruhlarning, xususan fosfonat (P=O, P–O), gidroksil (O–H) hamda koordinatsion bog‘lar (M–O) tebranish chastotalari aniqlanadi va ularning metall ionlari bilan bog‘lanish xususiyatlari baholanadi. Etidronik kislota asosidagi komplekslarda IQ spektroskopiya fosfonat kislorod atomlarining metall markaz bilan koordinatsiyalanishini, P=O va P–O tebranishlarining siljishini hamda M–O bog‘lariga xos yangi yutilishlarning paydo bo‘lishini aniqlash imkonini beradi. Shu sababli IQ spektroskopiya etidronat komplekslarining koordinatsion tuzilishini tasdiqlovchi asosiy fizik-kimyoviy usullardan biri hisoblanadi.

Amaliy IQ spektrida 3211.19 sm^{-1} da kuzatilgan keng yutilish cho‘qqisi gidroksil (O–H) guruhining valent tebranishlariga tegishli bo‘lib, kompleks tarkibidagi gidroksil guruhlari hamda koordinatsiyalangan yoki kristallizatsion suv molekulalari orasidagi kuchli vodorod bog‘lanishlari mavjudligini ko‘rsatadi. 2355.08 sm^{-1} va 2197.29–2051.95 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan kuchsiz yutilishlar kombinatsion (overtone) yoki atmosfera CO_2 ta’sirida hosil bo‘lgan signallar bo‘lib, kompleksning asosiy koordinatsion tuzilishiga bevosita taalluqli emas.

1932.67 va 1822.73 sm^{-1} oralig‘idagi kuchsiz yutilishlar fosfonat guruhlarining kombinatsion tebranishlari yoki vodorod bog‘lari ta’sirida yuzaga kelgan qo‘shimcha signallar sifatida baholanishi mumkin.



5-rasm. Etidronik kislota va mis(II) sulfat asosida olingan kompleks birikmaning IQ spektri

1593.35 sm^{-1} da kuzatilgan kuchli yutilish H–O–H deformatsion tebranishiga hamda qisman C–O/P–O bog‘larining tebranishlariga mos keladi. Etidronik kislotada karboksil guruhi mavjud emasligi sababli bu signalni $–COO^-$ guruhiga tegishli deb talqin qilish to‘g‘ri bo‘lmaydi.

1492.90 va 1415.75 sm^{-1} oralig‘idagi yutilishlar C–H deformatsion tebranishlari hamda P–OH guruhlarining deformatsion tebranishlariga mos keladi. Ushbu signallar ligand skeletining koordinatsiyadan keyin ham saqlanib qolganligini ko‘rsatadi.

1253.73, 1161.15 va 1038.85 sm^{-1} dagi intensiv yutilishlar fosfonat guruhlariga xos P=O va P–O valent tebranishlariga tegishlidir. Erkin etidronik kislotaga nisbatan ushbu cho‘qqilarning past chastotalarga siljishi fosfonat kislorod atomlarining Cu(II) ioni bilan koordinatsion bog‘ hosil qilganligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, 1038.85 sm^{-1} dagi kuchli signal P–O–Cu bog‘larining hosil bo‘lganligini tasdiqlovchi asosiy belgilaridan biridir.

867.97, 813.95, 787.17, 705.97 va 671.75 sm^{-1} dagi yutilishlar P–O–H va O–P–O guruhlarining deformatsion tebranishlariga mos keladi. Ushbu signallar fosfonat skeletining koordinatsiyadan keyin ham saqlanganligini ko‘rsatadi.

IQ spektrining 600–400 sm^{-1} past chastotali sohasida kuzatilgan 565.14, 523.54, 459.49 va 418.57 sm^{-1} dagi yutilish cho‘qqilari Cu–O koordinatsion bog‘larining valent tebranishlariga tegishlidir. Ayniqsa, 523.54 va 459.49 sm^{-1} dagi intensiv yutilishlar Cu(II) ionining etidronik kislota ligandining fosfonat kislorod atomlari orqali koordinatsiyalanganligini aniq tasdiqlaydi.

Shunday qilib, amaliy IQ spektr natijalari etidronik kislota va mis(II) sulfat asosida olingan kompleks birikmada etidronat ligandining fosfonat kislorod atomlari orqali Cu(II) ioni bilan koordinatsion bog‘ hosil qilganligini tasdiqlaydi. 1253–1039 sm^{-1} oralig‘idagi P=O va P–O valent tebranishlarining siljishi hamda 565–419 sm^{-1} oralig‘ida Cu–O bog‘lariga xos yutilishlarning paydo bo‘lishi kompleks hosil bo‘lganligining asosiy spektral dalillaridir. Bundan tashqari, 3211 sm^{-1} dagi keng O–H yutilishi kompleks tarkibida gidroksil guruhlari va suv molekulalari o‘rtasidagi kuchli vodorod bog‘lanishlari mavjudligini ko‘rsatadi.

Xulosa. Sintez qilingan natriy etidronat va mis(II) sulfat asosidagi kompleks birikmaning tarkibi va koordinatsion tuzilishi infraqizil (IQ) spektroskopiya, rentgenofazaviy tahlil (RFT), rentgenostruktur tahlil (XRD) hamda kvant-kimyoviy hisoblash usullari yordamida batafsil o‘rganildi. Tadqiqot natijalari kompleks birikmada Cu(II) ionining etidronat ligandining fosfonat guruhlari kislorod atomlari orqali koordinatsiyalanganligini hamda markaziy metall atrofida barqaror koordinatsion muhit hosil bo‘lganligini ko‘rsatdi. Optimallashtirilgan molekulyar geometriya, molekulyar elektrostatik potensial (MEP) xaritalari, HOMO–LUMO orbitallari hamda IQ spektrlari natijalari bir-biri bilan yuqori darajada mos kelib, taklif etilgan koordinatsion tuzilmani tasdiqladi.

IQ-spektr tahlili natijalariga ko‘ra, etidronat ligandiga tegishli fosfonat guruhlarining P=O va P–O tebranishlariga mos yutilish cho‘qqilarining siljishi hamda intensivligining o‘zgarishi ligandning Cu(II) ioniga koordinatsiyalanganligini ko‘rsatdi. Shuningdek, 400–650 sm^{-1} oralig‘ida kuzatilgan yutilish chiziqlari Cu–O koordinatsion bog‘larining hosil bo‘lganligini tasdiqlaydi. Nazariy va tajribaviy IQ-spektrlar o‘rtasida kuzatilgan kichik chastota siljishlari kristall panjara ta’siri, molekulalararo vodorod bog‘lanishlari hamda hisoblash usullarining o‘ziga xos xususiyatlari bilan izohlanadi. Umuman olganda, amaliy va nazariy IQ-spektrlarning yuqori darajadagi mosligi kompleks birikmaning taklif etilgan koordinatsion modelini ishonchli ravishda tasdiqlaydi.

Kvant-kimyoviy hisoblashlar natijasida kompleks birikmaning eng barqaror geometriyasi optimallashtirildi. HOMO va LUMO molekulyar orbitallarining energiyalari hamda ular orasidagi energiya farqi kompleksning elektron barqarorligini va kimyoviy faolligini tavsifladi. MEP xaritalari elektron zichligining asosan fosfonat guruhlari kislorod atomlarida to‘planganligini ko‘rsatib, ushbu atomlar Cu(II) ionining koordinatsiyalanish markazlari ekanligini tasdiqladi.

Olingan IQ-spektroskopik, rentgenofazaviy, rentgenostruktur hamda kvant-kimyoviy tadqiqot natijalari bir-birini to‘ldirib, natriy etidronat va mis(II) sulfat asosida yangi koordinatsion kompleks birikma muvaffaqiyatli sintez qilinganligini ishonchli ravishda tasdiqlaydi. Hosil qilingan kompleksning yuqori kristallanish darajasi, barqaror koordinatsion tuzilishi va elektron xossalari uni metall-bifosfonat komplekslari kimyosi, materialshunoslik hamda bioanorganik kimyo yo‘nalishlarida istiqbolli birikma sifatida baholash imkonini beradi. Kelgusida ushbu kompleksning biologik faolligi, katalitik xususiyatlari va amaliy qo‘llanish imkoniyatlarini chuqur o‘rganish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

1. Galezowska J., Gumienna-Kontecka E. Phosphonates, their complexes and bio-applications: A spectrum of surprising diversity // Coordination Chemistry Reviews. – 2012. – Vol. 256, No. 1–2. – P. 105–124. – DOI: 10.1016/j.ccr.2011.07.002.

2. Matczak-Jon E., Videnova-Adrabinska V. Coordination chemistry of phosphonic acids with special relevance to rare earth elements // Journal of Alloys and Compounds. – 2006. – Vol. 418, No. 1–2. – P. 128–138. – DOI: 10.1016/j.jallcom.2005.08.109.

3. Clearfield A. New directions in metal phosphonate chemistry // Progress in Inorganic Chemistry. – 1998. – Vol. 47. – P. 371–510.

4. Cao G., Hong H.-G., Mallouk T.E. Layered metal phosphates and phosphonates: structural chemistry and applications // Accounts of Chemical Research. – 1992. – Vol. 25, No. 8. – P. 420–427.

5. Milyukov V.A., Serezhkin V.N., et al. Thermodynamics of HEDPA protonation in different media and complex formation with Mg(II) and Ca(II) // The Journal of Chemical Thermodynamics. – 2013. – Vol. 66. – P. 151–160. – DOI: 10.1016/j.jct.2013.07.005.

6. Kamecka A. A comparative study of stabilities and coordination modes of β-alaninephosphonic acid in copper(II) heteroligand complexes // Journal of Solution Chemistry. – 2012. – Vol. 41. – P. 1948–1964. – DOI: 10.1007/s10953-012-9914-4.

7. Kubíček V., Kotek J., Hermann P., Lukeš I. Aminoalkylbis(phosphonates): Their complexation properties in solution and in the solid state // European Journal of Inorganic Chemistry. – 2007. – P. 333–344. – DOI: 10.1002/ejic.200600615.

8. Clearfield A. Metal phosphonate chemistry – past, present, and future // Progress in Inorganic Chemistry. – 2001. – Vol. 47. – P. 371–510.

9. Bao S.-S., Qin M.-F., Zheng L.-M. Metal phosphonates incorporating metalloligands: assembly, structures and properties // Chemical Communications. – 2020. – Vol. 56. – P. 12090–12108. – DOI: 10.1039/D0CC03850D.

10. Europium(III) Meets Etidronic Acid (HEDP): A Coordination Study Combining Spectroscopic, Spectrometric, and Quantum Chemical Methods // Molecules. – 2023. – Vol. 28, No. 11. – Article 4469. – DOI: 10.3390/molecules28114469.

11. David T., Kubíček V., Gutten O., et al. Cyclam derivatives with a bis(phosphinate) or a phosphinato–phosphonate pendant arm: ligands for fast and efficient copper(II) complexation // Inorganic Chemistry. – 2015. – Vol. 54, No. 24. – P. 11751–11766. – DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b01791.

12. Günther R., et al. Spectral investigation of crystalline and glassy copper phosphates // Advances in Condensed Matter Physics. – 2013. – Article 297504.

УДК 544.723:678:546.284

АДСОРБЦИЯ НЕПОЛЯРНЫХ, ПОЛЯРНЫХ И КВАДРУПОЛЬНЫХ МОЛЕКУЛ НА НАНОКОМПОЗИЦИИ ДИАЦЕТАТЦЕЛЛЮЛОЗА–КРЕМНЕЗЁМ

Б.С.Умаров, PhD, Национальный университет Узбекистана, Ташкент

Annotatsiya. *Mazkur maqolada qutbsiz, qutbli va kvadrupol molekulalarning diatsetatsellyuloza–kremnezem nanokompozitsiyasi yuzasiga adsorbsiyalanish xususiyatlari nazariy jihatdan ko'rib chiqiladi. Molekulalarning qutbliligi, elektr multipol xususiyatlari hamda adsorbent yuzasidagi funksional guruhlarning molekulalararo ta'sirlashuvlarga ta'siri tahlil qilinadi.*

Kalit so'zlar: *adsorbsiya, diatsetatsellyuloza, kremnezem, nanokompozitsiya, molekulalararo ta'sirlashuv.*

Аннотация. *В статье рассматриваются теоретические аспекты адсорбции неполярных, полярных и квадрупольных молекул на поверхности нанокомпозиции диацетатцеллюлоза–кремнезём. Анализируется влияние полярности молекул, их электрических мультипольных характеристик и функциональных групп поверхности адсорбента на межмолекулярные взаимодействия.*

Ключевые слова: *адсорбция, диацетатцеллюлоза, кремнезём, нанокомпозиция, межмолекулярные взаимодействия.*

Abstract. *This article examines the theoretical aspects of the adsorption of nonpolar, polar, and quadrupole molecules on the surface of a cellulose diacetate–silica nanocomposite. The effects of molecular polarity, electric multipole characteristics, and functional groups on the adsorbent surface on intermolecular interactions are analyzed.*

Keywords: *adsorption, cellulose diacetate, silica, nanocomposite, intermolecular interactions.*

Введение. Разработка новых адсорбционных материалов с регулируемыми структурными и поверхностными характеристиками представляет собой одно из актуальных направлений современной физической химии и материаловедения. Особое значение приобретают органо-неорганические нанокомпозиты, сочетающие функциональные свойства полимерных матриц и неорганических дисперсных наполнителей. Использование таких систем позволяет варьировать химическую природу поверхности, доступность активных центров и характер взаимодействия с молекулами различных классов.

Среди перспективных материалов особое место занимают композиции на основе производных целлюлозы и кремнезёма. Диацетатцеллюлоза является полимерным материалом, содержащим ацетильные и остаточные гидроксильные группы, способные участвовать в межмолекулярных взаимодействиях. Кремнезём, в свою очередь, характеризуется наличием поверхностных силанольных групп, которые оказывают существенное влияние на гидрофильность, кислотно-основные свойства и адсорбционную активность материала [1, 2]. Комбинирование диацетатцеллюлозы с кремнезёмом создаёт предпосылки для формирования гибридной поверхности, свойства которой зависят от соотношения компонентов, степени диспергирования неорганической фазы, характера межфазного взаимодействия и условий получения композиции. При этом присутствие кремнезёма не обязательно приводит к увеличению удельной поверхности или сорбционной ёмкости: возможны агрегация частиц, перекрывание пор и снижение доступности активных центров.

Особый научный интерес представляет сравнительное изучение адсорбции молекул, различающихся характером распределения электрического заряда. Неполярные молекулы взаимодействуют с поверхностью преимущественно посредством дисперсионных и индукционных сил. Полярные молекулы дополнительно способны вступать в ориентационные дипольные взаимодействия и, при наличии соответствующих функциональных групп, образовывать водородные связи. Молекулы с существенным квадрупольным моментом, даже при отсутствии постоянного дипольного момента, могут взаимодействовать с неоднородным электрическим полем поверхности [3].

Материалы и методы исследования. Исследование носит теоретико-аналитический характер и основывается на сопоставлении физико-химических свойств диацетатцеллюлозы, кремнезёма и молекулярных адсорбатов различной полярности. Для интерпретации возможных механизмов адсорбции использованы представления о межмолекулярных силах, поверхностной энергетике, равновесии адсорбционных процессов и энергетической неоднородности поверхности.

В качестве модельных классов адсорбатов рассматриваются неполярные молекулы, например метан и азот, полярные молекулы, например вода и ацетон, а также молекулы с выраженным квадрупольным моментом, например диоксид углерода и бензол. Следует учитывать, что азот также обладает квадрупольным моментом, поэтому классификация молекул по указанным группам носит условный характер и отражает преимущественный тип взаимодействия в конкретных условиях.

Диацетатцеллюлоза представляет собой производное целлюлозы, в котором часть гидроксильных групп ангидроглюкозных звеньев замещена ацетильными группами. Наличие полярных карбонильных фрагментов обусловливает способность полимера к специфическим межмолекулярным взаимодействиям. Кремнезём характеризуется поверхностью, содержащей силанольные группы Si–OH и силоксановые мостики Si–O–Si. Соотношение указанных структурных элементов зависит от происхождения кремнезёма, степени гидратации и условий термической обработки [2]. В гибридной системе возможно образование межфазных водородных связей между функциональными группами диацетатцеллюлозы и силанольными группами кремнезёма. Такие взаимодействия способны изменять доступность адсорбционных центров и локальную полярность поверхности.

Адсорбция неполярных молекул на поверхности диацетатцеллюлоза–кремнезём определяется преимущественно дисперсионными силами Лондона и взаимодействиями индуцированных диполей. Несмотря на отсутствие постоянного дипольного момента, электронные оболочки таких молекул способны поляризоваться под действием электрического поля поверхности.

Величина дисперсионного взаимодействия зависит от поляризуемости молекулы, расстояния до поверхности и характера распределения электронной плотности. Более поляризуемые молекулы при прочих равных условиях могут взаимодействовать с поверхностью сильнее, однако фактическая величина адсорбции также зависит от размера молекулы, пористой структуры материала и температуры. Для метана характерны относительно слабые специфические взаимодействия с гидроксильными и карбонильными группами. Поэтому его адсорбция на рассматриваемой нанокомпозиции может быть преимущественно обусловлена неспецифическими силами.

При увеличении доли кремнезёма изменение адсорбции неполярных молекул будет зависеть не только от химического состава, но и от морфологии композиции. Формирование дополнительных доступных пор может повышать поглощение, тогда как агрегация неорганических частиц или перекрывание пор может приводить к противоположному эффекту.

Полярные молекулы обладают постоянным дипольным моментом, вследствие чего могут взаимодействовать с полярными участками поверхности посредством ориентационных и индукционных сил. Для диацетатцеллюлоза–кремнезёмной нанокомпозиции важную роль могут играть силанольные группы кремнезёма, остаточные гидроксильные группы полимера и карбонильные группы ацетильных фрагментов. Молекулы воды способны формировать водородные связи с указанными центрами. При этом вода может не только адсорбироваться на отдельных функциональных группах, но и образовывать ассоциированные структуры за счёт взаимодействий между адсорбированными молекулами.

В результате изотермы адсорбции воды могут существенно отличаться от изотерм неполярных газов. На их форму способны влиять степень гидратации поверхности, доступность пор и кооперативные взаимодействия между молекулами воды. Ацетон также представляет интерес как полярный адсорбат. Его карбонильная группа может выступать

акцептором водородной связи при взаимодействии с силанольными группами кремнезёма. Однако характер адсорбции ацетона зависит от доступности этих групп, конкурентного присутствия воды и условий эксперимента.

Следовательно, адсорбция полярных молекул может служить инструментом оценки химической неоднородности поверхности и роли специфических межмолекулярных взаимодействий. Молекулы с квадрупольным моментом характеризуются неоднородным распределением электрического заряда, которое может существовать даже при нулевом постоянном дипольном моменте. Характерным примером является диоксид углерода, имеющий линейное строение и заметный электрический квадрупольный момент. Взаимодействие CO_2 с поверхностью определяется сочетанием дисперсионных, электростатических и индукционных вкладов.

На поверхности кремнезёма молекулы CO_2 могут взаимодействовать с участками, характеризующимися локальными электрическими полями. Однако величина и механизм адсорбции существенно зависят от состояния поверхности, наличия воды и особенностей пористой структуры. В диацетатцеллюлоза–кремнезёмной композиции потенциально важными являются как силанольные центры, так и полярные фрагменты полимерной матрицы. Бензол также обладает квадрупольным моментом, но его взаимодействие с поверхностью не ограничивается квадрупольным вкладом. Существенную роль играют дисперсионные силы, поляризуемость ароматической системы и геометрия расположения молекулы относительно адсорбционной поверхности. Поэтому квадрупольный момент следует рассматривать как один из факторов адсорбции, а не как единственный параметр, определяющий сорбционную способность.

Эффективность адсорбции на гибридных материалах определяется не только химической природой поверхности, но и её структурной организацией. Введение кремнезёма в диацетатцеллюлозную матрицу может изменять распределение пор по размерам, шероховатость поверхности, гидрофильность и пространственную доступность функциональных групп. При оптимальном распределении неорганической фазы возможно формирование дополнительных межфазных областей, участвующих в адсорбции. Однако чрезмерное содержание кремнезёма может приводить к агломерации частиц и неоднородности материала.

Заключение. Проведённый теоретический анализ показывает, что адсорбция неполярных, полярных и квадрупольных молекул на нанокомпозиции диацетатцеллюлоза–кремнезём определяется совместным влиянием молекулярных характеристик адсорбата и структурно-химических свойств адсорбента.

Установлено на уровне физико-химических предпосылок, что для неполярных молекул основную роль играют дисперсионные и индукционные взаимодействия, тогда как для полярных молекул дополнительное значение приобретают дипольные взаимодействия и возможность образования водородных связей. Для молекул с выраженным квадрупольным моментом существенным фактором становится взаимодействие неоднородного распределения заряда с локальными электрическими полями поверхности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Zhuravlev L. T. The Surface Chemistry of Amorphous Silica. Zhuravlev Model // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. — 2000. — Vol. 173, № 1–3. — P. 1–38.

2. Thommes M., Kaneko K., Neimark A. V., et al. Physisorption of Gases, with Special Reference to the Evaluation of Surface Area and Pore Size Distribution // Pure and Applied Chemistry. — 2015. — Vol. 87, № 9–10. — P. 1051–1069.

3. Israelachvili J. N. Intermolecular and Surface Forces. — 3rd ed. — Academic Press, 2011.

4. Langmuir I. The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum // Journal of the American Chemical Society. — 1918. — Vol. 40, № 9. — P. 1361–1403.

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
MINTAQAVIY BO‘LIMI
XORAZM MA’MUN AKADEMIYASI

XORAZM MA’MUN AKADEMIYASI AXBOROTNOMASI

№10/1 (143)
2026 y., oktabr

O‘zbekcha matn muharriri:	Ro‘zmetov Dilshod
Ruscha matn muharriri:	Hasanov Shodlik
Inglizcha matn muharriri:	Xamrayev Nurbek, Lamers Jon
Musahhih:	O‘rozboyev Abdulla
Texnik muharrir:	Shomurodov Jur’at

“Xorazm Ma’mun akademiyasi axborotnomasi” O‘zbekiston Matbuot va axborot agentligi Xorazm viloyat boshqarmasida ro‘yxatdan o‘tgan. Guvoxnoma № 13-027

Terishga berildi: 07.10.2026
Bosishga ruxsat etildi: 14.10.2026.
Qog‘oz bichimi: 60x84 1/8. Adadi 14.
Hajmi 21.5 b.t. Buyurtma: № 10-T

Xorazm Ma’mun akademiyasi noshirlik bo‘limi
220900, Xiva, Markaz-1
Tel/faks: (0 362) 226-20-28
E-mail: mamun-axborotnoma@academy.uz
xma_axborotnomasi@mail.ru
Telegram **(+998) 97-458-28-18**