

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI BIOFIZIKA VA BIOKIMYO
INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.B.01.13 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BIOFIZIKA VA BIOKIMYO INSTITUTI

MATCHANOVA DURDONA SHAPUROVNA

***A. PRATOVII* VA *A. MONETA* MISOLIDA *ATRIPLEX* TURKUMIDAGI
O‘SIMLIKLARNING TUZGA CHIDAMLILIK GENLARINI O‘RGANISH**

03.00.01 – Biokimyo

**biologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Matchanova Durдона Shapurovna

A. pratovii va *A. moneta* misolida *Atriplex* turkumidagi o‘simliklarning tuzga chidamlilik genlarini o‘rganish.....3

Матчанова Дурдона Шапуровна

Изучение генов солеустойчивости растений рода *Atriplex*, на примере *A. pratovii* и *A. moneta*.....21

Matchanova Durдона Shapurovna

Study of salt tolerance genes in plants of the *Atriplex* genus: a case study of *A. pratovii* and *A. moneta*.....39

E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI BIOFIZIKA VA BIOKIMYO
INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.B.01.13 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BIOFIZIKA VA BIOKIMYO INSTITUTI

MATCHANOVA DURDONA SHAPUROVNA

***A. PRATOVII* VA *A. MONETA* MISOLIDA *ATRIPLEX* TURKUMIDAGI
O‘SIMLIKLARNING TUZGA CHIDAMLILIK GENLARINI O‘RGANISH**

03.00.01 – Biokimyo

**biologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

Biologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/B383 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi Biofizika va biokimyo institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.ibb-nuu.uz) va «ZiyoNet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Muxamedov Rustam Sultonovich
biologiya fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Abdullayev Alisher Abdumavlonovich
biologiya fanlari doktori

Shaxmurova Gulnara Abdullayevna
biologiya fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

O'zR FA Genomika va bioinformatika markazi

Dissertatsiya himoyasi O'zbekiston Milliy universiteti Biofizika va biokimyo instituti huzuridagi Ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/30.12.2019.B.01.13 raqamli ilmiy kengashning 2025 yil «___» _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil:100174,Toshkent shahri, Olmazor tumani, Talabalar shaharchasi, Universitet ko'chasi, 174-uy. Tel.: (99871) 246-68-96).

Dissertatsiya bilan O'zbekiston Milliy universiteti Biofizika va biokimyo instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№___ raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100174, Toshkent shahri, Olmazor tumani, Talabalar shaharchasi, Universitet ko'chasi, 174-uy. Tel.: (99871) 246-68-96, e-mail: ibb-nuu@mail.ru; mamurjon2281@mail.ru.

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «___» _____ kuni tarqatildi.

(2025 yil «___» _____ dagi №_____ raqamli reestr bayonnomasi).

Sabirov Ravshan Zairovich

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi,
b.f.d., akademik

Pozilov Ma'murjon Komiljonovich

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
ilmiy kotibi, b.f.d., professor

Kadirova Dilbar Abdullayevna

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
qoshidagi ilmiy seminar raisi, b.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda dunyo miqyosida tuproqning shoʻrlanishi muammosi global tahdidlardan biri boʻlib, u 1300 million gektar tuproq maydonini qamrab olgan. Bu yer qitʼasi yuzasining taxminan 7 foizini tashkil etadi va atrof-muhitga salbiy taʼsir koʻrsatmoqda. Ayniqsa suvsizlik va qishloq xoʻjaligi yerlarining davom etayotgan degradatsiyasi, shoʻrlanish stresslari tufayli kelib chiqqan holda, qishloq xoʻjaligi hosildorligining sezilarli darajada pasayishiga olib kelmoqda. Bu, ayniqsa, qurgʻoqchilik va yarim qurgʻoqchilik hududlarda yaqqol namoyon boʻladi. Shuning uchun, ekologik muammolarini bartaraf etish chora-tadbirlarini ishlab chiqish juda muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda tuproq shoʻrlanishiga qarshi kurashish va qishloq xoʻjaligini barqaror rivojlantirish boʻyicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, jumladan, shoʻrlanish stresslariga chidamli oʻsimliklarni aniqlash, galofit oʻsimliklarning yashash va hosil berish qobiliyatini oʻrganish, tuproq hosildorligini tiklashga yordam beradigan bioremediatsiya usullarini asoslash, innovatsion yondashuvlarni ishlab chiqish va mamlakatlar oʻrtasidagi ilmiy hamkorlikni takomillashtirishga katta eʼtibor qaratilmoqda.

Respublikamizda ham tuproq shoʻrlanishiga qarshi kurashish va qishloq xoʻjaligini barqaror rivojlantirishga katta eʼtibor qaratildi. Bu borada, jumladan, shoʻrlanishga chidamli qishloq xoʻjaligi ekinlarining barqarorligini oshirishga qaratilgan tadqiqotlar ishlab chiqildi. Oʻzbekiston shoʻrlanishga chidamli qishloq xoʻjaligi ekinlarining barqarorligini oshirishga qaratilgan tadqiqotlarni faol rivojlantirmoqda, shuningdek, degradatsiyaga uchragan yerlarning holatini yaxshilash texnologiyalarini ishlab chiqmoqda. Bu vazifalar toʻgʻridan-toʻgʻri 2022-2026-yillardagi¹ Yangi Oʻzbekistonni rivojlantirish strategiyasini amalga oshirish bilan bogʻliq, u fermerlarning daromadlarini oshirish, hosildorlikni koʻpaytirish va qishloq xoʻjaligi sohasining oʻsishi uchun ilgʻor ilmiy yutuqlarni joriy etish vazifalari belgilab berilgan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, jumladan, respublikamizning markaziy hududlarida tuproq shoʻrlanishining darajasini aniqlash, shoʻrlanishning asosiy sabablarini ochib berish, tuproq hosildorligini tiklash texnologiyalarini yaratish, innovatsion yondashuvlarni ishlab chiqish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Ushbu dissertatsiya Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2018-yil 27-apreldagi №-PQ-3682-son “Innovatsion gʻoyalar, texnologiyalar va loyihalarni amaliy joriy etish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari toʻgʻrisida” hamda 2018-yil 6-avgustdagi №-PQ-3899-son “Gʻoyaviy va innovatsion faoliyatni integratsiya qilish tizimining samaradorligini oshirish chora-tadbirlari toʻgʻrisida” qarorlari va shu kabi sohada qabul qilingan boshqa normativ-huquqiy hujjatlarda nazarda tutilgan vazifalarni hal etishga qaratilgan.

¹ Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026-yillarda Yangi Oʻzbekistonni rivojlantirish strategiyasi toʻgʻrisida”gi Farmoni.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining V. “Qishloq xo‘jaligi, biotexnologiya, ekologiya va atrof-muhitni muhofazasi” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Dunyoda galofit o‘simliklarning sho‘rga chidamlilik molekulyar mexanizmlarini o‘rganish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Olimlar A. Mishra (2017), L. Wang (2006), Y. Zhang (2022), T.Li (2023), T.W. Braukmann, A.J. Fazekas (2017), M. Tester, R. Ben Saad, P.J. Maughan (2015) ularning ekspressiyasini tahlil qilib, antioksidant fermentlarining faolligi kabi fiziologik parametrlarni o‘rganishdi.

Mustaqil Davlatlar Hamdo‘stligi (MDH) mamlakatlari olimlari V.V. Baranenko (2006), A.N. Boyarkin (1951), N.F. Vlasov, G.P. Zyatchina (2000) ham sho‘r stressiga javoban superoksiddismutaza va peroksidaza kabi fermentlarning faolligini o‘rganishdi. Ular antioksidant fermentlarining faolligi bilan o‘simliklarning sho‘rga chidamliligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni tadqiq qilishdi. A.P. Suhorukov turli mintaqalarda *Atriplex* turlarining o‘simliklarini o‘rgangan (1995-2016-yillar).

Respublikamizda olim U.P. Pratorov (1985-1993) O‘rta Osiyo va Shimoliy Afrikada tarqalgan *Atriplex* turkumidagi o‘simlik turlarning sistematikasini o‘rgangan birinchi sistematikdir. Professor S.G. Sherimbetov o‘simlik turlarini, ularning tasniflarini, rivojlanish tarixi va evolyutsiyasini o‘rgangan. Professor R.S. Muhamedov esa dastlabki dastlabki tadqiqotlarida o‘simliklardan oqsil va peptidlarni ajratib olish hamda ularning biologik faolligini o‘rganish bo‘yicha ishlar olib borgan. O.T. Turginov o‘z ilmiy ishlarida O‘zbekiston florasining Janubiy qismi tarqalishini o‘rgangan (2017). X.U. Xolbekova *Atriplex* turkumidagi o‘simlik turlarini, ularning tasnifi, rivojlanish va evolyutsiya tarixini o‘rganish bilan shug‘ullanadi (2019-2024-yillar). Bundan tashqari, olimlar G.M. Nabiyeva, F.N. Kushanov, O.S. To‘rayevlar ham *Atriplex* (2021-2024) turkumidagi o‘simliklarning molekulyar-biologik va genetik xususiyatlarini o‘rganish bo‘yicha tadqiqotlar o‘tkazib kelmoqdalar.

Biroq hozirgacha GM-paxta o‘simliklarining inson salomatligi va atrof-muhitga ta‘siri bo‘yicha kompleks baholash ishlari o‘tkazilmagan.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilayotgan ilmiy tadqiqot muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Bioorganik kimyo institutining A-FA-2021-539 innovatsion granti asosida “Janubiy Orolqumining ekologik sharoitiga moslashtirilgan yangi o‘simlik shakllarini uyali texnologiyalar asosida yaratish” mavzusidagi (2021-2023) amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarining sho‘rga chidamlilik genlarining biokimyoviy xususiyatlarini hamda turlariga xos genlarining molekulyar-genetik tavsifidan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o‘simliklari hamda tuproq namunalaridagi kimyoviy elementlarning tarkibi o‘rtasidagi makro va mikroelementlarning o‘zaro bog‘liqligini aniqlash;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o‘simliklaridagi umumiy oqsil miqdorini hamda erkin aminokislotalar miqdorini aniqlash;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o‘simliklaridagi peroksidaza hamda superoksidismutaza fermentlarining faolligini tahlil qilish;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o‘simliklaridagi tuzga chidamlilik genlarini tavsiflash;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o‘simliklarining turlariga xos genlarini o‘rganish.

Tadqiqotning obyekti sifatida Orol dengizining qurigan tubida o‘sadigan *Atriplex pratovii* va Surxondaryo viloyati Boysun tog‘ etaklaridagi qum hamda gipsli gillarda o‘sadigan *Atriplex moneta* turlariga mansub o‘simliklar tanlab olingan.

Tadqiqotning predmeti bu tuzga chidamli va turlarga xos genlarni, erkin aminokislota tarkibini, oqsil tarkibidagi azotni aniqlash, makro- mikroelementlarning tarkibini, *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* turlarining o‘simliklaridagi ferment faolligini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot ishini bajarilishida biokimyo va molekulyar genetikada keng qo‘llaniladigan yuqori samarali suyuqlik xromotografiyasi, spektrofotometriya, gel elektroforez, PZR kabi usullardan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

birinchi marta *A. pratovii* va *A. moneta* o‘simliklarining tuproqdan makroelementlarni tahlil qilish hamda akkumulyatsiya qilish qobiliyatining turlicha ekanligi aniqlangan: *A. pratovii* natriy va xlor ionlarini samarali tarzda utilizatsiya qilsa, *A. moneta* magniy, kaliy va fosforni samarali tarzda akkumulyatsiya qiladi;

A. pratovii o‘simliklarida mis va stronsiy miqdori statistik jihatdan sezilarli darajada yuqori ekanligi, shu bilan birga, *A. moneta* o‘simliklarida kobalt, temir, nikel va rux miqdori yuqoriligi aniqlangan;

A. pratovii o‘simliklarida stress aminokislotalari (asparagin kislota, serin, prolin, valin, leysin, izoleysin va gistidin) miqdorining yuqori ekanligi aniqlangan; antioksidant fermentlarining (peroksidaza va superoksidismutaza) faolligi *A. pratovii* o‘simliklari ildizida *A. moneta* o‘simliklari bilan solishtirganda yuqoriroq ekanligi ko‘rsatilgan;

birinchi marta O‘zbekiston hududida o‘sadigan *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarida tuzga chidamli *ABI5*, *NCED1* va *NHX* genlari amplifikatsiyalangan;

birinchi marta *Atriplex* turkumiga mansub o‘simliklarda *NHX* genining molekulyar tavsifi o‘tkazilgan hamda ushbu gen tuzilmasi stabilizatsiyalovchi tanlanish ta’sirida sezilarli darajada o‘zgarish sodir bo‘lmagani aniqlangan;

ilk marotaba O‘zbekiston hududida o‘sadigan *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarining ITS2 hududi hamda *rbcL* genining nukleotidlar ketma-ketligi aniqlangan va NCBI ma’lumotlar bazasidan ro‘yxatdan o‘tkazilgan (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1).

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o‘simliklari tuproqdan tuzlarni samarali

ravishda to'plash qobiliyatiga ega ekanligi aniqlangan hamda ular sho'rlangan tuproqlarni fitoremediatsiya qilishda foydalanilishi mumkin;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o'simliklaridan tuproqda aniqlanishi qiyin bo'lgan elementlarni aniqlashda indikator o'simlik sifatida foydalanish mumkinligi isbotlangan;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o'simliklarida aniqlangan oqsil miqdori, ularning ozuqaviy qiymatini yuqori darajada ko'rsatadi. Bu o'simliklar yem-xashak sifatida muvaffaqiyatli foydalanilishi mumkin, bu esa ularning qishloq xo'jaligida yuqori darajadagi foydaliligini tasdiqlangan;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o'simliklarida aniqlangan tuzga chidamlilik marker genlarni galofit o'simliklardan qidirish hamda mazkur genlarni madaniy o'simliklarga transformatsiya qilish uchun dastlabki manbaa bo'lib hisoblanadi;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o'simliklarining ITS2 hududi hamda *rbcL* geni nukleotidlari ketma-ketligi *Atriplex* turkumi turlarini molekulyar-genetik identifikatsiya qilishda foydalanilishi mumkinligi isbotlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi olingan natijalar zamonaviy biokimyoviy, molekulyar-biologik va fizik-kimyoviy usullar, statistik metodlar va bioinformatika dasturlari yordamida tasdiqlangan, ilmiy tadqiqot natijalari xalqaro va respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarida muhokama qilinib, ilmiy jurnallarda e'lon qilingan hamda gen ketma-ketliklari xalqaro NCBI ma'lumotlar bazasida ro'yxatga olingan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o'simliklarining tuproqdan turli ionlarni singdirish hamda to'plash qobiliyatini, shuningdek, galofitlarning sho'rlanishga moslashuvining biokimyoviy mexanizmlarini o'rganishda *A. pratovii* va *A. moneta* turlarining tuzga chidamlilik *ABI5*, *NCED1* va *NHX* genlari aniqlandi. Tadqiqot *NHX* genining molekulyar xususiyatlarini o'rganish va uning nukleotidlar ketma-ketligini aniqlash, shuningdek, ITS2 hududi va *rbcL* genining nukleotid ketma-ketligini aniqlash bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati NCBI ma'lumotlar bazasida (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1) O'zbekistonda o'sadigan *A. pratovii* va *A. moneta* o'simliklarining ITS2 hududida hamda *rbcL* genining nukleotid ketma-ketligini ro'yxatga olish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarning joriy qilinishi. Orol dengizining qurigan tubida tarqalgan *Atriplex pratovii* o'simligining tuzga chidamlilik va tur spetsifik genlarini o'rganish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o'simliklarining tuzga chidamlilik genlari *ABI5*, *NCED1*, *NHX* va tur identifikatsiyasi uchun standart ITS2 hamda *rbcL* genlari asosida tuzga chidamlilik genlarini aniqlash bo'yicha natijalardan AL4721035462-raqamli "Cho'l oziq-ovqat ekinlarining yangi navlarini yaratish uchun raqamli geoaxborot bankini tashkil etish" mavzusidagi amaliy loyihada *Atriplex undulata* va *Atriplex pratovii* o'simliklarining tuzga chidamlilik genlarini aniqlashda foydalanilgan (O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2023-yil 18-dekabrda №4/17-4/4-12000-son

ma'lumotnomasi). Natijada cho'l mintaqasida o'sadigan o'simliklarning tuzga chidamliligini molekulyar-genetik baholash va filogenetik tahlil qilish imkonini bergan. Shuningdek, dunyodagi florist olimlarga Markaziy Osiyoda o'sadigan *Atriplex* turkumining filogenetik tahlilini o'tkazish imkonini yaratgan;

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o'simliklarining standart ITS2 hamda *rbcL* genlari, shuningdek, O'zbekistonda o'sadigan ushbu o'simliklarning ITS2 hududi va *rbcL* genining nukleotid ketma-ketliklari NCBI ma'lumotlar bazasiga ro'yxatga olingan (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1). Natijalar ushbu turlarni molekulyar-genetik identifikatsiya qilish imkonini berdi va filogenetika hamda tuzga chidamlilik genetikasiga oid keyingi tadqiqotlar uchun asos yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 5 ta xalqaro va 11 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 21 ta ilmiy ish nashr etilgan. Shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan, 4 ta respublika va 1 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya ishi kirish, 4 ta bob, xulosalar va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning hajmi foydalanilgan adabiyotlardan tashqari 110 betni tashkil qiladi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti hamda predmetlari tavsiflangan, muammoning o'rganilganlik darajasi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning I bobi "**Galofitlarning tuz stressiga chidamliligining molekulyar mexanizmlari**" deb nomlangan bo'lib, galofitlarning tuz stressiga chidamliligining molekulyar va biokimyoviy mexanizmlari sohasidagi nazariyani rivojlantirish holati hamda tendensiyalari tahlili o'tkazildi. Galofitlardan tuproq fitoremediatori, oziq-ovqat va biologik faol moddalar manbai sifatida foydalanish imkoniyatlari tahlil qilindi. Galofitlarning sho'rlanishga morfologik moslashuvi haqidagi ma'lumotlar ham umumlashtiriladi. Shu bilan birga, galofitlarning moslashuvining fiziologik mexanizmlari, shuningdek, ularning molekulyar genetik va proteomik regulyatsiyasi ko'rib chiqildi.

Bir qator o'zbek olimlari tomonidan *Atriplex* turkumiga mansub o'simliklarning biokimyoviy va molekulyar-genetik tadqiqotlari olib borilganiga qaramay, ularning turli stress omillariga moslashish mexanizmlari yetarlicha o'rganilmagan. Shuni hisobga olib, Orol dengizining qurigan tubida o'sadigan

o‘simliklarning molekulyar biologik va biokimyoviy xususiyatlarini aniqlash muhim ahamiyatga ega. Bu ham ilmiy, ham amaliy ahamiyatga ega.

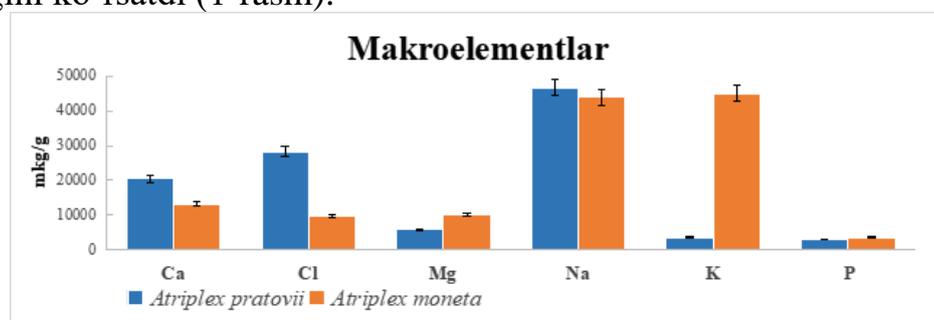
Ushbu bob umumiy va tahliliy xarakterga ega bo‘lib, tadqiqotning asosiy tushunchasini shakllantirishga qaratilgan.

Dissertatsiyaning II bobi “**Tadqiqot materiallari, shart-sharoitlari va usullari**” deb nomlangan bo‘lib, ushbu bobda dissertatsiya ishi bajarilishi davomida qo‘llanilgan usullar batafsil ko‘rib chiqilgan. Bu yerda tadqiqot obyektlari, DNK ajratish, PZR va sekvenslashni o‘z ichiga olgan molekulyar biologiya usullari, bioinformatik tahlil usullari, biokimyoviy usullar batafsil tavsifi keltirilgan.

Dissertatsiyaning III bobi “**Atriplex turkumiga mansub o‘simlik turlarini qiyosiy kimyoviy va biokimyoviy tahlil qilish**” deb nomlanib, unda *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklaridagi makro hamda mikroelementlarni tahlil qilish, oqsil tarkibidagi azotni ajratish, erkin aminokislotalar miqdorini aniqlash va ferment faolligi ham tahlil qilindi.

Tadqiqotlar natijasida *Atriplex pratovii* – Orol dengizining qurigan tubida o‘sadigan va *Atriplex moneta* – Surxondaryo viloyatidagi Boysun tog‘ etaklarining qumlari hamda gipsli gillarda o‘sadigan o‘simliklarning vegetativ organlari (barglari va poyalari) tarkibidagi 42 ta makro va mikroelementlar aniqlandi.

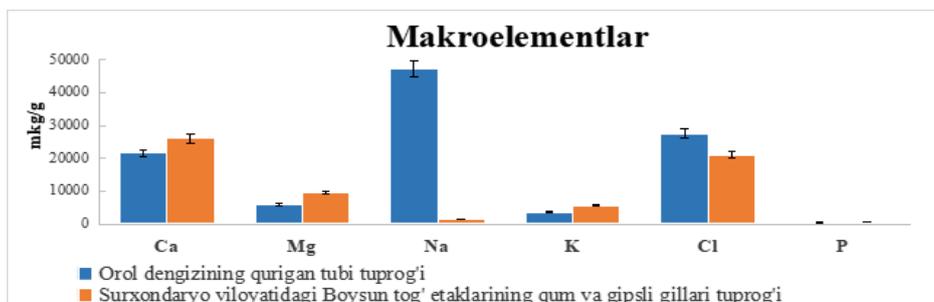
Ma’lumotlarni tahlil qilish natijasida o‘simliklar tarkibidagi kimyoviy elementlarning farqlarini kuzatishimiz mumkin. Masalan, *Atriplex pratovii* o‘simligida natriy, xlor va kaltsiyning miqdori ko‘pligi aniqlandi, *Atriplex moneta* o‘simligida esa kaliy va magniy miqdori ko‘pligi dalillandi. Tahlillar natijasida o‘simliklar namunalarning tarkibidagi minerallar miqdorida sezilarli farqlar mavjudligini ko‘rsatdi (1-rasm).



1-rasm. *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarining minerallar bilan o‘zaro bog‘liqligi, mkg/g.

Orol dengizining qurigan tubidan va Surxondaryo viloyatidagi Boysun tog‘ etaklaridan olib kelingan tuproq qatlamlaridan olingan namunalarni tahlil qilish natijasida birinchi marta 40 ta kimyoviy elementning konsentratsiyasi aniqlandi. Ushbu elementlarning aksariyati o‘simlik namunalari ham topilgan.

Tahlillar natijasida o‘simlik turlari tuprog‘idagi minerallar o‘rtasida o‘zaro farqlar mavjudligi aniqlandi (2-rasm).



2-rasm. *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarining tuproqdagi minerallar bilan o‘zaro bog‘liqligi, mkg /g.

Atriplex pratovii o‘simligidagi kaltsiy konsentratsiyasi uning tuproq tarkibiga deyarli mos kelishi aniqlandi. *Atriplex moneta* o‘simligida esa u ikki baravar yuqori. Natriy miqdori *A. pratovii* o‘simligi o‘sadigan tuproqda bir xil, ammo *A. moneta* tarkibida natriy konsentratsiyasi tuproqqa qaraganda 30,9 baravar yuqori. *A. pratovii* o‘simligida o‘simlik va tuproqdagi xlor konsentratsiyasi bir xil. *A. moneta* o‘simligida xlor konsentratsiyasi tuproqqa qaraganda ikki baravar past. Shunday qilib, *A. pratovii* o‘simligida kaltsiy konsentratsiyasi 1,6 baravar, natriy konsentratsiyasi 1,1 baravar va xlor konsentratsiyasi *A. moneta* o‘simligiga qaraganda 2,9 baravar yuqori. Shunga ko‘ra, *A. pratovii* o‘sadigan tuproqda natriy konsentratsiyasi *A. moneta* o‘sadigan tuproqqa qaraganda 33,2 baravar va xlor 1,3 baravar yuqori, ammo *A. moneta* o‘simlik tuprog‘idagi kaltsiy konsentratsiyasi 1,2 baravar yuqori edi. Bariy, brom, mis va stronsiy mikroelementlari *A. pratovii* o‘simligida ko‘p miqdorda mavjudligi aniqlandi, ammo ularning tuproqdagi tarkibi kam miqdorda. Shu bilan birga, simob, talliy, rux va temir elementlari *A. moneta* o‘simligida sezilarli miqdorda mavjud, ammo ularning tuproqdagi tarkibi kamroq edi. Shuning uchun Orol dengizining qurigan tubining tuprog‘i yuqori natriy va xlor tufayli sho‘r, Boysun tog‘ etaklarining tuprog‘ida esa gipsli va kaltsiyga boy. *Atriplex* turkumining o‘simliklari muhim makro va mikroelementlarning tarkibi tufayli indikator xususiyatiga ega.

Respublikamizning cho‘l hududlarida tarqalgan tabiiy yaylovlarni tashkil etuvchi o‘simlik turlarining mahsuldorligini ularning tarkibidagi vitaminlar, uglevodlar, oqsillar va peptidlar miqdoriga qarab qimmatli tabiiy ozuqa turlari sifatida tavsiya etish mumkin.

Shu maqsadda ikkita o‘simlik turi namunalarida vegetativ organlar (barg va poya) va ularning tuproqlari tarkibidan azot hamda oqsil miqdorini aniqlash bo‘yicha ish olib borildi (1-jadval).

1-jadval

O‘rganilayotgan hududda o‘sadigan o‘simliklar va tuproqlardagi azot hamda oqsil miqdori, %

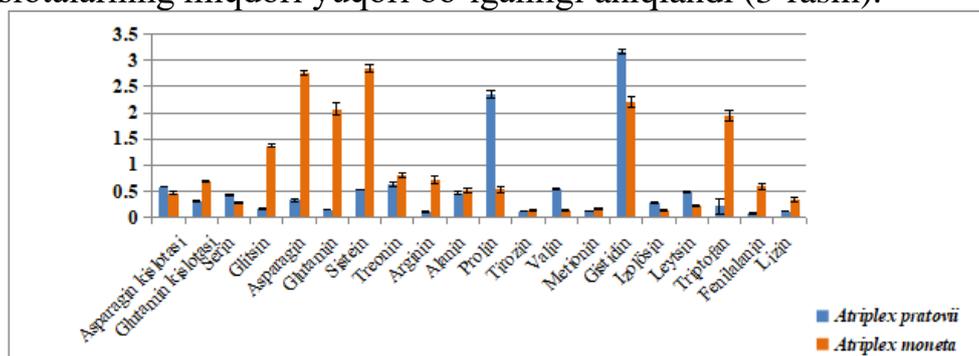
№	Ko‘rsatkichlar	<i>Atriplex pratovii</i> M±Se	<i>Atriplex moneta</i> M±Se	P-Value	Orol dengizining qurigan tubi tuprog‘i	Surxondaryo viloyatidagi Boysun tog‘ etaklari tuprog‘i	P-Value
1	Azot tarkibi	2,8± 0,03	3,03± 0,03	0,0019	0,29± 0,02	0,41± 0,01	0,0091
2	Oqsil tarkibi	17,61± 0,34	18,92± 0,1	0,0744	1,82± 0,07	2,5± 0,05	0,001

Atriplex moneta o‘simlikdagi oqsil miqdori *Atriplex pratovii* o‘simligiga qaraganda 1,31 % yuqori edi. Shuningdek, Surxondaryo viloyatidagi Boysun tog‘i tuproqlaridagi oqsil miqdori Orol dengizining qurigan tuproqlaridagi oqsil miqdoriga nisbatan 0,68 foizga yuqori bo‘lgan. Qiyosiy tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, Orol dengizining qurigan tubi va *A. pratovii* o‘simliklari tuprog‘ida azot hamda umumiy oqsil miqdori Boysun tog‘i tuprog‘iga va *A. moneta* o‘simlikiga qaraganda pastroq bo‘lgan (o‘simliklardagi azot= 0,23 % va tuproqlarda 0,12 %).

Olingan statistik tahlil ma’lumotlariga asoslanib, *A. pratovii* va *A. moneta* o‘simliklaridagi oqsil miqdorida oz farqlar mavjudligi ularning o‘zaro o‘xshash ozuqaviy qiymatini ko‘rsatadi. Ikkala tur ham tuproqdagi oqsil miqdori past bo‘lishiga qaramay, yem-xashak ekinlari sifatida muvaffaqiyatli ishlatilishi mumkin. Bu esa ularning qishloq xo‘jaligida foydali ekanligini tasdiqlaydi.

Tahlillar natijasida *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarining organlaridan 20 ta erkin aminokislotalar miqdori aniqlandi.

Tadqiqotlarimiz shuni ko‘rsatdiki, *A. pratovii* o‘simliklaridagi erkin prolin, serin, aspartik kislota, valin, leysin, izoleysin va gistidin miqdori sezilarli darajada yuqoriligi isbotlandi. *A. moneta* o‘simligi tarkibida esa boshqa qolgan barcha 13 ta aminokislotalarning miqdori yuqori bo‘lganligi aniqlandi (3-rasm).



3-rasm. *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklaridagi aminokislotalarning qiyosiy tahlili, mg/g.

Shuningdek, tuzli stressda o‘simliklarda aminokislotalar miqdori ko‘payishi aniqlandi. *A. pratovii* o‘simligi tarkibida prolin miqdori 4,4 baravar, gistidin esa 1,4 baravar yuqori bo‘ldi. Aminokislotalar farqi 0,12 dan 1,82 mg/g gacha bo‘lganligi aniqlandi.

A. moneta o‘simligida glitsin miqdori 8 baravar va fenilalanin 7,5 baravar ko‘pligi aniqlandi. Bu *A. pratovii* o‘simligining stressli sharoitlarga yuqori moslashuvchan qobiliyatini ko‘rsatadi.

Bundan tashqari, keyingi bosqichda *A. pratovii* va *A. moneta* o‘simliklarining 3-kunlik, 5-kunlik va 7-kunlik unib chiqqan ildizlarida antioksidant fermentlar (peroksidaza va superoksidismutaza) faolligi o‘rganildi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, *A. pratovii* va *A. moneta* o‘simliklarida fermentlar faolligi atrof-muhit sharoitlari va sho‘rlanish stressining davomiyligiga bog‘liq holda o‘zgaradi (2-jadval). Tuproq sho‘rlanishi yoki suv tanqisligi sababli yuzaga kelgan stress sharoitlarida fermentlar faolligi oshdi, chunki ular o‘simliklarni oksidlovchi stressdan himoya qilishda muhim rol o‘ynaydi. Bundan tashqari, fermentlar faolligi

A. pratovii o‘simligida *A. moneta* o‘simligiga qaraganda yuqori bo‘lganligi qayd etilgan (2-jadval).

A. pratovii va *A. moneta* o‘simliklaridagi peroksidaza faolligi uch marta o‘lchandi: uch kunlik ildizlarda, besh kunlik ildizlarda va yetti kunlik ildizlarda. Peroksidaza faolligining eng kichik miqdori yetti kunlik ildizlarda, eng katta faollik esa uch kunlik ildizlarda kuzatildi (2-jadval).

2-jadval

Atriplex turkumi o‘simliklarida ferment faolligi ko‘rsatkichlari,
B/mg oqsil, n=3

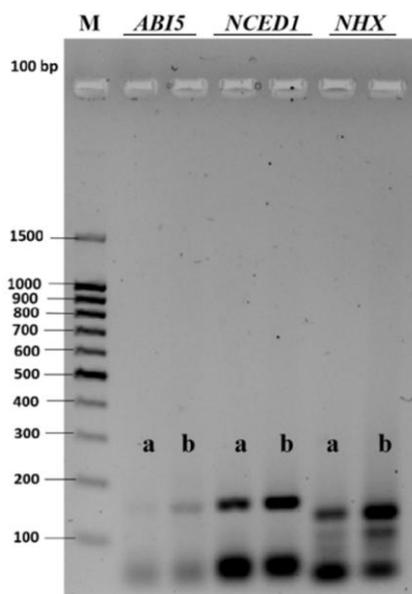
Vaqti	M±Se		P-Value
	<i>Atriplex pratovii</i>	<i>Atriplex moneta</i>	
Peroksidaza ferment faolligi ko‘rsatkichlari			
3 kunlik ildiz	43,13± 0,38	28,44± 0,42	<0,0001
5 kunlik ildiz	31,41± 0,45	20,43± 0,46	0,0004
7 kunlik ildiz	18,78± 0,39	14,47± 0,34	0,0003
Superoksiddismutaza ferment faolligi ko‘rsatkichlari			
3 kunlik ildiz	70,18± 0,36	62,25± 0,46	0,0002
5 kunlik ildiz	62,74± 0,6	57,55± 0,42	0,0023
7 kunlik ildiz	46,98± 0,36	35,52± 0,46	0,0001

Shuni, ta’kidlash kerakki, har ikki turda ham antioksidant fermentlar (peroksidaza va superoksiddismutaza) faolligi stress omili ta’sir qilish vaqti ortib borishi bilan asta-sekin kamayadi. Bu holat fotosintez tizimining yuqori miqdordagi tuzga asta-sekin moslashuvi va reaktiv kislorod shakllarining (ROS) kamroq hosil bo‘lishi mumkinligini taxmin qilishga imkon beradi.

Dissertatsiyaning IV bobi “*Atriplex* turkumiga mansub o‘simlik genlarining molekulyar genetik va bioinformatik tahlili” deb nomlangan bo‘lib, unda o‘simliklarning abiotik stresslarga, xususan, sho‘rga chidamliligida muhim ro‘l o‘ynovchi ko‘plab genlar o‘rganilgan. *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarining sho‘rlanishga chidamliligini molekulyar-genetik tadqiq qilish uchun 22 ta gen ro‘yxati tuzildi hamda ularga bioinformatik tahlil o‘tkazildi. Ushbu tahlil davomida genlarning ilmiy nomlari (NCBI ma’lumotlar bazasidagi nomlari), ular kodlaydigan oqsillar/fermentlarning nomlari (NCBI va UniProt bazalariga ko‘ra, <https://www.uniprot.org/>), genlarning o‘lchami (nukleotid juftlarida), ularning xromosomalardagi soni va joylashuvi aniqlandi.

Keyinchalik, Tair genomlar bazasi (www.arabidopsis.org) va EnsemblPlants o‘simlik genomlari bazasidagi genlarning nukleotid ketma-ketliklariga asoslanib, NCBI Primer-BLAST, Primer3web version 4.0.0 (<http://primer3.ut.ee/>) va Vector NTI Advance 11 dasturlari yordamida praymerlar ishlab chiqildi. Praymerlarning funktsionalligi NCBI ma’lumotlar bazasida Nucleotide Blast va Primer Blast dasturlari yordamida *in silico* validatsiya qilindi. Keyinchalik, ishlab chiqilgan praymerlar *A. pratovii* va *A. moneta* o‘simliklarda sho‘rlanishga chidamlilik genlarini aniqlash uchun ishlatildi.

PZR tahlili natijalari shuni ko‘rsatdiki, foydalanilgan 22 ta to‘g‘ri va teskari praymerlar juftlaridan faqat *ABI5* (*ABA insensitive 5*), *NCED1* (*carotenoid cleavage dioxygenase 1*) va *NHX* (*cation/H+ exchanger*) genlari uchun uchta praymer juftida amplifikatsiya amalga oshdi (4-rasm).



4-rasm. 3,5 % agaroza gelida *ABI5*, *NCED1* va *NHX* genlarining PZR mahsulotining elektroforegrammasi: M – DNK molekulyar og‘irlik belgisi; a – *Atriplex pratovii* o‘simligi; b – *Atriplex moneta* o‘simligi.

Ikkala o‘simlik turida ham *NHX* genini chuqurroq o‘rganish uchun ushbu gen Senger usuli yordamida ketma-ketligi aniqlandi.

Nukleotid ketma-ketliklarining ko‘p martalik tekislanishi UGENE dasturi yordamida amalga oshirilib, *NHX* genining to‘liq o‘lchamli genom ketma-ketligi hosil qilindi. *A. pratovii* uchun bu ketma-ketlik uzunligi 185 juft asosini (j.a.), *A. moneta* uchun esa 194 juft asosini (j.a.) tashkil qildi. Tekislanish natijasida *A. pratovii* o‘simligining *NHX* geni ketma-ketligida HindIII (AMGCTT) restriksiya sayti aniqlangan bo‘lib, u 149-154 j.a. pozitsiyasida joylashgan. Shu bilan birga, *A. moneta* o‘simligining ushbu geniga o‘xshash ketma-ketlikda restriksiya saytlar aniqlanmadi.

Atriplex turkumiga mansub o‘simliklarning *NHX* genida umumiy nukleotid ketma-ketliklarini tahlil qilishda ko‘rsatilganidek, purin asoslaridan adenin, pirimidin asoslaridan esa timin ustunlik qildi (3-jadval).

Timin tarkibi *A. moneta* o‘simligida 26,82 %dan *A. gmelini* o‘simligida 34,62 %gacha o‘zgaradi, sitozin – *A. gmelini* o‘simligida 19,3 %dan *A. pratovii* o‘simligida 29,45 %gacha, adenin – *A. dimorphostegia* o‘simligida 23,86 %dan *A. moneta* o‘simligida 36,31 %gacha, guanin – *Atriplex pratovii* o‘simligida 13,5 %dan *A. dimorphostegia* o‘simligida 22,9 %gacha o‘zgaradi.

A+T/G+C nisbati bo‘yicha yetakchi *A. moneta* bo‘lib, uning qiymati 1,71 ga teng. Shu turda G+C/A+T nisbati eng past bo‘lib, 0,58 ga teng (3-jadval).

NHX genining *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklaridagi ketma-ketliklari o‘rtasidagi evolyutsion divergensiyani MEGA11 dasturida maksimal ehtimollik modeli yordamida o‘rganish natijalari, saytlar orasidagi asoslar almashtirishining miqdori 1,73 ga teng ekanligini ko‘rsatdi.

3-jadval

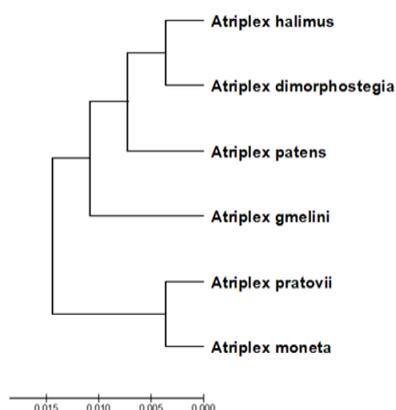
Atriplex turkumiga mansub o‘simliklarning *NHX* genida purin va pirimidin asoslarining tarkibi

	T(U), %	C, %	A, %		G, %	A+T/G+C	G+C/A+T
<i>Atriplex pratovii</i>	30,06	29,45	26,99		13,50	1,33	0,75
<i>Atriplex patens</i>	32,91	20,32	23,92		22,84	1,32	0,76
<i>Atriplex moneta</i>	26,82	22,35	36,31		14,53	1,71	0,58
<i>Atriplex halimus</i>	33,03	20,44	23,98		22,54	1,33	0,75
<i>Atriplex gmelini</i>	34,62	19,30	25,98		20,10	1,54	0,65
<i>Atriplex dimorphostegia</i>	32,79	20,44	23,86		22,90	1,31	0,77

Shuningdek, 6 turdagi *Atriplex* o‘simliklarida *NHX* genining ketma-ketliklaridagi shunga o‘xshash baholash, *A. pratovii* o‘simliklarining eng katta evolyutsion divergensiyasini *A. dimorphostegia* va *A. halimus* bilan kuzatildi, ularning almashtirishlar soni 3,24 va 3,44 ga teng. *A. moneta* uchun eng katta divergensiya *A. patens*, *A. halimus* va *A. dimorphostegia* bilan kuzatildi, bunda almashtirishlar soni mos ravishda 6,21, 6,09 va 6,06 bo‘ldi. Bundan tashqari, eng kichik evolyutsion divergensiya *A. patens* – *A. halimus* va *A. patens* – *A. dimorphostegia* juftlari o‘rtasida kuzatildi, almashtirishlar soni esa 0,04 bo‘ldi.

Kodondan asoslangan neytral Z-testidan o‘tkazilgan tahlil, *NHX* genining Ka:Ks qiymati barcha *Atriplex* turkumi o‘simliklarida 1 dan kichik bo‘lishini ko‘rsatdi, bu esa ushbu genning genoma ketma-ketliklarida funksiyalarini saqlab qolishini anglatadi. Bu, *Atriplex* turkumi o‘simliklarida *NHX* geni uchun stabilizatsion tanlov borligini va uning himoya funksiyasini saqlashga yordam berishini ko‘rsatadi, bu esa bu o‘simliklar uchun stress sharoitida muvaffaqiyatli rivojlanish imkonini beradi.

Olingan natijalar, evolyutsion nuqtayi nazardan, *A. patens*, *A. halimus* va *A. dimorphostegia* bir kladda joylashgan, *A. pratovii* va *A. moneta* esa boshqa kladda ekanligini taxmin qilishga imkon beradi. Bu xulosani MEGA11 dasturida maksimal ehtimollik usuli va Tamura-Nei modeli asosida hamda qo‘shni juftliklarni birlashtirish metodidan foydalanib o‘tkazilgan filogenetik tahlil tasdiqladi (5-rasm).



5-rasm. *Atriplex* turkumiga mansub o‘simliklarning evolyutsion bog‘lanishlari *NHX* genining ketma-ketliklari asosida o‘rganildi.

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o‘simliklaridagi *rbcL* genining xloroplast genamlari amplifikatsiyasi jarayonida ushbu genning ikkala turda ham amplifikatsiyalanishi aniqlangan. Keyinchalik Senger metodiga asoslangan *rbcL* genining ketma-ketligini aniqlash amalga oshirildi. UGENE dasturidan foydalanib amalga oshirilgan ko‘p tomonlama nukleotid ketma-ketliklarini taqqoslandi, *A. pratovii* 604 j.a. va *A. moneta* 579 j.a. uzunlikdagi to‘liq o‘lchamdagi genom ketma-ketligini shakllantirdi. *A. pratovii* o‘simligining *rbcL* geni ketma-ketligida 3 ta restriksion saytlar topildi: DraI (TTTAAA), 40-45 pozitsiyada joylashgan, EcoRV (GATATC), 106-111 pozitsiyada, PstI (CTGCAGT), 167-172 pozitsiyada joylashgan. Shuningdek, 2 ta ochiq o‘qish ramkasi (ORF) topildi, ular quyidagi pozitsiyalarda joylashgan: 349-594 pozitsiyalar oralig‘ida 246 j.a. uzunlikdagi va 497-604 pozitsiyalar oralig‘ida 108 j.a. uzunlikdagi.

Bundan tashqari, *A. moneta* o‘simligi *rbcL* geni ketma-ketligida ham 3 ta restriksion sayt mavjudligi ko‘rsatilgan: DraI (TTTAAA), 15-20 pozitsiyada, EcoRV (GATATC), 81-86 pozitsiyada, PstI (CTGCAGT), 142-147 pozitsiyada joylashgan. Shuningdek, 2 ta ochiq o‘qish ramkasi (ORF) mavjud bo‘lib, ular quyidagi pozitsiyalarda joylashgan: 324-569 pozitsiyalar oralig‘ida 246 j.a. uzunlikdagi, 472-579 pozitsiyalar oralig‘ida 108 j.a. uzunlikdagi.

Atriplex turkumidagi 33 ta o‘simlikning *rbcL* geni ketma-ketliklarini bioinformatik tahlil qilish natijasida, bu genning nukleotid ketma-ketliklari yuqori darajada konservativligi va ularning o‘zgarishlarining kamligi aniqlangan. Ushbu faraz NCBI ma’lumotlar bazasidan amalga oshirilgan BLASTN tahlili bilan tasdiqlandi, bu esa barcha olingan ketma-ketliklarning *Atriplex* turlarining *rbcL* genlari bilan 98,67 %dan 100 %gacha bo‘lgan maksimal identifiklik bilan o‘xshashligini ko‘rsatdi.

Atriplex turkumidagi o‘simliklar *rbcL* geni nukleotid ketma-ketliklarining umumiy tahlili shuni ko‘rsatdiki, purin asoslaridan adenin, pirimidin asoslaridan esa timin ko‘proq uchraydi.

DnaSP ver. 6 dasturida *rbcL* genining ketma-ketliklari konservativ DNK hududlarini qidirish orqali 2 ta konservativ hudud aniqlangan:

1) HRMRKGYBNNNMGG
GYWSWWKYKRMSAVAKRATDRRRAGKKCYKWWYKTRMYRSKRAYT
RSKWRWYMSKRKSRTWMWSYRYRAMTACTWMHYWGKSKSATTMWY
KSCRARWWMWWSBTYKDCTYMTKMWYRYCSASMKWRYRRTSYWCK
YMKKYAYWKMYASMSWGMARWRYMHKSRKWTVYWSWTMSRYRKA
MKARYYAWRGYRTBMMSTYYSKYKKRYKRRSWMAMKMKTYAYKYY
KGTMYSGTRGWRRKYAWRYTYRWWSKRGWAMSRKMKWWKRYWWK
MKKBWWKGWKRAWKWRMTAYKWSWTKAKKHTWYKKWRAWWKAC
YRMRKKMKKRKTATWYWKWWWAMKMMMKMWBKSGTKKY

(pozitsiya 693-1083, konservativlik darajasi 0,207 va gomozigotlik darajasi 0,862);

2) TYMWBCYYGKKKYTYRSRMSRKRTKYWCKDYSSGHWKMTK
CSKGMKSTAWYCRMGWYKRYRKRKRYSWKYYYKWACYRMRRTYTK
KKGRRKRAYTYTRDRMYACMVTTKGGKGRAKGMACYKKRKGMYRY
MSBKRRKSGARTRSMYCKRGWRSYRTRKSKAMWMMKMYRKMWYK

(pozitsiya 1095-1271, konservativlik darajasi 0,249, gomozigotlik darajasi esa 0,887).

MEGA11 dasturida maksimal ehtimollik modelini qo'llagan holda *A. pratovii* va *A. moneta* o'simliklari orasidagi *rbcL* genining ketma-ketliklari bo'yicha evolyutsion diversiyalikni baholash natijasida, ketma-ketliklar orasidagi bazalar almashtirish miqdori 2,0 bo'lishi aniqlandi (4-jadval).

4-jadval

Atriplex turkumidagi o'simliklar orasida *rbcL* geni ketma-ketliklarining evolyutsion diversiya baholari:

	<i>A. vallerensis</i>	<i>A. umbellata</i>	<i>A. tatarica</i>	<i>A. italensis</i>	<i>A. suberecta</i>	<i>A. semibaccata</i>	<i>A. rotundifolia</i>	<i>A. retusa</i>	<i>A. repanda</i>	<i>A. pratovii</i>	<i>A. portulacoides</i>	<i>A. philippii</i>	<i>A. peruviana</i>	<i>A. patula</i>	<i>A. nummularia</i>	<i>A. moneta</i>	<i>A. maximovicziana</i>	<i>A. madariagae</i>	<i>A. lentiformis</i>	<i>A. imbricata</i>	<i>A. hortensis</i>	<i>A. glaucescens</i>	<i>A. farinosa</i>	<i>A. chivicola</i>	<i>A. chilense</i>	<i>A. centralasiatica</i>	<i>A. canescens</i>	<i>A. cana</i>	<i>A. calotheca</i>	<i>A. billardierei</i>	<i>A. atacamenensis</i>	<i>A. argentina</i>		
<i>A. vallerensis</i>																																		
<i>A. umbellata</i>	0,0																																	
<i>A. tatarica</i>	1,7	1,7																																
<i>A. italensis</i>	0,0	0,0	1,7																															
<i>A. suberecta</i>	0,0	0,0	1,7	0,0																														
<i>A. semibaccata</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0																													
<i>A. rotundifolia</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0																												
<i>A. retusa</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0																											
<i>A. repanda</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																										
<i>A. pratovii</i>	2,0	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0																									
<i>A. portulacoides</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0																								
<i>A. philippii</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0																							
<i>A. peruviana</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0																						
<i>A. patula</i>	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,1	2,3	2,4	2,4																					
<i>A. nummularia</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,0	2,4																				
<i>A. moneta</i>	2,1	2,2	1,9	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2																			
<i>A. maximovicziana</i>	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	2,1	1,9	2,1																		
<i>A. madariagae</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,2	1,9																	
<i>A. lentiformis</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0																
<i>A. imbricata</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0															
<i>A. hortensis</i>	2,2	2,2	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	2,2	0,0	2,2	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2														
<i>A. glaucescens</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2													
<i>A. farinosa</i>	1,6	1,6	2,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6	2,5	1,9	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6												
<i>A. chivicola</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6											
<i>A. chilense</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,2	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6	0,0										
<i>A. centralasiatica</i>	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8							
<i>A. canescens</i>	1,6	1,6	1,9	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6	2,5	2,0	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6	0,0	1,6	1,6	1,6	2,0							
<i>A. cana</i>	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	0,0	2,0						
<i>A. calotheca</i>	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	0,0	2,0	0,0					
<i>A. billardierei</i>	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	0,0	2,3	2,2	2,1	2,3	2,3	2,3	0,0	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,4	2,1	2,4	2,4				
<i>A. atacamenensis</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,2	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6	0,0	0,0	1,8	1,6	1,8	1,8	2,3				
<i>A. argentina</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6	0,0	0,0	1,8	1,6	1,8	1,8	2,3	0,0			

Quyidagi 33 *Atriplex* turlari o'rtasidagi *rbcL* gen ketma-ketliklari uchun o'xshash baholashni o'tkazish, *A. pratovii* o'simligining eng katta o'zgarish va evolyutsion diversifikatsiyasi *A. patula*, *A. hortensis*, *A. cana* va *A. calotheca* bilan kuzatilishini ko'rsatdi, o'zgarishlar soni 2,1 (4-jadval). *A. moneta* uchun esa eng katta diversifikatsiya *A. farinosa* va *A. canescens* bilan kuzatilgan, nukleotid almashishlari soni 2,5 (4-jadval)ga teng. Bundan tashqari, eng kam evolyutsion diversifikatsiya *A. pratovii* – *A. tatarica* va *A. moneta* – *A. tatarica* juftliklarida kuzatilgan bo'lib, nukleotid almashishlari soni mos ravishda 1,5 va 1,9 ga teng (4-jadval).

Kodlar bo'yicha Z-testning neytrallik tahlili, ketma-ketliklar o'rtasidagi Ka:Ks qiymatining 1 dan kichikligini ko'rsatdi, bu *Atriplex* turlari o'simliklaridagi *rbcL* genining genetik ketma-ketliklaridagi funksiyalarining saqlanib qolganligini anglatadi. Bu esa *rbcL* genining kuchli stabilizatsiyalovchi tanlanishga uchraganligini ko'rsatadi, chunki bu gen o'simliklarga yuqori darajada fotosintez qilishga yordam beradi, ayniqsa, kuchli sho'rlanish sharoitlarida. Bu natijalar adabiyot ma'lumotlari bilan mos keladi, ularning ta'kidlashicha, galofitlarning fotosintetik apparati sho'rlanishning zararli ta'sirlariga qarshi yuqori chidamliligiga ega va stress sharoitlarida muvaffaqiyatli o'sadi.

Olingan natijalar, *A. pratovii* va *A. tatarica* turlari evolyutsion jihatdan eng yaqin ekanligini taxmin qilishga imkon beradi, bu esa MEGA11 dasturida maksimal ehtimollik usuli va Tamura-Nei modeli, shuningdek, yaqin juftliklarni birlashtirish usulidan foydalangan holda o'tkazilgan filogenetik tahlil orqali tasdiqlandi.

Nukleotid ketma-ketliklarining ko'p marta taqqoslanishi, UGENE dasturidan foydalangan holda, ITS2 hududi ketma-ketligi *Atriplex pratovii* 496 j.a. va *Atriplex moneta* 489 j.a. ketma-ketlikni shakllantirdi.

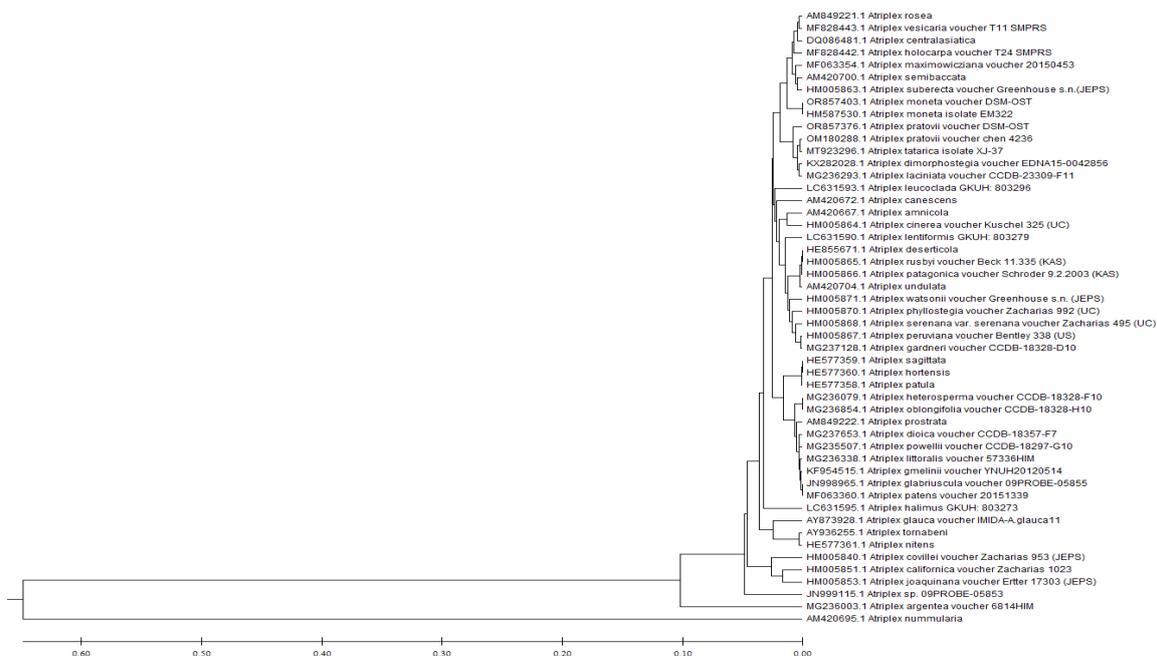
Atriplex turkumidagi 25 ta turlar uchun ITS2 speyser ketma-ketliklarini bioinformatik tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, ITS2 speyser ketma-ketliklari yetarlicha konservativdir. BLASTN tahlili, NCBI ma'lumotlar bazasiga qarshi amalga oshirilgan, barcha olingan ketma-ketliklar ITS2 ribosomal RNA ketma-ketliklariga yuqori darajada o'xshashlikni ko'rsatgan, identifiklik baholari 92 %dan 100 %gacha bo'lgan. Ko'pgina ketma-ketliklar uchun BLASTN ning E-value parametri juda past bo'lgan (ya'ni nolga yaqin), bu esa taqqoslashlarning muhimligini ko'rsatadi.

Atriplex pratovii va *Atriplex moneta* o'rtasidagi ITS2 speyser ketma-ketliklarining evolyutsion diversifikatsiyasini baholash, MEGA11 dasturida maksimal ehtimollik modeli yordamida amalga oshirildi va ITS2 speyser ketma-ketliklarining konservativligi haqidagi gipotezani tasdiqladi, shuningdek, *A. pratovii* – *A. moneta* juftligi o'rtasidagi nukleotid almashishlarining soni 1,75 ga tengligini ko'rsatdi.

Atriplex turkumining 25 ta turidan ITS2 speyser ketma-ketliklari bo'yicha o'tkazilgan baholash shuni ko'rsatdiki, *A. pratovii* uchun eng ko'p o'zgartirishlar va shuning uchun eng katta evolyutsion diversifikatsiya *A. vesicaria* bilan kuzatiladi, o'zgartirishlar soni 1,94 ga teng. *A. moneta* uchun eng katta diversifikatsiya *A. rotundifolia* bilan kuzatiladi va o'zgartirishlar soni 2,08 ga teng. Shuningdek, eng kam evolyutsion diversifikatsiya *A. pratovii* – *A. portulacoides* va *A. moneta* – *A. longipes* juftliklarida kuzatilgan, o'zgartirishlar soni 1,71 ga teng. Bundan tashqari, to'liq o'xshash ketma-ketliklar va o'zgartirishlar soni 0 bo'lgan juftliklar ham aniqlangan: *A. praecox* – *A. littoralis*, *A. praecox* – *A. heterosperma*, *A. oblongifolia* – *A. littoralis*.

Olingan ma'lumotlar va nukleotid ketma-ketliklari asosida, *Atriplex* turkumining filogenetik aloqalarini o'rganish uchun NCBI ma'lumotlar bazasidan olingan 50 ta *Atriplex* turi ITS2 speyser ketma-ketliklari ishlatilgan (6-rasm).

Filogenetik daraxtda, *Atriplex pratovii* (voucher DSM-OST) va *Atriplex pratovii* (voucher Chen 4236) izolatlari o'rtasidagi farqlar ko'rsatilgan, 2023-yilda nemis olimlari A.Tserdoner, A.P.Suhorukov va boshqalar tomonidan o'rganilgan. Sekvenatsiya qilingan genning kichik qismi polimorfizm mavjudligi sababli farq qiladi va natijada ular filogenetik daraxtda bir xil kladada joylashmagan. Bu ularning geografik joylashuvi va populyatsiyalarning izolyatsiyasi bilan bog'liq bo'lishi mumkin, bu esa bitta nukleotidli polimorfizmlarning paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin.



6-rasm. ITS2 nukleotid ketma-ketligi asosida *Atriplex* turlarining filogenetik daraxti (Neighbor-Joining algoritmidan foydalanilgan).

Filogenetik tahlil natijalariga asoslangan holda, o‘rganilgan *Atriplex pratovii* (voucher DSM-OST) izolatini ma’lumotlar bazasiga joylashtirildi. Shuningdek, NCBI ma’lumotlar bazasiga biz tomonidan o‘rganilgan *Atriplex moneta* (voucher DSM-OST) izolatini kiritildi, u nemis olimlari G. Kadereit, E.V. Mavrodiyev, E.H. Zakarias va A.P. Suhorukov tomonidan 2011-yilda o‘rganilgan *Atriplex moneta* EM322 izolati bilan bir xil genetik guruhda joylashdi (6-rasm).

Shunday qilib, olib borilgan tadqiqotlar ITS2 speyserini *Atriplex* turkumiga oid molekulyar-genetik turlarni identifikatsiya qilishda foydalanish imkoniyatini ko‘rsatdi, bu esa adabiyotlarda keltirilgan ma’lumotlar bilan mos keladi, chunki ayni paytda bu speyser turli o‘simliklarni identifikatsiya qilish va filogenetik tadqiqotlar uchun ishlatilmoqda.

XULOSA

Biologiya fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun yozilgan dissertatsiya asosida quyidagi xulosalar keltirildi:

1. Birinchi marta O‘zbekiston hududida o‘sadigan *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarida tuzga chidamli *ABI5*, *NCED1* hamda *NHX* genlari amplifikatsiya qilingan.

2. Birinchi marta, *Atriplex* turkumiga mansub o‘simliklarda *NHX* genining molekulyar tavsifi o‘tkazildi hamda ushbu gen tuzilmasi stabilizatsiyalovchi tanlanish ta’sirida sezilarli darajada o‘zgarish sodir bo‘lmagani aniqlangan.

3. Birinchi marta *A. pratovii* va *A. moneta* o‘simliklari tuproqdan makroelementlarni ajratib olish hamda to‘plash qobiliyatining farqli ekanligi aniqlangan: *A. pratovii* natriy va xlor ionlarini samarali utilizatsiya qiladi, *A. moneta* esa magniy, kaliyning va fosforning to‘planishini amalga oshiradi. *A.*

pratovii o‘simliklarida mis va stronsiy miqdori statistika jihatidan oshganligi, *A. moneta* o‘simliklarida esa kobalt, temir, nikel va rux miqdori oshganligi asoslangan.

4. *A. pratovii* o‘simliklarida stressli aminokislotalarning, ya’ni asparagin kislotasi, serin, prolin, valin, leysin, izoleysin va gistidin miqdorining oshgani aniqlangan.

5. Antioksidant fermentlarining (peroksidaza va superoksiddismutaza) faolligi *A. pratovii* o‘simliklari ildizida *A. moneta* o‘simliklari bilan solishtirganda yuqoriroq ekanligi ko‘rsatilgan.

6. Birinchi marta O‘zbekiston hududida o‘sadigan *Atriplex pratovii* va *Atriplex moneta* o‘simliklarining ITS2 hududi hamda *rbcL* genining nukleotidlar ketma-ketligi aniqlandi va NCBI ma’lumotlar bazasidan ro‘yxatdan o‘tkazilgan (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1).

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.В.01.13 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ БИОФИЗИКИ И
БИОХИМИИ НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА УЗБЕКИСТАНА**

ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ И БИОХИМИИ

МАТЧАНОВА ДУРДОНА ШАПУРОВНА

**ИЗУЧЕНИЕ ГЕНОВ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА
ATRIPLEX, НА ПРИМЕРЕ *A. PRATOVII* И *A. MONETA***

03.00.01 – Биохимия

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (Phd) по биологическим наукам**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2024.3.PhD/B383.

Диссертационная работа выполнена в Институте биофизики и биохимии при Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском и английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.ibb-nuu.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyounet.uz).

Научный руководитель:	Мухамедов Рустам Султонович доктор биологических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Абдуллаев Алишер Абдумавлонович доктор биологических наук Шахмурова Гулнара Абдуллаевна доктор биологических наук, профессор
Ведущая организация:	Центр геномики и биоинформатики АН РУз

Защита диссертации состоится «___» _____ 2025 г. в ___ часов на заседании Научного Совета DSc.03/30.12.2019.B.01.13 по присуждению ученых степеней при Институте биофизики и биохимии Национального университета Узбекистана. (Адрес:100174, г.Ташкент, Алмазарский район, Студенческий городок, ул. Университетская, 174. Тел. 246-68-96.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института биофизики и биохимии Национального университета Узбекистана (зарегистрированной за №___). Адрес:100174, г. Ташкент, Алмазарский район, Студенческий городок, ул. Университетская, 174. Тел: (99871) 246-68-96.e-mail: ibb-nuu@mail.ru; mamurjon2281@mail.ru.

Автореферат диссертации разослан: «___» _____ 2025 года.
(реестр протокола рассылки №___ от «___» _____ 2025 года).

Сабиров Равшан Заирович
Председатель Научного совета
по присуждению ученых степеней, д.б.н., академик

Позилев Маъмуржон Комилжонович
Ученый секретарь Научного совета по присуждению
ученых степеней д.б.н., профессор

Кадирова Дилбар Абдуллаевна
Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению ученых степеней, д.б.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность исследования. В настоящее время проблема засоления почв представляет собой глобальную угрозу, которая затрагивает 1300 млн га почвы, что составляет примерно 7% поверхности суши Земли. Нехватка пресной воды для орошения и продолжающаяся деградация сельскохозяйственных земель, вызванная солевым стрессом, приводят к значительным потерям производительности сельского хозяйства, особенно в засушливых и полузасушливых районах.

Международное сотрудничество в области борьбы с засолением почв и устойчивого развития сельского хозяйства приобретает особую важность. Разработка инновационных подходов, обмен научными знаниями и совместные проекты между странами позволяют найти эффективные решения этой проблемы. Особое внимание уделяется изучению растений-галофитов, способных выживать и плодоносить в условиях высокого солевого стресса, а также методам биоремедиации, которые способствуют восстановлению плодородия почв.

В нашей стране проводится значительная работа в этом направлении. Узбекистан активно развивает исследования, направленные на повышение устойчивости сельскохозяйственных культур к неблагоприятным условиям, включая засоление почв, а также на разработку технологий улучшения состояния деградированных земель. Эти задачи напрямую связаны с реализацией Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы¹, которая предусматривает внедрение передовых научных достижений для повышения доходов фермеров, увеличения урожайности и роста сельскохозяйственного сектора.

Данная диссертационная работа направлена на решение задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3682 от 27 апреля 2018 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы практического внедрения инновационных идей, технологий и проектов», Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-3899 от 6 августа 2018 г. «О мерах по повышению эффективности системы интеграции научной и инновационной деятельности» и другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование проводилось в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики V. «Сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Исследования молекулярных механизмов солеустойчивости растений галофитов проводятся во всем мире. Ученые A. Mishra (2017), L. Wang (2006), Y. Zhang (2022), T. Li (2023), T.W. Braukmann, A.J. Fazekas (2017), M. Tester, R. Ben Saad, P.J. Maughan (2015),

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 г. «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

проанализировали их экспрессию и изучили физиологические параметры, такие как активность антиоксидантных ферментов.

Ученые стран Содружества Независимых Государств (СНГ) В. В. Бараненко (2006), А. Н. Бояркин (1951), Н. Ф. Власов, Г. П. Зятчина (2000), также провели исследования изучая активности ферментов, таких как супероксиддисмутаза и пероксидаза, в ответ на солевой стресс. Они изучили связь между активностью антиоксидантных ферментов и солеустойчивостью растений. А.П. Сухоруков изучал растения видов рода *Atriplex* в разных регионах мира (1995-2016 гг.).

В нашей республике У.П. Пратов (1985-1993 гг.) стал первым систематиком, изучавшим виды рода *Atriplex*, произрастающие в Средней Азии и Северной Африке. Профессор С.Г. Шеримбетов изучал виды галофитов (2017). Первоначальные исследования профессора Р.С. Мухамедова были посвящены изучению выделения белков и пептидов из растений. О.Т. Тургинов в своих научных работах исследовал флору южной части Узбекистана (2017). Х.У. Холбекова изучает виды растений рода *Atriplex* (2019-2024 г.). Ученые Г.М. Набиева, Ф.Н. Кушанов и О.С. Тураев проводят исследования, посвященные молекулярно-биологическим и генетическим особенностям растений рода *Atriplex* (2021-2024).

Однако до сих пор не проведены работы, по комплексной оценке, рисков ГМ-хлопчатника на здоровье человека и окружающую среду.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами высшего учебного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа в рамках плана научно-исследовательских работ инновационного проекта инновационного гранта А-ФА-2021-539 Института биоорганической химии АН РУз в рамках практического проекта (2021-2023 гг.) по теме «Создание на основе клеточных технологий новых форм растений, адаптированных к экологическим условиям Южного Аралкума».

Целью работы изучение биохимических особенностей и молекулярно-генетическая характеристика генов солеустойчивости и видоспецифичных генов растений *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta*.

Задачи исследования:

определение взаимосвязи макро- и микроэлементов в растениях видов *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta* с составом химических элементов в образцах почвы.

определение содержания общих белков и свободных аминокислот в растениях видов *A. pratovii* и *A. moneta*.

анализ активности антиоксидантных ферментов пероксидаза и супероксиддисмутаза в растениях видов *A. pratovii* и *A. moneta*.

характеристика генов солеустойчивости в растениях видов *A. pratovii* и *A. moneta*.

характеристика видоспецифичных генов в растениях видов *A. pratovii* и *A. moneta*.

Объектом исследования являются растения *Atriplex pratovii*, произрастающие на высохшем дне Аральского моря, и *Atriplex moneta*,

произрастающие на песках и гипсоносных глинах предгорья Байсуна в Сурхандарьинской области.

Предметом исследования является изучение генов солеустойчивости и видоспецифичности, состава свободных аминокислот, содержания азота в белках, макро-микроэлементного состава, а также активности ферментов в растениях видов *A. pratovii* и *A. moneta*.

Методы исследования. При проведении исследовательской работы использовались такие методы, как высокоэффективная жидкостная хроматография, спектрофотометрия, гель-электрофорез, ПЦР, которые широко применяются в биохимии и молекулярной генетике.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые установлено, что растения *A. pratovii* и *A. moneta* обладают различной способностью извлекать из почвы и аккумулировать макроэлементы: *A. pratovii* эффективно утилизирует ионы натрия и хлора, а *A. moneta* - магния, калия и фосфора;

выявлено, что у *A. pratovii* статистически значимо повышено содержание меди и стронция, тогда как у *A. moneta* – кобальта, железа, никеля и цинка;

обнаружено, что в *A. pratovii* наблюдается повышенное содержание стрессовых аминокислот: аспарагиновой кислоты, серина, пролина, валина, лейцина, изолейцина и гистидина;

показано, что активность антиоксидантных ферментов (пероксидазы и супероксиддисмутазы) была выше в проростках *A. pratovii* по сравнению с *A. moneta*;

впервые, амплифицированы гены солеустойчивости *ABI5*, *NCED1* и *NHX* в видах *A. pratovii* и *A. moneta*, произрастающих на территории Узбекистана;

впервые проведена молекулярная характеристика гена *NHX* у растений рода *Atriplex* и установлено, что структура данного гена изменялась незначительно под влиянием стабилизирующего отбора;

впервые определена и зарегистрирована в базе данных NCBI (OR857376.1, OR857403.1, PP011105.1, PP027936.1) нуклеотидная последовательность региона ITS2 и гена *rbcL* растений *A. pratovii* и *A. moneta*, произрастающих в Узбекистане.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

установлено, что *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta* способны эффективно поглощать из почвы соли и могут быть использованы при фиторемедиации засоленных почв;

доказано, что *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta* можно использовать в качестве индикаторных растений для определения трудноопределяемых элементов в почве;

обнаружено, что по содержанию белка в биомассе *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta* могут успешно использоваться в качестве кормовых культур и иметь потенциальную полезность в сельском хозяйстве.

установлено, что маркерные гены солеустойчивости, обнаруженные в растениях *A. pratovii* и *A. moneta*, представляют собой ценный источник для трансформации культурных растений;

доказано, что нуклеотидная последовательность региона ITS2 и гена *rbcL* растений *A. pratovii* и *A. moneta* можно использовать для молекулярно-генетической идентификации видов *Atriplex*.

Достоверность результатов исследования подтверждается полученными результатами с использованием современных биохимических, молекулярно-биологических и физико-химических методов, статистических методов и биоинформатических программ, обсуждением результатов научного исследования на международных и республиканских научно-практических конференциях и их опубликованием в научных изданиях, а также регистрацией последовательностей генов в международной базе данных NCBI.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования обосновывается изучением способности растений *A. pratovii* и *A. moneta* извлекать из почвы и аккумулировать различные ионы, исследованием биохимических механизмов адаптации галофитов к засолению, выявлением генов солеустойчивости *ABI5*, *NCED1* и *NHX* в видах *A. pratovii* и *A. moneta*, молекулярной характеристикой гена *NHX*, а также определением нуклеотидной последовательности региона ITS2 и гена *rbcL* растений *A. pratovii* и *A. moneta*

Практическая значимость результатов исследования обосновывается регистрацией в базе данных NCBI (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1) нуклеотидная последовательность региона ITS2 и гена *rbcL* растений *A. pratovii* и *A. moneta*, произрастающих в Узбекистане.

Внедрение результатов исследования.

На основании научных результатов изучения солеустойчивых и видоспецифичных генов растения *Atriplex pratovii*, произрастающих на высохшем дне Аральского моря:

результаты исследования генов солеустойчивости *ABI5*, *NCED1*, *NHX* растений *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta*, а также стандартных видоспецифичных генов ITS2 и *rbcL* использованных для идентификации генов солеустойчивости растений видов *Atriplex undulata* и *Atriplex pratovii*, были использованы в прикладном проекте AL4721035462 на тему "Создание цифрового банка геоинформации для разработки новых сортов пустынных продовольственных культур" (утверждено постановлением Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан № 4/17-4/4-12000 от 18 декабря 2023 года). Результаты позволили провести молекулярно-генетическую оценку солеустойчивости растений, произрастающих в пустынных регионах, а также выполнить филогенетический анализ, что создало возможность для флористов всего мира провести филогенетический анализ рода *Atriplex*, произрастающего в Центральной Азии;

результаты исследований по изучению стандартных видоспецифичных генов ITS2 и *rbcL* растений *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta*, а также полученные на их основе нуклеотидные последовательности региона ITS2 и гена *rbcL* этих растений, произрастающих в Узбекистане, были

зарегистрированы в базе данных NCBI (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1). Результаты позволили провести молекулярно-генетическую идентификацию этих видов, а также обеспечить основу для дальнейших исследований в области филогенетики и генетики солеустойчивости.

Апробация результатов исследования. Результаты данного диссертационного исследования представлены на 5 международных и 11 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликована 21 научная работа, из них 5 научных статей, в том числе 4 в республиканских и 1 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией РУз для публикации научных результатов диссертаций.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, 4 глав, выводов и списка использованной литературы. Объём диссертации без учета использованной литературы составляет 110 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, формулируются цель и задачи, объект и предмет исследования, приводится соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложена научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, внедрение результатов исследования в практику, приведены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В I главе диссертации «**Молекулярные механизмы устойчивости галофитов к солевому стрессу**» проведен анализ состояния и тенденций развития теории в области молекулярных и биохимических механизмов устойчивости галофитов к солевому стрессу. Проанализирован потенциал использования галофитов в качестве фиторемедиаторов почв, источника продуктов питания и биологически активных веществ. Также обобщены данные по морфологической адаптации галофитов к засолению. Наряду с этим рассмотрены физиологические механизмы адаптации галофитов, а также их молекулярно-генетическая и протеомная регуляция.

Несмотря на то, что рядом узбекских ученых проводились биохимические и молекулярно-генетические исследования растений рода *Atriplex*, их механизмы адаптации к различным стрессовым факторам остаются недостаточно изученными. Учитывая это, важно определить молекулярно-биологические и биохимические особенности растений, произрастающих на высохшем дне Аральского моря. Это имеет как научное, так и практическое значение.

Данная глава носит общий и аналитический характер и направлена на формирование основной концепции исследования.

Во II главе диссертации «**Материалы, условия и методы исследования**», описаны дизайн исследования, в которой подробно рассматриваются методы, использованные в ходе выполнения диссертационной работы. Здесь приведено детальное описание объектов исследования, методов молекулярной биологии, включая выделение ДНК, проведение ПЦР и секвенирования, методов биоинформатического анализа, биохимических методов.

В III главе диссертации «**Сравнительный химический и биохимический анализ растений рода *Atriplex***» представлены результаты экспериментов, в которых проведен анализ макро- и микроэлементов, определение азота в белке, определено содержание свободных аминокислот, а также проанализированы активности антиоксидантных ферментов в растениях *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta*.

При этом в ходе исследований были определены 42 макро- и микроэлементов в вегетативных органах (листьев и стеблях) 2 видов растений, *Atriplex pratovii* - произрастающего на высохшем дне Аральского моря и *Atriplex moneta* - произрастающего на песках и гипсоносных глин предгорья Байсуна в Сурхандарьинской области. В результате анализа данных, мы можем наблюдать различия в содержании химических элементов в обеих растениях. Например, растение *Atriplex pratovii* характеризуется повышенным содержанием натрия, хлора и кальция, в то время как в растении *Atriplex moneta* отмечается повышенное содержание калия и магния. Проведённый анализ показал наличие существенных различий в минеральном составе образцов растений (рис. 1).

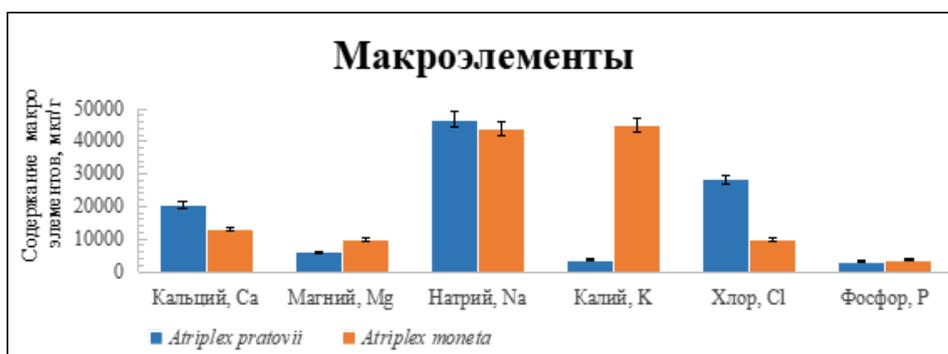


Рис. 1. Количественные соотношения макроэлементов у *A. pratovii* и *A. moneta*, мкг/г

Концентрация 40 химических элементов определена впервые в результате анализа проб, взятых из почвенных слоев, привезенных из разных мест районов, из высохшего дна Аральского моря и из предгорья Байсуна в Сурхандарьинской области. Большинство этих элементов было обнаружено и в растительных образцах.

В результате анализа установлено наличие взаимных различий между минералами в почве видов растений (рис. 2).



Рис. 2. Взаимосвязь содержания минеральных веществ у растений рода *Atriplex* и почвами, мкг/г

Установлено, что концентрация кальция в растении *A. pratovii* почти соответствует его содержанию в почве, тогда как в растении *A. moneta* она в два раза выше. Содержание натрия одинаково в почве, где произрастает растение *A. pratovii*, но в *A. moneta* концентрация натрия в 30,9 раза выше, чем в почве. В растении *Atriplex pratovii* концентрация хлора в растении и почве идентична. В растении *A. moneta* концентрация хлора в два раза ниже, чем в почве. Таким образом в растении *A. pratovii* концентрация кальция на 1,6 раза, концентрация натрия на 1,1 раза и концентрация хлора 2,9 раза выше, чем в растении *A. moneta*. Соответственно, в почве, где произрастает *A. pratovii*, концентрация натрия в 33,2 раза и хлора в 1,3 раза выше, чем в почве, где произрастает *A. moneta*, однако концентрация кальция в почве растения *A. moneta* была на 1,2 раза выше. Микроэлементы барий, бром, медь и стронций содержатся в больших количествах в растении *A. pratovii*, но их содержание в почве была меньше. В то же время элементы ртути, таллий, цинк и железа в значительных количествах присутствуют в растении *A. moneta*, но и их содержание в почве была меньше. Следовательно, почва высохшего дна Аральского моря солёная за счёт высокого содержания натрия и хлора, тогда как почва предгорья Байсуна гипсовая и богата кальцием. Растения рода *Atriplex* обладает индикаторными свойствами благодаря своему содержанию важных макро- и микроэлементов.

Продуктивность видов растений, составляющих естественные пастбища, разбросанные по пустынным районам нашей республики, может быть рекомендована, как ценные природные кормовые виды, в зависимости от количества в их составе витаминов, углеводов, белков и пептидов.

С этой целью провели работу по определению количества общих белков из состава вегетативных органов (листьях и стеблях) и их почв 2 образцов видов растений (табл. 1).

Содержания белка в растении *A. moneta* было на 1,31% выше, чем в растении *A. pratovii*. Также содержание белка в почвах предгорья Байсуна в Сурхандарьинской области оказалось на 0,68% выше по сравнению с содержанием белка в почвах высохшего дна Аральского моря. Результаты сравнительного анализа показали, что, количество азота и общего белка были ниже в почве высохшего дна Аральского моря и растения *A. pratovii*, чем в почве предгорья Байсуна и растения *A. moneta* (азот в растениях= 0,23% и в почвах 0,12%).

Таблица 1.

Содержание азота и белка в почвах и растениях, произрастающих на изучаемой территории, %

№	Параметры	<i>A. pratovii</i> M±Se	<i>A. moneta</i> M±Se	P-Value	Почва высохшего дна Аральского моря	Почва предгорья Байсуна в Сурхандарьинско й области	P-Value
1	Содержание азота	2,8± 0,03	3,03± 0,03	0,0019	0,29± 0,02	0,41± 0,01	0,0091
2	Содержание белков	17,61± 0,34	18,92± 0,1	0,0744	1,82± 0,07	2,5± 0,05	0,001

На основании полученных данных статистического анализа можно сделать вывод, что содержания белка в *A. pratovii* и *A. moneta* показал незначительные различия, что указывает на их схожую пищевую ценность. Оба вида могут успешно использоваться в качестве кормовых культур, несмотря на низкое содержание белка в почве, что подтверждает их потенциальную полезность в сельском хозяйстве.

В результате анализа установлено количество 20 свободных аминокислот в органах растений *A. pratovii* и *A. moneta*. В результате анализа были выявлены следующие результаты. Уровень свободных аминокислот, особенно пролина, серина, аспарагиновой кислоты, валина, лейцина, изолейцина и гистидина, существенно выше в *A. pratovii*. В то время как *A. moneta* выделяется более высоким содержанием всех остальных 13 аминокислот (Рис. 3).

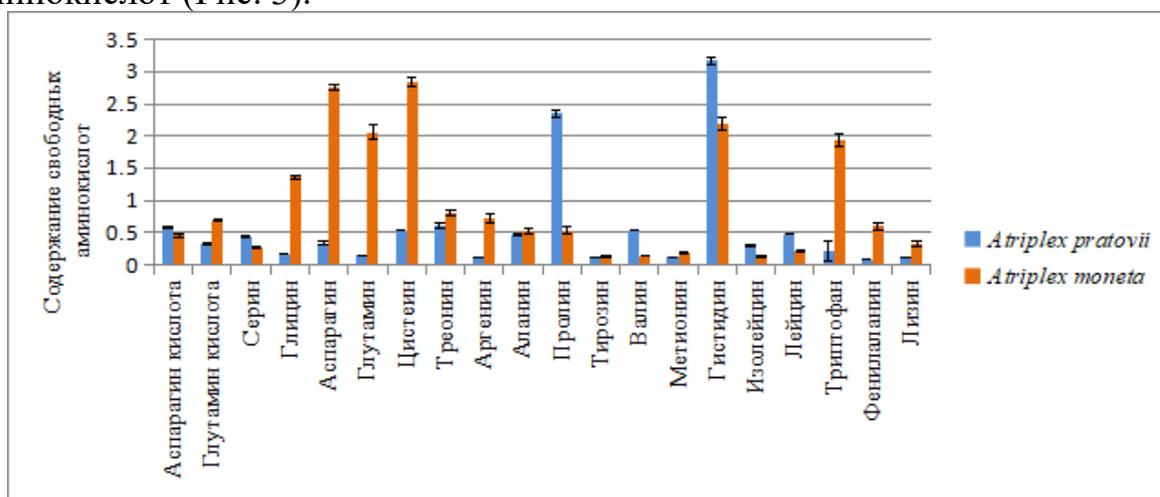


Рис. 3. Сравнительный анализ аминокислот у *A. pratovii* и *A. moneta*, мг/г

Также было показано, что количество аминокислот увеличивается в растениях в условиях солевого стресса (рис. 3). У *A. pratovii* содержание пролина в 4,4 раза выше, а гистидина в 1,4 раза выше, чем у *A. moneta*. Установлено, что разница по аминокислотам составила от 0,12 до 1,82 мг/г.

В растении *A. moneta* содержание глицина в 8 раза и фенилаланина в 7,5 раза больше, чем в растении *A. pratovii*, которые также является стрессовой аминокислотой. Это свидетельствует о высокой адаптивной способности *A. pratovii* к стрессовым условиям, что подчеркивает его способность эффективно адаптироваться к экстремальным условиям окружающей среды.

Кроме того, на следующем этапе была изучена активность антиоксидантных ферментов (пероксидазы и супероксиддисмутазы) у 3-суточных, 5-суточных и 7-суточных проростков проростков *A. pratovii* и *A. moneta*. При этом было показано, что у *A. pratovii* и *A. moneta* активность ферментов изменяется в зависимости от условий окружающей среды и длительности воздействия солевого стресса (см. табл. 2). В условиях стресса, вызванного соленостью почвы или дефицитом воды, активность ферментов увеличилась, так как они играют важную роль в защите растений от окислительного стресса. Кроме того, следует отметить, что активность обоих ферментов была выше у *A. pratovii*, чем у *A. moneta* (табл. 2)

Активность пероксидазы в растениях *A. pratovii* и *A. moneta* измеряли три раза: у трехсуточных проростков, пятисуточных проростков и семисуточных проростков. Самое маленькое количество активности пероксидазы составило у семисуточных проростков, а самое большое количество активности составило у трехсуточных проростков (табл. 2).

Таблица 2.

Показатели активности ферментов в растениях рода *Atriplex*, Ед/мг белка, n=3

Время	M±Se		P-Value
	<i>A. pratovii</i>	<i>A. moneta</i>	
Активность пероксидазы			
3-хсуточные проростки	43,13± 0,38	28,44± 0,42	<0,0001
5-тисуточные проростки	31,41± 0,45	20,43± 0,46	0,0004
7-мисуточные проростки	18,78± 0,39	14,47± 0,34	0,0003
Активность супероксиддисмутазы			
3-хсуточные проростки	70,18± 0,36	62,25± 0,46	0,0002
5-тисуточные проростки	62,74± 0,6	57,55± 0,42	0,0023
7-мисуточные проростки	46,98± 0,36	35,52± 0,46	0,0001

Также необходимо отметить, что у обоих видов активность обоих антиоксидантных ферментов (пероксидазы и супероксиддисмутазы) постепенно снижается с увеличением времени воздействия стрессового фактора, что позволяет предположить о постепенной адаптации фотосинтетической системы к высокому содержанию соли и меньшей генерации АФК.

В IV главе диссертации «Молекулярно-генетический и биоинформатический анализ генов растений рода *Atriplex*» были изучены гены, играющие важную роль в устойчивости растений к абиотическим стрессам, особенно к засолению. Для молекулярно-генетического изучения солеустойчивости растений *A. pratovii* и *A. moneta* был составлен список из 22 генов и проведен их биоинформационный анализ, в ходе которого были определены научные названия (имена в базе данных NCBI), названия белков/ферментов, которые они кодируют согласно базе данных NCBI и UniProt (<https://www.uniprot.org/>), размеры генов (в парах нуклеотидов), их количество на хромосомах и их позиции.

Далее на основании нуклеотидных последовательностей генов из базы данных геномов Tair (www.arabidopsis.org) и базы данных геномов растений EnsemblPlants были разработаны праймеры с помощью программы NCBI Primer-BLAST, Primer3web version 4.0.0 (<http://primer3.ut.ee/>) и Vector NTI Advance 11. Функциональность праймеров валидировалась *in silico* в базе данных NCBI с использованием программ Nucleotide Blast и Primer Blast. В дальнейшем сконструированные праймеры были использованы для идентификации генов солеустойчивости у *A. pratovii* и *A. moneta*.

Результаты ПЦР анализа показали, что из использованных 22 пар праймеров амплификация прошла только по 3 парам прямых и обратных праймеров для генов *ABI5* (ABA insensitive 5), *NCED1* (carotenoid cleavage dioxygenase 1) и *NHX* (cation/H⁺ exchanger) (рис. 4).

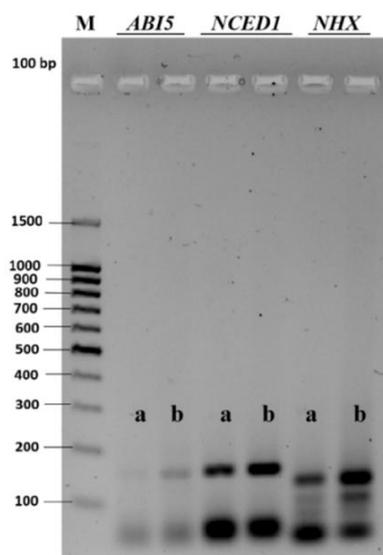


Рис. 4. Электрофореграмма ПЦР продукта генов *ABI5*, *NCED1* и *NHX* в 3,5% агарозном геле: М - Маркер молекулярного веса ДНК; **a** - растение *A. pratovii*; **b** - растение *A. moneta*.

Для более глубокого изучения гена *NHX* у обоих видов растений было проведено секвенирование методом Сэнгера.

Множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей, которое проводили с использованием UGENE, сформировало полноразмерную геномную последовательность гена *NHX* длиной 185 пар оснований для *Atriplex pratovii* и 194 пары оснований для *Atriplex moneta*. При этом в последовательности гена *NHX* у *Atriplex pratovii* был найден один сайт рестрикции HindIII (AMGCTT), локализованный в позиции 149-154 п.о., тогда как для последовательности аналогичного гена у *Atriplex moneta* сайты рестрикции не найдены.

При анализе общего содержания нуклеотидов в гене *NHX* у растений рода *Atriplex* было показано, что из пуриновых оснований преобладает аденин, а из пиримидиновых – тимин (табл. 4).

При этом содержание тимина варьировало от 26,82% у *Atriplex moneta* до 34,62% у *Atriplex gmelini*, цитозина – от 19,3% у *Atriplex gmelini* до 29,45%

Atriplex pratovii, аденина – от 23,86 у *Atriplex dimorphostegia* до 36,31 у *Atriplex moneta*, гуанина – от 13,5% у *Atriplex pratovii* до 22,9% у *Atriplex dimorphostegia*. По соотношению А+Т/Г+С лидером является *Atriplex moneta* со значением 1,71. У данного же вида наблюдается наименьшее соотношение Г+С/А+Т, равное 0,58 (табл. 3).

Таблица 3

Содержание пуриновых и пиримидиновых оснований в гене *NHX* у растений
рода *Atriplex*

	T(U), %	C, %	A, %		G, %	A+T/G+C	G+C/A+T
<i>Atriplex pratovii</i>	30,06	29,45	26,99		13,50	1,33	0,75
<i>Atriplex patens</i>	32,91	20,32	23,92		22,84	1,32	0,76
<i>Atriplex moneta</i>	26,82	22,35	36,31		14,53	1,71	0,58
<i>Atriplex halimus</i>	33,03	20,44	23,98		22,54	1,33	0,75
<i>Atriplex gmelini</i>	34,62	19,30	25,98		20,10	1,54	0,65
<i>Atriplex dimorphostegia</i>	32,79	20,44	23,86		22,90	1,31	0,77

Оценка эволюционной дивергенции между последовательностями гена *NHX* у *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta*, проведенной в программе MEGA11 с использованием модели максимального составного правдоподобия, показало, что количество замен оснований на сайте между последовательностями составило 1,73.

Проведение аналогичной оценки для последовательностей гена *NHX* у 6 видов растений рода *Atriplex* показало, что наибольшее число замен и, следовательно, наибольшая эволюционная дивергенция для *Atriplex pratovii* наблюдается с *Atriplex dimorphostegia* и *Atriplex halimus* составляет 3,24 и 3,44, соответственно. Для *Atriplex moneta* наибольшая дивергенция наблюдается с *Atriplex patens*, *Atriplex halimus* и *Atriplex dimorphostegia*, а значения числа замен нуклеотидов составляет 6,21, 6,09 и 6,06, соответственно. Кроме того, следует отметить, что наименьшая эволюционная дивергенция наблюдалась для пар *Atriplex patens* - *Atriplex halimus* и *Atriplex patens* - *Atriplex dimorphostegia* со значением числа замен нуклеотидов, равным 0,04.

Z-тест на нейтральность на основе кодонов для анализа между последовательностями показал, что значение $K_a:K_s$ для гена *NHX* было меньше 1 у всех растений рода *Atriplex*, что указывает на сохранение функций данного гена в геномных последовательностях. Это позволяет сделать вывод о стабилизирующем отборе для гена *NHX* у растений рода *Atriplex*, что позволяет сохранить его защитную функцию, помогая растениям данного рода успешно произрастать в стрессовых условиях.

Полученные результаты позволяют предположить, что эволюционно *Atriplex patens*, *Atriplex halimus* и *Atriplex dimorphostegia* находятся в одном кладе, а *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta* – в другом, что подтверждается проведенным филогенетическим анализом в программе MEGA11 с использованием как метода максимального правдоподобия и модели Tamura-Nei [107], так и метода объединения соседних пар (рис. 5).

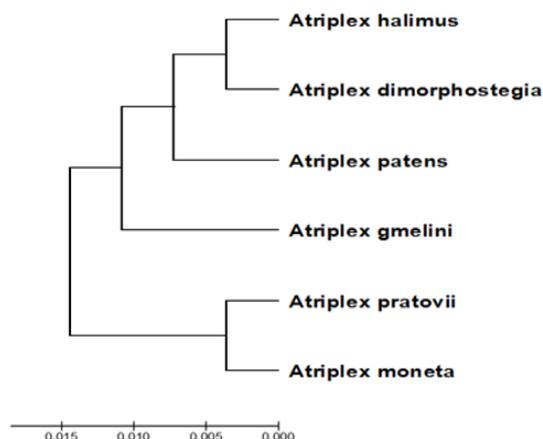


Рис. 5. Эволюционные связи видов растений рода *Atriplex* на основании последовательностей гена *NHX*.

При амплификации гена *rbcL* из хлоропластного генома *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta* было обнаружено, что данный ген амплифицируется у обоих видов. Далее было проведено секвенирование последовательности гена *rbcL* по методу Сэнгера. Множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей, которое проводили с использованием UGENE, сформировало полноразмерную геномную последовательность гена *rbcL* длиной 604 п.о. для *Atriplex pratovii* и 579 п.о. для *Atriplex moneta*. При этом в последовательности гена *rbcL* у *Atriplex pratovii* было найдено 3 сайта рестрикции: DraI (TTTAAA), локализованный в позиции 40-45 п.о., EcoRV (GATATC), локализованный в позиции 106-111 п.о., и PstI (CTGCAGT), локализованный в позиции 167-172 п.о., а также 2 открытые рамки считывания, локализованные в позиции 349-594 с длиной 246 п.о. и в позиции 497-604 с длиной 108 п.о.

Кроме того, показано, что последовательность гена *rbcL* у *Atriplex moneta* также содержит 3 сайта рестрикции: DraI (TTTAAA), локализованный в позиции 15-20 п.о., EcoRV (GATATC), локализованный в позиции 81-86 п.о., и PstI (CTGCAGT), локализованный в позиции 142-147 п.о., а также 2 открытые рамки считывания, локализованные в позиции 324-569 с длиной 246 п.о. и в позиции 472-579 с длиной 108 п.о.

При проведении биоинформатического анализа последовательностей гена *rbcL* из 33 видов рода *Atriplex* было выявлено, что нуклеотидные последовательности гена, кодирующего большую субъединицу RuBPC, обладает достаточной консервативностью и различия между ними незначительны. Это предположение было подтверждено BLASTN анализом по базе данных NCBI, который показал, что все полученные последовательности показали сходство с геном *rbcL* видов *Atriplex* с максимальными оценками идентичности в диапазоне от 98,67% до 100%.

При анализе общего содержания нуклеотидов в гене *rbcL* у растений рода *Atriplex* было показано, что из пуриновых оснований преобладает аденин, а из пиримидиновых – тимин.

Поиск консервативных регионов ДНК в последовательностях гена *rbcL* из растений рода *Atriplex*, выполненный в программе DnaSP ver. 6, позволил выявить наличие 2 таких регионов:

1) HRMRKGYBNNMGG
GYWSWWKYKRMSAVAKRATDRRRAGKKCYKWWYKTRMYRSAKRAYT
RSKWRWYMSKRKSRTWMWSYRYRAMTACTWMHYWGKSKSATTMWY
KSCRARWWMWSBTYKDCTYMTKMWYRYCSASMKWRYRRTSYWCK
YMKKYAYWKMYASMSWGMARWRYMHKSRKWTVYWSWTMSRYRKA
MKARYYAWRGYRTBMMSTYYSKYKKRYKRRSWMMAKMKTYAYKYY
KGTMYSGTRGWRRKYAWRYTYRWWSKRGWAMSRKMKWWKRYWWK
MKKBWWKGWKRAWKWRMTAYKWSWTKAKKHTWYKKWRAWWKAC
YRMRKKMKRKTATWYWKWWWAMKMMMKMWBKSGTKKY (позиция
693-1083, степень консервативности – 0,207, степень гомозиготности –
0,862);

2) TYMWBCYYGKKKYTYRSRMSRKRTKYWCKDYYSGHWKMTK
CSKGMKSTAWYCRMGWTYKKYRKRKRYSWKYYYKWACYRMRRTYTK
KKGRRKRAYTYTRDRMYACMVTTKGGKGRAKGMACYKKRKGMYRY
MSBKRRKSGARTRSMYCKRGWRSYRTRKSKAMWMGMKYRKMWYK
(позиция 1095-1271, степень консервативности – 0,249, степень
гомозиготности – 0,887).

Оценка эволюционной дивергенции между последовательностями гена *rbcL* у *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta*, проведенной в программе MEGA11 с использованием модели максимального составного правдоподобия, показала, что количество замен оснований на сайте между последовательностями составило 2,0 (табл. 4). Проведение аналогичной оценки для последовательностей гена *rbcL* у 33 видов растений рода *Atriplex* показало, что наибольшее число замен и, следовательно, наибольшая эволюционная дивергенция для *A. pratovii* наблюдается с *A. patula*, *A. hortensis*, *A. cana* и *A. calotheca*, а число замен составляет 2.1 (табл. 4). Для *A. moneta* наибольшая дивергенция наблюдается с *A. farinosa* и *A. canescens*, а значение числа замен нуклеотидов составляет 2,5 (табл. 4). Кроме того, следует отметить, что наименьшая эволюционная дивергенция наблюдалась для пар *A. pratovii* - *A. tatarica* и *A. moneta* - *A. tatarica* со значением числа замен нуклеотидов, равным 1,5 и 1,9, соответственно (табл. 4).

Проведенный на основе кодонов Z-тест на нейтральность для анализа между последовательностями показал, что значение $K_a:K_s$ для гена *rbcL* было меньше 1 практически для всех пар видов растений рода *Atriplex*, что указывает на сохранение функций данного гена в геномных последовательностях.

Это позволяет сделать вывод о сильном стабилизирующем отборе для гена *rbcL* у растений рода *Atriplex*, что позволяет сохранить его основную функцию, помогая растениям данного рода осуществлять фотосинтез на высоком уровне в условиях сильного засоления. Это хорошо согласуется с данными литературы, в которых показано, что фотосинтетический аппарат

галофитов обладает большей устойчивостью к повреждающему действию засоления успешно произрастать в стрессовых условиях.

Таблица 4

Оценки эволюционной дивергенции между последовательностями для гена *rbcL* у растений рода *Atriplex*

	<i>A. vallenarensis</i>	<i>A. undulata</i>	<i>A. tatarica</i>	<i>A. tatalensis</i>	<i>A. suberecta</i>	<i>A. semibaccata</i>	<i>A. rotundifolia</i>	<i>A. retusa</i>	<i>A. repanda</i>	<i>A. pratovii</i>	<i>A. portulacoides</i>	<i>A. phillyppei</i>	<i>A. peruviana</i>	<i>A. patula</i>	<i>A. nummularia</i>	<i>A. moneta</i>	<i>A. maximoviciana</i>	<i>A. madariagae</i>	<i>A. lentiformis</i>	<i>A. imbricata</i>	<i>A. hortensis</i>	<i>A. glaucescens</i>	<i>A. farinosa</i>	<i>A. elvicolae</i>	<i>A. chitcae</i>	<i>A. chilensis</i>	<i>A. centralasiatica</i>	<i>A. canescens</i>	<i>A. cana</i>	<i>A. calotheca</i>	<i>A. billardierei</i>	<i>A. atacamenis</i>	<i>A. argentina</i>			
<i>A. vallenarensis</i>	0,0																																			
<i>A. undulata</i>	1,7	1,7																																		
<i>A. tatarica</i>	0,0	0,0	1,7																																	
<i>A. tatalensis</i>	0,0	0,0	1,7	0,0																																
<i>A. suberecta</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0																															
<i>A. semibaccata</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0																														
<i>A. rotundifolia</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0																													
<i>A. retusa</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																												
<i>A. repanda</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0																											
<i>A. pratovii</i>	2,0	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0																										
<i>A. portulacoides</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0																										
<i>A. phillyppei</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0																									
<i>A. peruviana</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0																								
<i>A. patula</i>	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,1	2,3	2,4	2,4																							
<i>A. nummularia</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	2,4	2,4																						
<i>A. moneta</i>	2,1	2,2	1,9	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2																					
<i>A. maximoviciana</i>	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	2,1	1,9	2,1																				
<i>A. madariagae</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,2	1,9																			
<i>A. lentiformis</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0																		
<i>A. imbricata</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0																	
<i>A. hortensis</i>	2,2	2,2	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,2	2,3	2,2	0,0	2,2	2,2	2,1	2,2	2,2	2,2																
<i>A. glaucescens</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2															
<i>A. farinosa</i>	1,6	1,6	2,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6	2,5	1,9	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6														
<i>A. elvicolae</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6													
<i>A. chitcae</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,2	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6	0,0												
<i>A. chilensis</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6	0,0	0,0											
<i>A. centralasiatica</i>	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8										
<i>A. canescens</i>	1,6	1,6	1,9	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6	2,5	2,0	1,6	1,6	1,6	2,1	1,6	0,0	1,6	1,6	1,6	2,0									
<i>A. cana</i>	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	0,0	2,0								
<i>A. calotheca</i>	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,1	1,8	1,8	1,8	1,8	2,4	1,8	2,0	1,8	1,8	1,8	0,0	2,0	0,0							
<i>A. billardierei</i>	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	0,0	2,3	2,2	2,1	2,3	2,3	2,3	0,0	2,3	2,1	2,3	2,3	2,3	2,4	2,1	2,4	2,4						
<i>A. atacamenis</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,2	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	1,8	1,6	1,8	1,8	2,3					
<i>A. argentina</i>	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	2,1	1,9	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	1,8	1,6	1,8	1,8	2,3	0,0				

Полученные результаты позволяют предположить, что эволюционно наиболее близкими являются виды *Atriplex pratovii* и *Atriplex tatarica*, что подтверждается проведенным филогенетическим анализом в программе MEGA11 с использованием как метода максимального правдоподобия и модели Tamura-Nei, так и метода объединения соседних пар.

Секвенирование и множественное выравнивание нуклеотидных последовательностей, которое проводили с использованием UGENE, сформировало полноразмерную геномную последовательность спейсера ITS2 длиной 496 п.о. для *Atriplex pratovii* и 489 п.о. для *Atriplex moneta*.

При проведении биоинформатического анализа последовательностей спейсера ITS2 из 25 видов рода *Atriplex* было выявлено, что нуклеотидные последовательности спейсера ITS2 обладает достаточной консервативностью. При этом BLASTN анализ по базе данных NCBI показал, что все полученные последовательности проявляли сходство с ITS2 рибосомальной РНК видов *Atriplex* с максимальными оценками идентичности в диапазоне от 92 до 100%. Для большинства последовательностей параметр E-value BLASTN был очень низким (т.е. равным или близким к нулю), что указывает на то, что выравнивания были значимыми.

Оценка эволюционной дивергенции между последовательностями спейсера ITS2 у *Atriplex pratovii* и *Atriplex moneta*, проведенной в программе MEGA11 с использованием модели максимального составного правдоподобия, подтвердила гипотезу о консервативности последовательностей спейсера ITS2 и показала, что количество замен

оснований на сайте между последовательностями для пары *Atriplex pratovii* - *Atriplex moneta* составило 1,75.

Проведение аналогичной оценки для последовательностей спейсера у 25 видов растений рода *Atriplex* показало, что наибольшее число замен и, следовательно, наибольшая эволюционная дивергенция для *A. pratovii* наблюдается с *A. vesicaria*, а число замен составляет 1,94. Для *A. moneta* наибольшая дивергенция наблюдается с *A. rotundifolia*, а значение числа замен нуклеотидов составляет 2,08.

Кроме того, следует отметить, что наименьшая эволюционная дивергенция наблюдалась для пар *A. pratovii* - *A. portulacoides* и *A. moneta* - *A. longipes* со значением числа замен нуклеотидов, равным 1,71. Кроме того, были обнаружены пары с полным сходством последовательностей и значением числа замен нуклеотидов, равным 0: *A. praecox* – *A. littoralis*, *A. praecox* – *A. heterosperma*, *A. oblongifolia* – *A. littoralis*.

На основе полученных данных и данных секвенирования изучены филогенетические взаимоотношения видов рода *Atriplex* с использованием последовательностей спейсера ITS2, принадлежащих в общей сложности 50 видам рода *Atriplex*, полученных из базы данных NCBI (рис. 6).

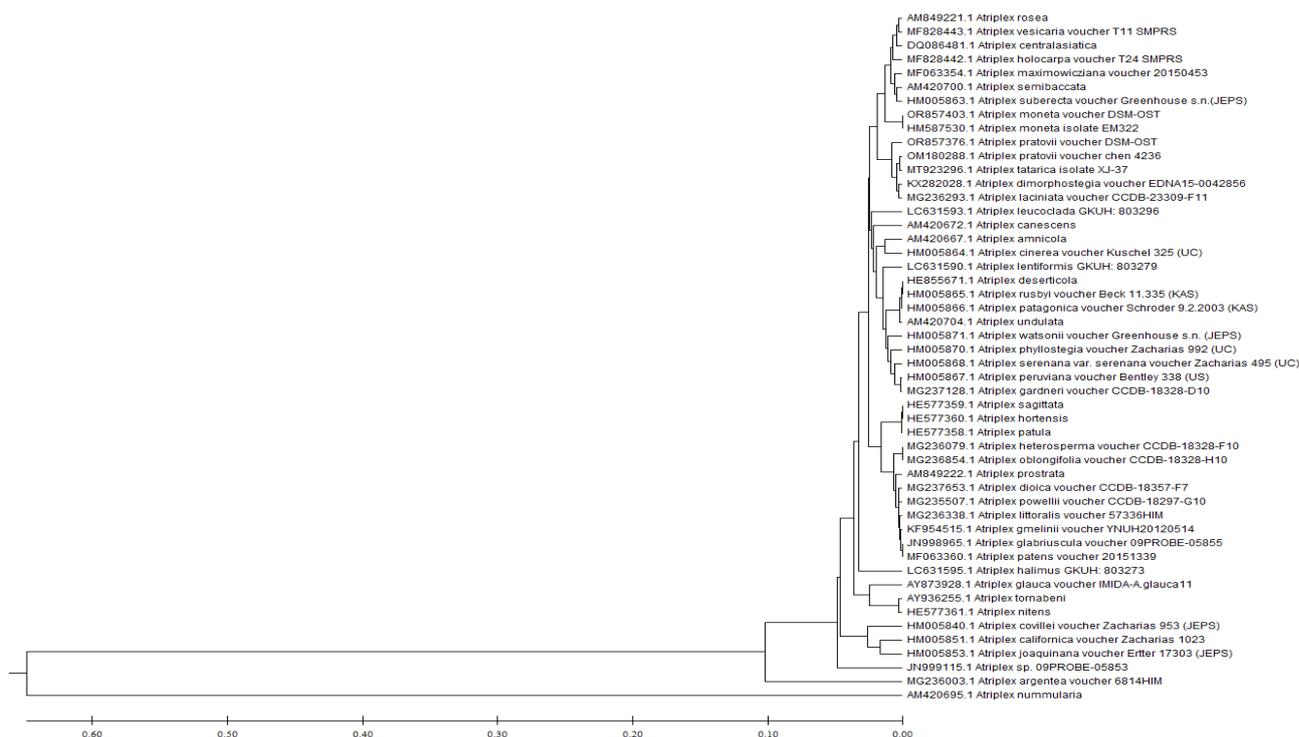


Рис. 6. Филогенетическое дерево видов рода *Atriplex* на основании нуклеотидной последовательности ITS2 (использовался алгоритм Neighbor-Joining)

Филогенетическое дерево показывает отличия между изолятами *Atriplex pratovii* (voucher DSM-OST) и *Atriplex pratovii* (voucher Chen 4236), изученными немецкими учеными А. Цердёнером, А.П. Сухоруковым и другими в 2023 году. Секвенированная небольшая часть гена отличается из-за наличия полиморфизмов, и, как результат, они не находятся в одной кладе на филогенетическом дереве. Это может быть связано с их географическим

местоположением и изолированностью популяций, что может приводить к появлению однонуклеотидных полиморфизмов.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили сделать вывод о возможности использования спейсера ITS2 при молекулярно-генетической видовой идентификации растений рода *Atriplex*, что хорошо коррелирует с данными литературы, в которых показано, что данный участок используется в настоящее время как для идентификации, так и для филогенетических исследований различных растений.

ВЫВОДЫ

На основе исследований, проведенных в рамках диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по биологическим наукам по теме «Изучение генов солеустойчивости растений рода *Atriplex*, на примере *A. pratovii* и *A. moneta*» представлены следующие выводы:

1. Впервые амплифицированы гены солеустойчивости *ABI5*, *NCED1* и *NHX* в видах *A. pratovii* и *A. moneta*, произрастающих на территории Узбекистана;

2. Впервые проведена молекулярная характеристика гена *NHX* у растений рода *Atriplex* и установлено, что структура данного гена изменялась незначительно под влиянием стабилизирующего отбора;

3. Впервые установлено, что растения *A. pratovii* и *A. moneta* обладают различной способностью извлекать из почвы и аккумулировать макроэлементы: *A. pratovii* эффективно утилизирует ионы натрия и хлора, а *A. moneta* - магния, калия и фосфора. Выявлено, что у *A. pratovii* статистически значимо повышено содержание меди и стронция, тогда как у *A. moneta* – кобальта, железа, никеля и цинка;

4. Обнаружено, что в *A. pratovii* наблюдается повышенное содержание стрессовых аминокислот: аспарагиновой кислоты, серина, пролина, валина, лейцина, изолейцина и гистидина;

5. Показано, что активность антиоксидантных ферментов (пероксидазы и супероксиддисмутазы) была выше в проростках *A. pratovii* по сравнению с *A. moneta*;

6. Впервые определена и зарегистрирована в базе данных NCBI (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1) нуклеотидная последовательность региона ITS2 и гена *rbcL* растений *A. pratovii* и *A. moneta*, произрастающих в Узбекистане.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.V.01.13 AT THE INSTITUTE OF BIOPHYSICS AND
BIOCHEMISTRY OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

INSTITUTE OF BIOPHYSICS AND BIOCHEMISTRY

MATCHANOVA DURDONA SHAPUROVNA

**STUDY OF SALT TOLERANCE GENES IN PLANTS OF THE *ATRIPLEX*
GENUS: A CASE STUDY OF *A. PRATOVII* AND *A. MONETA***

03.00.01 – Biochemistry

**DISSERTATION ABSTRACT
of the doctor of philosophy (PhD) of biological sciences**

Tashkent – 2025

The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.3.PhD/B383.

The dissertation work was carried out at the Institute of Biophysics and Biochemistry at the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek.

The dissertation author's abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on web-page of Scientific Council (ik-kimyo.nuu.uz) and the Information-educational portal «ZIYONET» (www.ziyonet.uz).www.ibb-nuu.uz) va «ZiyoNet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Scientific supervisor:	Muxamedov Rustam Sultonovich Doctor of biological sciences, professor
Official opponents:	Abdullayev Alisher Abdumavlonovich Doctor of biological sciences Shaxmurova Gulnara Abdullaevna Doctor of biological sciences, professor
The leading organization:	Center of Genomics and Bioinformatics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

The dissertation will be defended on _____ 2025 year ____ at the meeting of the Scientific Council DSc.03/30.12.2019.B.01.13 at the Institute of Biophysics and Biochemistry, at the National University of Uzbekistan at the following address: 100174, Tashkent city, Almazar district, Student`s town, University st., 174. Phone: (99871) 246-68-96.

The dissertation has been registered at the Information Resource Centre of Institute of Biophysics and biochemistry, National University of Uzbekistan (registration number № ____). Address: 100174, Tashkent city, Olmazor district, Student`s town, University st., 174. Phone: (99871) 246-68-96.
e-mail: ibb-nuu@mail.ru; mamurjon2281@mail.ru.

The abstract of the dissertation has been distributed on « ____ » _____ 2025.
(Protocol at the register № ____ dated « ____ » _____ 2025).

Sabirov Ravshan Zairovich
Chairman of scientific degrees awarding
Scientific council, D.B.Sc., academician

Pozilov Mamurjon Komiljonovich
Acting Scientific secretary of scientific degrees
awarding scientific council, D.B.Sc., professor

Kadirova Dilbar Abdullayevna
Chairman of the seminar of scientific degrees
awarding scientific council D.B.Sc., professor

INTRODUCTION (the dissertation abstracts of PhD)

The purpose of research work is to study the biochemical characteristics and molecular-genetic characterization of salt tolerance genes and species-specific genes in *Atriplex pratovii* and *Atriplex moneta* plants.

The object of the research work is plants of the species *Atriplex pratovii*, growing on the dried bottom of the Aral Sea, and the plant *Atriplex moneta*, growing on the sands and gypsum-bearing clays of the Baysun foothills in the Surkhandarya region, was used as a control sample.

Scientific novelty of the research work consists in the following:

It has been established for the first time that the plants *A. pratovii* and *A. moneta* have different abilities to extract and accumulate macronutrients from the soil: *A. pratovii* efficiently utilizes sodium and chloride ions, while *A. moneta* accumulates magnesium, potassium, and phosphorus;

It has been revealed that *A. pratovii* has statistically significantly higher content of copper and strontium, while *A. moneta* has higher content of cobalt, iron, nickel, and zinc;

It was discovered that *A. pratovii* shows increased levels of stress amino acids: aspartic acid, serine, proline, valine, leucine, isoleucine, and histidine;

It was shown that the activity of antioxidant enzymes (peroxidase and superoxide dismutase) was higher in *A. pratovii* seedlings compared to *A. moneta*;

For the first time, salt tolerance genes *ABI5*, *NCED1*, and *NHX* were amplified in the species *A. pratovii* and *A. moneta* growing in Uzbekistan;

For the first time, the molecular characterization of the *NHX* gene in *Atriplex* plants was conducted, and it was found that the structure of this gene changed only slightly under the influence of stabilizing selection;

For the first time, the nucleotide sequence of the ITS2 region and the *rbcL* gene of *A. pratovii* and *A. moneta* plants growing in Uzbekistan was determined and registered in the NCBI database (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1).

Implementation of the research results. Based on the scientific results of studying the salt-tolerant and species-specific genes of the *Atriplex pratovii* plant growing on the dried bed of the Aral Sea:

The results of the study of salt tolerance genes *ABI5*, *NCED1*, and *NHX* in *Atriplex pratovii* and *Atriplex moneta*, as well as the standard species-specific genes ITS2 and *rbcL* used for identifying salt tolerance genes in *Atriplex undulata* and *Atriplex pratovii* plants, were utilized in the applied project AL4721035462 titled "Creating a Digital Geoinformation Database for the Development of New Varieties of Desert Food Crops" (approved by the Decree of the Ministry of Higher Education, Science, and Innovation of the Republic of Uzbekistan No. 4/17-4/4-12000 dated December 18, 2023). The results enabled molecular-genetic evaluation of salt tolerance in plants growing in desert regions, as well as phylogenetic analysis, providing an opportunity for global florists to conduct a phylogenetic analysis of the *Atriplex* genus, which grows in Central Asia;

the results of the research on the standard species-specific genes ITS2 and *rbcL* of *Atriplex pratovii* and *Atriplex moneta*, as well as the nucleotide sequences of the ITS2 region and the *rbcL* gene of these plants growing in Uzbekistan, were registered in the NCBI database (OR857376.1, OR857403.1, PP001105.1, PP027936.1). The results allowed for molecular-genetic identification of these species and provided a foundation for further research in the fields of phylogenetics and salt tolerance genetics.

The structure and volume of the thesis. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusions and list of publications. The volume of the dissertation, excluding the literature used, is 110 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; I part)

1. Абдирахимова С., Шеримбетов С., Холбекова Х., Аманова Г., Матчанова Д., Шаджанова Г. *Atriplex pratovii* ўсимлиги *rbcL* генининг нуклеотидлар кетма-кетлиги // ЎЗМУ Хабарлари. – Т., 2018. – № 3/2. – Б. 4-9 (03.00.00. № 9).

2. Sherimbetov S., Kholbekova H., Matchanova D., Nurmukhamedova V. Molecular phylogeny of the endemic species *Atriplex pratovii* sukhor. (*Chenopodiaceae*) // Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology, 2020. V. 21 (71&72). – P. 41-49. (Scopus CiteScore 0.2).

3. Матчанова Д.Ш., Шеримбетов С.Г., Адылов Б., Ризаев Д.М. Изучение характеристики солеустойчивости гена BADH у видов рода *Atriplex*, произрастающих на высохшем дне Аральского моря // ЎЗМУ Хабарлари. – Т., 2022. Табиий фанлар. – № 3/2. – С. 103-105 (03.00.00. № 9).

4. Матчанова Д.Ш., Кудратова М.К., Тураев О.С., Кушанов Ф.Н. Молекулярный анализ растений *Atriplex pratovii* и *Atriplex tatarica*, произрастающих на высохшем дне Аральского моря // Илмий хабарнома-Научный вестник. – Андижан, 2022. – № 8 (68). – С. 5-12 (03.00.00. № 15).

5. Матчанова Д.Ш., Кушанов Ф.Н., Тураев О.С., Мухамедов Р.С. Изучение содержания макро- и микроэлементов в некоторых видах растения рода *Atriplex* // Илмий хабарнома – Научный вестник. – Андижан, 2023. – № 8 (76). – С. 5-13 (03.00.00. № 15).

II bo'lim (II часть; II part)

6. Матчанова Д.Ш. Количественный анализ белков в растении вида *Atriplex pratovii*, произрастающего на высохшем дне Аральского моря // Выпуск журнала. Universum: химия и биология. – М., 2023. – № 1 (103). – С. 30-33.

7. Матчанова Д.Ш., Шеримбетов С.Г., Холмухамедов Ш.Ш. Изучение генов солеустойчивости *Atriplex pratovii*, произрастающих на высохшем дне Аральского моря / НГПИ им. Ажинияза “Актуальные вопросы науки, образования и воспитания” материалы Республиканской научно-теоретической конференции. – Нукус, 2019. 27-28 март. – С. 63-64.

8. Матчанова Д.Ш., Шеримбетов С.Г., Хайдаров М.М., Ташев Б.Ж. Об изучении генов солеустойчивости растений Узбекистана / “Современные проблемы генетики, геномики и биотехнологии” материалы Республиканской научной конференции. – Ташкент, 2019. 16 май. – С. 229-230.

9. Матчанова Д.Ш., Курбонов К.Ч., Тошмухамедов М.С. Подбор праймеров для амплификации генов *matK* и *rbcL* полиморфных видов

растения рода *Atriplex* / “Современные проблемы генетики, геномики и биотехнологии” материалы Республиканской научной конференции. – Ташкент, 2022. 18 май. – С. 97-98.

10. Абдирахимова С.Ш., Ризаев Д.М., Матчанова Д.Ш., Эшмуратова Н.Ш., Абдуллаева Г.Т., Шеримбетов С.Г. *In vitro* усулида кўпайтирилган *lycium ruthenicum* ўсимлигининг шўрхокликка чидамли генларининг ўрганилиши хусусида / “Биофизика ва биохимия муаммолари” номли илмий конференция. – Тошкент, 2022. 20 май. – Б. 45.

11. Матчанова Д., Тураев О. Морфологические характеристики солеустойчивых генов у растения вида *Atriplex pratovii*, произрастающего в Приаралье / Международная научная конференция “Наука, техника и инновационные технологии в период Возрождения новой эпохи”. – Ашхабад, 2023. 12-13 июнь. – С. 34-35.

12. Матчанова Д., Мухамедов Р. Характеристика солевого стресса и механизмы солеустойчивости растений семейства *Chenopodiaceae* к абиотическим стрессам / Международная научно-практическая конференция “Преемственность в науке – основа устойчивого развития аграрной науки и производства”. – Алмата, 2023. 20-21 апрель. – С. 18-23.

13. Матчанова Д., Кушанов Ф., Набиева Г. Молекулярная характеристика устойчивости пустынных кормовых культур к абиотическим стрессовым факторам / Конференция “Молодой учёный” НУУз. – Ташкент, 2023. 7-8 апрель. – С. 7-9.

14. Матчанова Д.Ш., Мухамедов Р.С. Биохимические особенности растений Приаралья / “Проблемы Биофизики и Биохимии – 2023” материалы научной конференции. – Ташкент, 2023. 19 май. – С. 59.

15. Матчанова Д.Ш., Мухамедов Р.С. Морфологические характеристики генов солеустойчивые у растения вида *Atriplex pratovii* / “Проблемы Биофизики и Биохимии – 2023” материалы научной конференции. – Ташкент, 2023. 19 май. – С. 59.

16. Матчанова Д., Кушанов Ф., Тураев О. Изучение морфологических свойств генов солеустойчивые у растений вида *Atriplex pratovii* / “Фарғона водийсида фан ва технология” мавзусидаги илмий конференция материаллари. – Наманган, 2023. 11-12 май. – Б. 225.

17. Matchanova D.Sh. Study of species of the genus *Atriplex* growing on the territory of Uzbekistan / “XIII International Scientific Researches Conference”. – Baku, 2023. 8 may. – P. 126-129.

18. Матчанова Д.Ш., Мухамедов Р.С. Определение активности антиоксидантных ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы / Международная научная конференция молодых ученых “Наука и инновации”. – Ташкент, 2023. 19 октябрь. – С. 101.

19. Matchanova D.Sh., Muxamedov R.S. Content of free amino acids in *Atriplex pratovii* and *Atriplex moneta* plants / “VII International Scientific Conference”. – Stockholm, 2024. 13-14.02. – P. 106-107.

20. Матчанова Д.Ш., Тураев О.С., Кушанов Ф.Н. Молекулярно-генетический анализ генов растений видов рода *Atriplex* / “Проблемы

Биофизики и Биохимии – 2024” материалы научной конференции. – Ташкент, 2024. 24 май. – С. 98.

21. Матчанова Д.Ш., Тураев О.С., Кушанов Ф.Н. Физико-географическая характеристика растений рода *Atriplex*, произрастающих в различных регионах Узбекистана / “Проблемы продовольственной безопасности и научно-практические решения в условиях глобального изменения климата” материалы Республиканской научно-практической конференции. – Карши, 2024. 4-5 апрель. – С. 115-118.

Автореферат “Ўзбекистон Миллий университети хабарлари” журналида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди: 14.01.2025.

Bosishga ruxsat etildi: 28.01.2025-yil.
Bichimi 60x84^{1/16}, “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 2.8. Adadi: 100. Buyurtma: № 12.
Tel (99) 817 44 54.
Guvohnoma reestr № 219951
“PUBLISHING HIGH FUTURE” OK nashriyotida bosildi.
Toshkent sh., Uchtepa tumani, Ali qushchi ko‘chasi, 2A-uy.