



**OROL DENGIZI QURIGAN TUBIDA UCHROVCHI SALSOLA RICHTERI
O‘SIMLIGI ILDIZI HAMDA ILDIZ ATROFIDAGI TUPROG‘IDA UCHROVCHI
MIKROORGANIZMLARNI MALDI-TOF MS ASOSIDA IDENTIFIKATSIYASI**

<https://doi.org/10.70728/qdpi.v08.i01.017>

Rakhmatullayev Islom

*O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali,
Biotexnologiya kafedrası stajyor o‘qituvchisi
ORCID ID: 0009-0000-9947-6065*

Murodova Sayyora Sobirovna

*O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali,
Biotexnologiya kafedrası professori
ORCID ID: 0000-0003-2592-6304*

O‘ralov Abdumannon Iskandarovich

*O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali,
Biotexnologiya kafedrası mudiri
ORCID ID: 0000-0001-9452-7863*

Abstract. The dried seabed of the Aral Sea is characterized by extreme salinity and arid conditions, and the rhizosphere of plants growing in this region may be enriched with microorganisms adapted to such extreme environments. This study aimed to identify culturable microorganisms associated with the roots and rhizosphere soil of *Salsola richteri*, a widely distributed halophytic plant in the Aral region, using the MALDI-TOF MS method. Soil and root samples were processed using classical microbiological techniques (serial dilution), and pure cultures of several microorganisms were obtained. The isolated strains were subjected to morphological, physiological, and biochemical analyses, followed by identification using the MALDI-TOF MS system. Results indicated that the root-associated and rhizospheric microbial communities were predominantly composed of bacteria from the *Bacillus* and *Enterobacter* genera, as well as actinomycetes from the genus *Rhodococcus*. These microorganisms are adapted to saline and arid environments and play a crucial role in enhancing plant resilience under extreme conditions. The findings

provide a scientific basis for selecting promising microorganisms for phytoremediation and biotechnological applications in the Aral region.

Keywords: Aral Sea, *Salsola richteri*, rhizosphere microorganisms, saline soil, extreme environment, MALDI-TOF MS, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhodococcus*, phytomelioration, biotechnology.

Annotatsiya. Orol dengizi qurigan tubi ekstremal sho‘rlik va qurg‘oqchilik sharoitlari bilan ajralib turadi va bu hududda o‘sovchi o‘simliklarning rizosferasi ekstrimal muhitga adabtatsiya qilgan mikroorganizmlar bilan boy bo‘lishi mumkin. Ushbu tadqiqotda Orolbo‘yi hududida keng tarqalgan galofit o‘simlik — [*Salsola richteri*](#) ildizi va ildiz atrofidagi tuprog‘ida uchrovchi kultivirlanuvchi mikroorganizmlarni **MALDI-TOF MS** usuli asosida identifikatsiya qilish maqsad qilingan. Tuproq va ildiz namunalari klassik mikrobiologik usullar (bosqichli suyultirish) yordamida ajratilib, bir nechta mikroorganizmni sof kulturalari olindi. Ajratilgan izolyatlar morfologik, fiziologik hamda biokimyoviy tahlillaridan so‘ng MALDI-TOF MS tizimi orqali identifikatsiya qilindi. Natijalar rizosfera va ildiz bilan bog‘liq mikroorganizmlar tarkibida asosan *Bacillus*, *Enterobacter* oilalariga mansub bakteriyalar hamda *Rhodococcus* oilasiga mansub aktinomitsetlar ustunligini ko‘rsatdi. Ushbu mikroorganizmlar sho‘rlangan va qurg‘oqchil muhitga moslashgan bo‘lib, o‘simliklarning ekstremal sharoitda barqarorligini ta‘minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Olingan natijalar Orolbo‘yi hududida fitomelioratsiya va biotexnologik maqsadlar uchun istiqbolli mikroorganizmlarni tanlashda ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Orol dengizi, *Salsola richteri*, rizosfera mikroorganizmlari, sho‘rlangan tuproq, ekstremal muhit, MALDI-TOF MS, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhodococcus*, fitomelioratsiya, biotexnologiya

Аннотация. Осушенное дно Аральского моря характеризуется экстремальными условиями высокой засоленности и засушливости, в связи с чем ризосфера растений, произрастающих в данном регионе, может быть обогащена микроорганизмами, адаптированными к экстремальной среде. В данном исследовании поставлена цель идентифицировать культивируемые микроорганизмы, обитающие в корнях и ризосферной почве широко распространенного в Приаралье галофитного растения *Salsola richteri*, с использованием метода MALDI-TOF MS. Почвенные и корневые образцы были выделены с применением классических микробиологических методов (метод последовательных разведений), в результате чего были получены чистые культуры нескольких микроорганизмов. После проведения морфологического, физиологического и биохимического анализа выделенные изоляты были идентифицированы с помощью системы MALDI-TOF MS. Полученные результаты показали, что в составе микроорганизмов, ассоциированных с ризосферой и корнями, преимущественно доминируют бактерии, относящиеся к родам *Bacillus*, *Enterobacter*,

а также актиномицеты рода *Rhodococcus*. Данные микроорганизмы адаптированы к засолённым и засушливым условиям среды и играют важную роль в обеспечении устойчивости растений в экстремальных условиях. Полученные результаты служат научной основой для отбора перспективных микроорганизмов с целью их использования в фитомелиорации и биотехнологических приложениях в регионе Приаралья.

Ключевые слова: Аральское море, *Salsola richteri*, ризосферные микроорганизмы, засолённая почва, экстремальная среда, MALDI-TOF MS, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Rhodococcus*, фитомелиорация, биотехнология.

Kirish: Gipershiddatli ekotizimlar, masalan, tuz ko‘llari va ularning qurishi natijasida hosil bo‘lgan maydonlar, butun dunyo bo‘ylab tarqalgan, ammo ular o‘zaro tuz miqdori va kimyoviy tarkibi jihatidan farq qiladi, bu esa mahalliy geologik xususiyatlar bilan belgilanadi [19]. Ushbu hududlar gipersho‘r bo‘lishidan tashqari, ushbu ekotizimlar ko‘pincha boshqa ekologik ekstremallar bilan ham xarakterlanadi. Masalan, yuqori alkalilik, past kislorod miqdori va yuqori ultrabinafsha (UV) nurlanishi [20]. Bunday hududlarning yaqqol misoli Orol dengizi hamda uning qurigan tubidir.

Orol dengizi – shimolida Qozog‘iston, janubida O‘zbekiston joylashgan endorheik sho‘r ko‘l bo‘lib, 1960-yillarda qisqarishni boshlagan va 2010-yillarga kelib asosan cho‘lga aylangan [21].

Orol dengizining qurib ketishi natijasida uning sobiq havzasida qumli maydonlar paydo bo‘lgan [4, 11] va tuproq hosil bo‘lish jarayoni boshlangan [8]. Natijada, ushbu hududlar taxminan 5,2 million gektarni egallaydi, shundan 3,2 million gektar O‘zbekiston hududida joylashgan. Orol dengizi qurigan tubida o‘simliklarning tarqalishi mintaqaga qarab farq qiladi – janubiy, sharqiy, g‘arbiy, shimoliy va markaziy qismlarda. Faqatgina janubiy qismda 216 ta o‘simlik turi aniqlangan [1, 22]. G‘arbiy qismda esa 4 turkumga mansub 27 ta o‘simlik turi qayd etilgan [2].

Orol dengizi qurigan tubidagi o‘simlik tarkibidagi o‘zgarishlar yillar davomida kuzatilgan. Shu jumladan, yer osti suv darajasining pasayishi natijasida mezofit o‘simlik jamoalarida sezilarli o‘zgarishlar yuz bergan. Bundan tashqari, tuzlarning harakati yangi o‘simlik turlarining paydo bo‘lishiga sabab bo‘lgan, ba’zilari esa yo‘qolgan [3]. O‘simliklarning asta-sekin o‘zgarishiga eng asosiy ta’sir qiluvchi omil – tuproq sho‘rlanishi hisoblanadi [5]. Shuningdek, saholashish jarayoni natijasida Orol dengizi qurigan tubining taxminan 68 % qismini degradatsiya qamrab olgan [6].

Qurigan Orol dengizi havzasining shimoliy qismida asosiy tuproq degradatsiyasi jarayonlariga antropogen tuproq sho‘rlanishi, shamol eroziyasi va tuproq alkalizatsiyasi kiradi [7]. Dastlab, Orol dengizi suvining rangi sho‘r bo‘lmagan; ammo vaqt o‘tishi bilan u juda sho‘rlashgan, bu esa tuproqning kuchli sho‘rlanishi va solonchaklarning hosil

bo‘lishiga olib kelgan [9]. Hozirgi kunda Orol dengizi qurigan tubi asosan galofit va psammofit o‘simlik turlari bilan qoplangan bo‘lib, ularning proyektiv qoplamasi vaqt o‘tishi bilan o‘zgarib turadi [10]. Davriy iqlim o‘zgarishlari esa o‘simliklarning tarqalish naqshiga yanada ta’sir ko‘rsatmoqda [12]. Tuproq sho‘rlanishining kuchayishi o‘simliklarning o‘sishi va rivojlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda [13–15].

Orol dengizi hududidagi sho‘rlikka va qurg‘oqchilikka chidamli o‘simliklar qatorida *Glycyrrhiza* (*Glycyrrhiza glabra*) mavjud bo‘lib, u turli ekologik stresslarga chidamli hisoblanadi [16]. Qurigan Orol dengizi havzasining turli qismlarida uchraydigan yana bir stressga chidamli o‘simlik – *Chenopodium quinoa* [17]. Orol dengizi atrofi bo‘ylab keng tarqalgan *Salicornia L.* o‘simligini o‘rganish va uning rizosferasidan bakteriyalarni izolyatsiya qilib boshqa hududlardagi o‘simliklarga qo‘llash stress sharoitida ijobiy natijalarni ko‘rsatgan [18]. Bundan tashqari ushbu hududda *Salsola richteri*, *Haloxylon aphyllum*, *Calligonum* turkumiga mansub turlar va boshqa o‘simliklar yuqori biomassa hosil qiluvchi dominant turlar sifatida uchraydi.



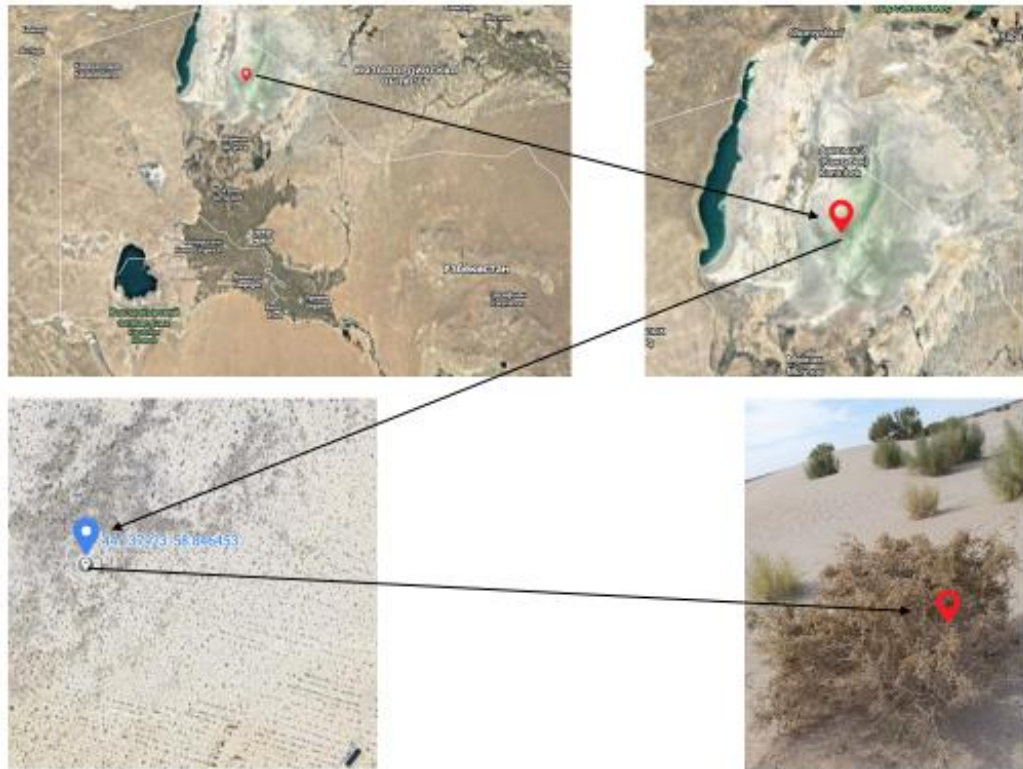
Rasm 1. Orol dengizi qurigan tubida uchrovchi *Salsola richteri* o‘simligi

Salsola richteri (ayrim adabiyotlarda *Salsola richterii* sinonimi bilan ham yuritiladi) turida qumning deflyatsiyasiga (shamol ta’sirida ko‘chishiga) nisbatan

yuqori chidamlilik aniqlangan (Rasm 1). Bu esa mazkur turni ochilgan dengiz tubida ko‘chuvchi qumlarni mustahkamlash (fiksatsiya qilish) uchun istiqbolli o‘simliklar sifatida tavsiya etish imkonini beradi. [23] Yuqorida keltirilgan adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, Orol dengizining qurigan tubida tarqalgan o‘simliklar, xususan *Salsola richteri*, hamda uning rizosfera zonasida uchraydigan mikroorganizmlarni o‘rganish dolzarb ilmiy ahamiyatga ega. Ayniqsa, ushbu mikroorganizmlarning tarkibi va ularni aniq identifikatsiya qilish masalalari yetarli darajada yoritilmagan bo‘lib, bu yo‘nalishdagi tadqiqotlar ekologik va biotexnologik jihatdan muhim hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi: Orol dengizi qurigan tubida uchrovchi *Salsola richteri* o‘simligini ildiz rizosfera (25–30 sm chuqurlikda) qismidan olindi. Tuproq va ildiz namunalari 2025-yil noyabr oyida yig‘ib olindi. Aral dengizining xaritasi va namuna olingan joyning joylashuvi 1-rasmda ko‘rsatilgan. Tadqiqot davomida meteorologik va ob-havo sharoitlari barqaror bo‘lgan. Kuzatuv davri davomida kunduzgi havo harorati taxminan 22 °C bo‘lgan quyoshli ob-havo saqlanib turgan (Rasm 2).

Tuproq va ildiz namunalari aseptik sharoitda olinib, steril plastik idishlarga solingan va 1–2 kun ichida laboratoriyaga yetkazilgan.



Rasm 2. Tuproq namunalari olingan hudud

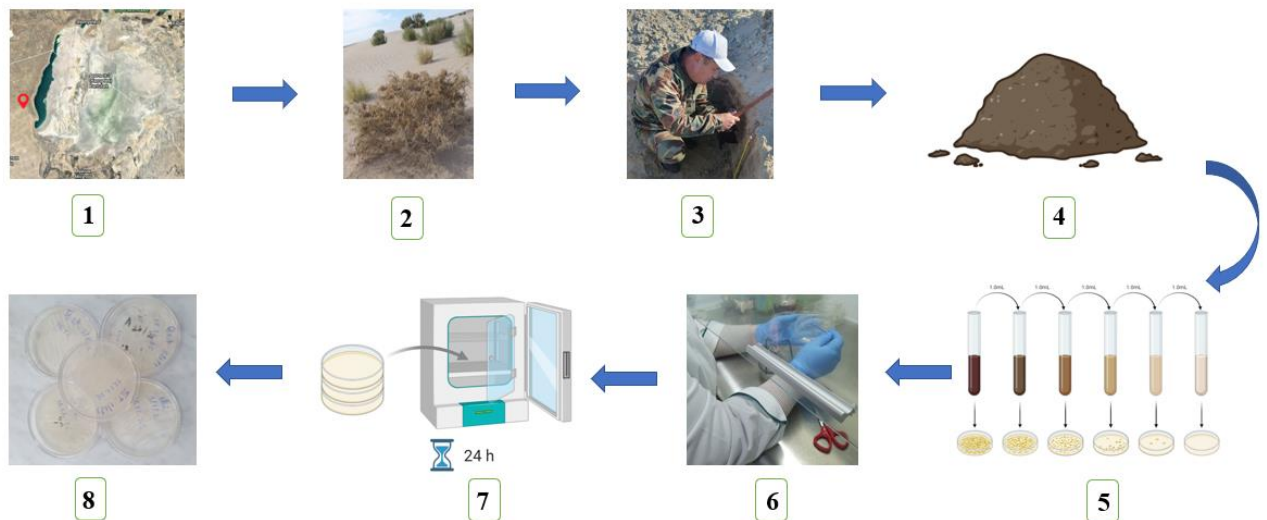
Bakteriyalarni ajratib olish uchun oziqlantiruvchi agar (nutrient agar) muhiti tanlandi. Ushbu tadqiqotda bakteriyalar tuproq namunalaridan ketma-ket suyultirish (serial dilution), chiziqli ekish (streak plate) usuli yordamida ajratib olindi

Nutrient agar — bu mikroorganizmlarni yetishtirish uchun mo‘ljallangan umumiy maqsadli oziqlantiruvchi muhit bo‘lib, u tez o‘sovchi bo‘lmagan (non-fastidious) organizmlarning keng doirasini qo‘llab-quvvatlaydi. Nutrient agar keng tarqalgan bo‘lib, u turli xil bakteriya va zamburug‘larni o‘stirish imkonini beradi hamda bakteriyalarning o‘sishi uchun zarur bo‘lgan ko‘plab oziq moddalarga ega

Ketma-ket suyultirish (serial dilution) — bu eritmadagi moddaning bosqichma-bosqich suyultirilishidir. Ketma-ket suyultirishni amalga oshirish uchun yaxshi aralashtirilgan eritmadan oz miqdor olinib, yangi idishga ko‘chiriladi va dastlabki eritmani suyultirish uchun qo‘shimcha suv yoki boshqa erituvchi qo‘shiladi. Olingan suyultirilgan namuna keyingi suyultirishlar uchun asos sifatida ishlatiladi. Ushbu jarayon bir necha marta takrorlanganda turli konsentratsiyadagi eritmalar hosil bo‘ladi. Muayyan tahlil uchun zarur bo‘lgan boshlang‘ich konsentratsiya va maqsadli diapazon suyultirish bosqichlarining soni va hajmini belgilaydi. Odatda, ketma-ket suyultirishlar 10 yoki 100 martalik bosqichlarda amalga oshiriladi. Ular dastlabki va yakuniy konsentratsiyalar nisbatlari bilan ifodalanadi. Masalan, 1:10 suyultirish — bu eritmaning bir qismi va qo‘shimcha erituvchining to‘qqiz

qismi aralashmasidir. 1:100 suyultirishni tayyorlash uchun eritmaning bir qismi 99 qism erituvchi bilan aralashtiriladi. 100 μL boshlang‘ich eritmani 900 μL suv bilan aralashtirish 1:10 suyultirishni hosil qiladi. Bunda yakuniy hajm 1000 μL (1 mL) bo‘lib, konsentratsiya dastlabki eritmaning 1/10 qismiga teng bo‘ladi. Bu holat odatda 10 martalik (10x) suyultirish deb ataladi.

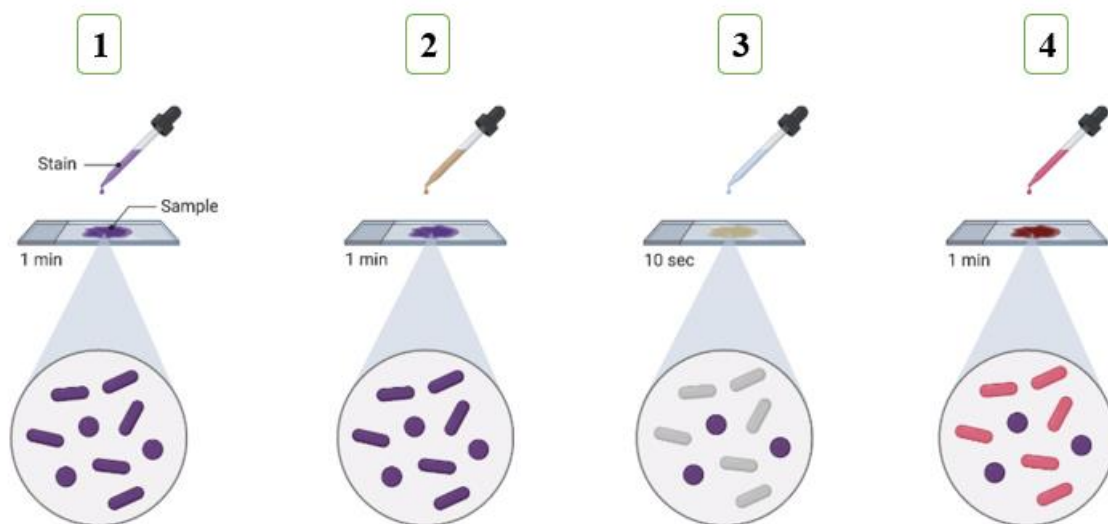
Chiziqli ekish usuli aralash kulturadan sof bakterial koloniyalarni ajratish uchun keng qo‘llaniladigan texnikadir. Ushbu tadqiqotda tuproq suspenziyasi oz miqdorda steril loop yordamida aseptik sharoitda olinadi. Inokulum oldindan quyilgan nutrient agar plastinkasi yuzasiga ketma-ket chiziqlar bilan surtiladi, bu orqali namuna bosqichma-bosqich suyultiriladi. Loop har bir chiziq orasida sterilizatsiya qilinadi, bu orqali kontaminatsiya oldi olinadi. Plastinkalar 37°C haroratda 24–48 soat davomida inkubatsiya qilinadi. Inkubatsiyadan so‘ng, yaxshi ajralgan koloniyalar keyingi morfologik va biokimyoviy tahlil uchun tanlanadi. Ushbu usul individual bakterial hujayralarni ajratishni ta‘minlaydi va keyingi identifikatsiya uchun mos sof koloniyalarning o‘lishini imkonini beradi (Rasm 3).



Rasm 3. Sof kultura olish jarayoni: 1-namuna olish joyini tanlash, 2- Salsola richteri o‘simligi, 3-tuproq namunasini olish, 4-tuproq namunasini laboratoriyaga yetkazish, 5-ketma ket suyultirish usuli, 6- mikroorganizmlarni ekish, 7- 24 soatli inkubatsiya, 8-sof kultura

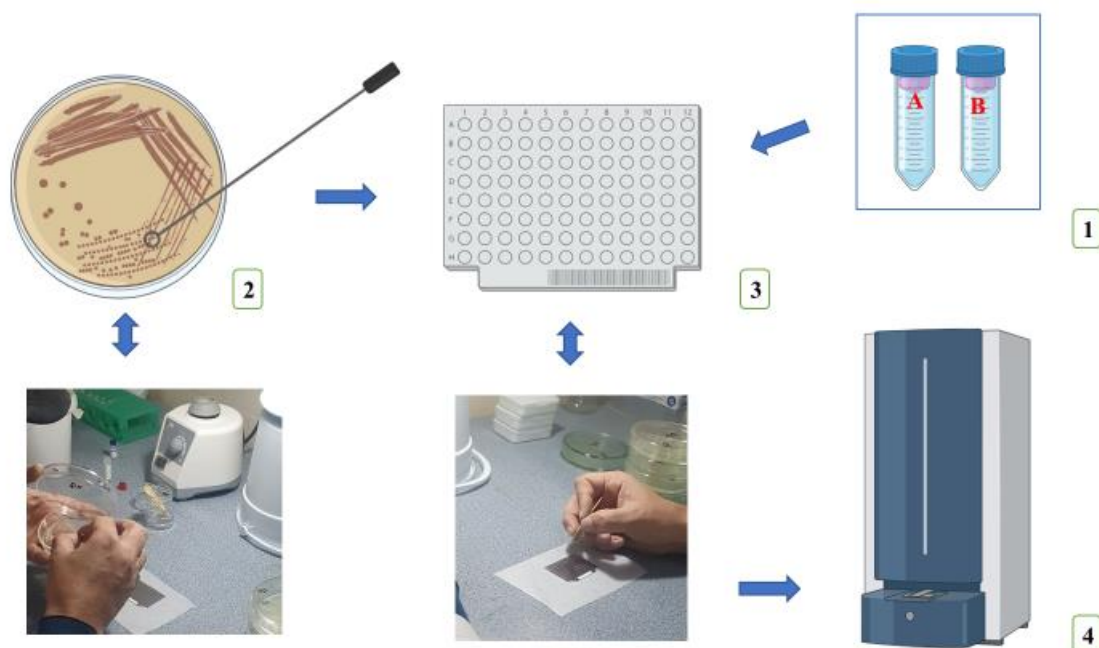
O‘stirilgan bakteriyalarni dastlab Gram-musbat va Gram-manfiy bakteriyalarga ajratish hamda ularning hujayra shakli va tartibini tekshirish uchun *Gram HC (1884) usulidan* foydalaniladi: Bakterial bo‘yoq (smear) toza shisha lam ustiga tayyorlanadi, so‘ngra ruh lampasi yordamida muloyim issiq qilib mahkamlash (heat-fix) qilinadi. Smearga 2–3 tomchi kristall binafsha (crystal violet) qo‘llanib, bir daqiqa ushlab turiladi. Keyin ortiqcha bo‘yoq musluk suvi bilan muloyimlik bilan yuviladi va lam qog‘oz sochiq bilan ehtiyotkorlik bilan quritiladi. Shundan so‘ng smearga bir daqiqa davomida Gram yodi (Gram’s iodine) qo‘llanadi va qisqa muddatda yuviladi. Dekolorizatsiya 96% etil spirt bilan 10 soniya davomida amalga oshiriladi. So‘ngra bir necha tomchi safranin qo‘llanib, bir

daqiqa ushlab turiladi. Lam yana bir marta suv bilan yuvilib, dekolorizatsiya jarayoni to‘xtatiladi va havo bilan quritiladi. Nihoyat, bo‘yalgan smear mikroskop ostida kuzatiladi va tahlil qilinadi (Rasm 4).



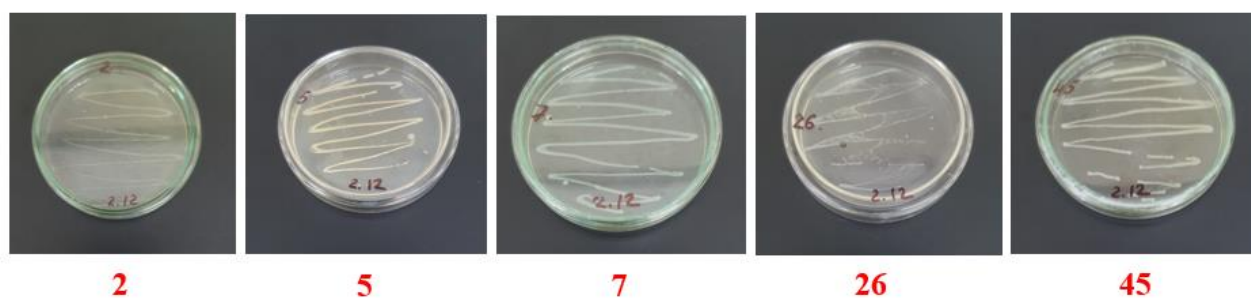
Rasm 4. Gram ushida bo'yash jarayoni bosqichlari: 1 - Crystal violet bilan ishlov berish, 2 - Gram yodi bilan ishlov berish, 3 - 96% etil spirt bilan ishlov berish, 4 - Safranin bilan ishlov berish

Ajratib olingan mikroorganizmlar izolyatlari *MALDI-TOF Mass Spectrometry EXS 2600 (Zybio)* uskunasi yordamida identifikatsiya qilindi. Tadqiqot jarayonida sentrifuga, vortex aralashtirgich, tomizgichlar, shuningdek reagentlar to‘plami (Matrix solution, Microorganism lysate I, Microorganism lysate II), distirlangan suv va 96 % li etanol ishlatildi. Identifikatsiya jarayonini amalga oshirish uchun oziqa muhitda o‘stirilgan toza va alohida koloniyalar tanlab olindi. 1,5 ml hajmli sentrifuga probirkalariga 300 mkl ultrasof suv solinib, 1–5 mg miqdordagi alohida koloniya qo‘shildi. Hosil bo‘lgan suspenziya to‘liq bir jinsli holatga kelguniga qadar vortex qurilmasida aralashtirildi. Shundan so‘ng probirkalarga 900 mkl suvsiz etanol qo‘shilib, yana aralashtirildi va 12 000 ayl/min tezlikda 2–3 daqiqa davomida sentrifugalandi. Sentrifugadan so‘ng supernatant qismi ehtiyotkorlik bilan olib tashlanib, qolgan cho‘kma (intakt qism) ustiga 20 mkl Microorganism lysate I reagenti qo‘shildi va yaxshilab aralashtirildi. Keyingi bosqichda 20 mkl Microorganism lysate II reagenti qo‘shilib, pipetka yordamida bir jinsli aralashma hosil qilindi. Olingan aralashma 2 daqiqa davomida sentrifuga qilindi. MALDI-TOF plastinkasi 96 % etil spirti bilan dezinfeksiya qilindi. Har bir namuna uchun 1 mkl miqdordagi supernatant plastinkaning mos katakchalariga tomizildi va xona haroratida quritildi. Namuna to‘liq qurigach, uning ustiga Matrix solution reagenti tomizildi va yana quritildi. Tayyorlangan plastinka MALDI-TOF qurilmasiga joylashtirilib, mikroorganizmlar identifikatsiyasi amalga oshirildi (Rasm 5).



Rasm 5. MALDI-TOF uskunasi yordamida identifikatsiya qilish jarayoni: 1- Eritmalar bilan ishlov berish, 2- Toza kulturadan olingan namunalar bilan ishlash, 3- Plastinkani quritish, 4- MALDI-TOF qurilmasiga joylashtirilib, mikroorganizmlar identifikatsiyasi amalga oshirish

Natijalar: Tadqiqot davomida Orol dengizi qurigan tubidan uchrovchi *Salsola richteri* o‘simligidan olingan tuproq namunalaridan jami 5 ta bakterial izolyat ajratib olindi (Rasm 6). Izolyatsiya natijasida olingan koloniyalar morfologik jihatdan rang, shakl va o‘lchamlari bo‘yicha farqlanishi kuzatildi.



Rasm 6. Salsola richteri ildizi hamda uning atrofidagi tuproqdan ajratib olingan izolyatlar

Gram bo‘yash natijalariga ko‘ra, ajratib olingan izolyatlarning 3 tasi (60,0 %) gram-manfiy, 2 tasi (40,0 %) gram-musbat bakteriyalar sifatida aniqlandi. Mikroskopik tekshiruvlar jarayonida izolyatlarning asosan tayoqchasimon va qisman kokksimon shakllarga ega ekanligi qayd etildi (Jadval 1).

Jadval 1

<i>Salsola richteri</i>	2	Gram manfiy (-)
-------------------------	---	-----------------

ildizi hamda uning atrofidagi tuproqdan ajratib olingan izolyatlar	5	Gram musbat (+)
	7	Gram manfiy (-)
	26	Gram manfiy (-)
	45	Gram musbat (+)

Izolyatlarning identifikatsiyasi MALDI-TOF Mass-spektrometriya usuli yordamida amalga oshirildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, ajratib olingan mikroorganizmlar *Bacillus*, *Providencia*, *Rhodococcus* va *Enterobacter* avlodlariga mansub ekanligi aniqlandi. Eng ko‘p uchragan turlar *Rhodococcus ruber* va *Enterobacter cancerogenus* bo‘ldi (Jadval 2).

Jadval 2

2	Cherkez tuproq	<i>Providencia rettgeri</i>	Bakteriya	2.42
5	Cherkez tuproq	<i>Rhodococcus ruber</i>	Aktinomitset	2.12
7	Cherkez ildiz	<i>Enterobacter cloacae</i>	Bakteriya	2.25
26	Cherkez ildiz	<i>Enterobacter cancerogenus</i>	Bakteriya	2.40
45	Cherkez tuproq	<i>Bacillus cereus</i>	Bakteriya	2.34

Xulosa: Ushbu tadqiqot Orol dengizi qurigan tubining ekstremal sho‘rlangan va qurg‘oqchil sharoitida o‘suvchi *Salsola richteri* o‘simligi ildizi hamda uning rizosfera qismida uchraydigan mikroorganizmlarning tarkibini o‘rganish va ularni MALDI-TOF Mass-spektrometriya usuli asosida aniq identifikatsiya qilishga bag‘ishlandi. Tadqiqot davomida klassik mikrobiologik usullar yordamida jami beshta sof bakterial izolyat ajratib olindi va ularning morfologik, Gram bo‘yash hamda zamonaviy mass-spektrometrik tahlillari amalga oshirildi.

Olingan natijalar *Salsola richteri* rizosferasi va ildiz zonasida mikroorganizmlar xilma-xilligi mavjudligini hamda ular tarkibida *Bacillus*, *Enterobacter*, *Providencia* avlodlariga mansub bakteriyalar va *Rhodococcus* avlodiga mansub aktinomitsetlar ustun ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, *Rhodococcus ruber* va *Enterobacter cancerogenus* turlarining yuqori uchrash chastotasi ushbu mikroorganizmlarning sho‘rlangan va qurg‘oqchil muhitga moslashganligini tasdiqlaydi.

Aniqlangan mikroorganizmlar o‘simliklarning ekstremal ekologik sharoitlarda yashovchanligini oshirish, rizosfera barqarorligini ta‘minlash hamda tuproq degradatsiyasini kamaytirishda muhim ekologik rol o‘ynashi mumkin. Shuningdek, ushbu izolyatlar kelgusida fitomelioratsiya, biopreparatlar yaratish, sho‘rlangan tuproqlarni tiklash va boshqa biotexnologik amaliyotlar uchun istiqbolli biologik resurs sifatida qaralishi mumkin.

Mazkur tadqiqot natijalari Orolbo‘yi hududining mikrobiologik resurslarini ilmiy asosda o‘rganish, galofit o‘simliklar rizosferasidagi mikroorganizmlarni aniqlash va ulardan

barqaror ekologik texnologiyalar ishlab chiqishda foydalanish uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Sherimbetov, S. G., Pratov, U. P., & Mukhamedov, R. S. (2015). Classification of plants in the south drying bottom of the Orol Sea. *Vestnik SPbGU. Seriya 3*, (4), 39–50.
2. Shomurodov, K., Rakhimova, T., Adilov, B., et al. (2021). Current state of vegetation of the dried bottom of the Orol Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 629, 012085. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/629/1/012085>
3. Adilov, B., Habibullo, S., Fan, L., et al. (2021). Changes in plant cover of the Ustyurt Plateau of Central Asia due to the Orol Sea shrinkage. *Journal of Arid Land*, 13, 71–87. <https://doi.org/10.1007/s40333-020-0077-7>
4. Song, Y., Xun, X., Zheng, H., et al. (2024). Modeling and locating the wind erosion at the dry bottom of the Orol Sea based on an InSAR temporal decorrelation decomposition model. *Remote Sensing*, 16(10), 1800. <https://doi.org/10.3390/rs16101800>
5. Duan, Z., Wang, X., Sun, L., et al. (2024). An insight into effect of soil salinity on vegetation dynamics in the exposed seafloor of the Orol Sea. *Science of the Total Environment*, 951, 175615. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175615>
6. Song, Y., Zheng, H., Chen, X., et al. (2021). Desertification extraction based on a microwave backscattering contribution decomposition model at the dry bottom of the Orol Sea. *Remote Sensing*, 13(23), 4850. <https://doi.org/10.3390/rs13234850>
7. Issanova, G., Abuduwaili, J., Tynybayeva, K., et al. (2022). Soil salinisation as a land degradation process in the dried bed of the north-eastern Orol Sea, Kazakhstan. *Arabian Journal of Geosciences*, 15, 1055. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09627-w>
8. Jabbarov, Z., Abdrakhmanov, T., Makhmadiyev, S., et al. (2024). Shrinking of the Orol Sea: Causes, effects, possibilities of revitalization. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(12), 66–80. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i122651>
9. Panin, A. V., Ludikova, A. V., Sapelko, T. V., et al. (2024). New data on the Pleistocene history of the Orol Sea-Lake. *Limnology and Freshwater Biology*, (4). <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-568>
10. Issanova, G., Abuduwaili, J., & Tynybayeva, K. (2023). Environmental conditions of the Orol Sea region. In *Soil cover of the dried Orol seabed in Kazakhstan*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29867-7_2
11. Lioubimtseva, E. (2014). Impact of climate change on the Orol Sea and its basin. In P. Micklin et al. (Eds.), *The Orol Sea*. Springer Earth System Sciences. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02356-9_17
12. He, H., Hamdi, R., Luo, G., et al. (2022). Numerical study on the climatic effect of the Orol Sea. *Atmospheric Research*, 268, 105977. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105977>

13. Micklin, P. (2016). The future Orol Sea: Hope and despair. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5614-5>
14. Micklin, P. (2010). The past, present, and future Orol Sea. *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 15(3), 193–213. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2010.00437.x>
15. Micklin, P., Aladin, N. V., Chida, T., et al. (2020). The Orol Sea: A story of devastation and partial recovery of a large lake. In *Large Asian lakes in a changing world* (pp. 109–141). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42254-7_4
16. Jabborova, D., Abdrakhmanov, T., Jabbarov, Z., et al. (2023). Biochar improves the growth and physiological traits of alfalfa, amaranth and maize grown under salt stress. *PeerJ*, 11, e15684. <https://doi.org/10.7717/peerj.15684>
17. Reimov, P., & Fayzieva, D. (2014). The present state of the south Orol Sea area. In *The Orol Sea: The devastation and partial rehabilitation of a great lake* (pp. 171–206).
18. Zhang, J., Chen, Y., Li, Z., et al. (2019). Study on the utilization efficiency of land and water resources in the Orol Sea Basin, Central Asia. *Sustainable Cities and Society*, 51, 101693.
19. de la Haba, R. R., Sánchez-Porro, C., Marquez, M. C., & Ventosa, A. (2011). Taxonomy of halophiles. In K. Horikoshi, G. Antranikian, A. T. Bull, F. T. Robb, & K. O. Stetter (Eds.), *Extremophiles handbook* (pp. 256–308). Tokyo, Japan: Springer. https://doi.org/10.1007/978-4-431-53898-1_13
20. Edwardson, C. F., & Hollibaugh, J. T. (2018). Composition and activity of microbial communities along the redox gradient of an alkaline, hypersaline, lake. *Frontiers in Microbiology*, 9, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00014>
21. Wikipedia contributors. (n.d.). Orol Sea. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved December 19, 2025, from https://en.wikipedia.org/wiki/Orol_Sea
22. UzDaily. (2024, January 19). *The results of four expeditions on the dried bottom of the Orol Sea were announced*. UzDaily. <https://www.uzdaily.uz/en/the-results-of-four-expeditions-on-the-dried-bottom-of-the-Orol-sea-were-announced/>
23. Shomurodov, K., Rakhimova, T., Adilov, B., Abduraimov, O., & Turaev, S. (2021). *Current state of vegetation of the dried bottom of the Aral Sea*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 629, 012085. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/629/1/012085>
24. Kuhr, R. J., A. C. Davis, and J. B. Bourke. "Dissipation of guthion, sevin, polyram, phygon and systox from apple orchard soil." *Bulletin of environmental contamination and toxicology* 11.3 (1974): 224-230.
25. Basu, Srijoni, et al. "Evolution of bacterial and fungal growth media." *Bioinformation* 11.4 (2015): 182.