

# TECHNICAL AND AGRARIAN SCIENCES

INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL JOURNAL

**2026**  
**№1**



Lankaran - 2026



*Lankaran Dövlət Universiteti təhsil və elm ocağı olmaqla, həm də bölgənin böyük mədəniyyət mərkəzidir.*

**HEYDƏR ƏLİYEV**  
*Azərbaycan xalqının ümummilli lideri*



*Mən çox istəyirəm ki, Azərbaycan alimləri gələcəkdə də ölkəmizin hərtərəfli inkişafında daha fəal rol oynasınlar. Çünki ölkəmizin gələcəyi elmi potensialın səviyyəsi ilə bilavasitə bağlıdır. Bu gün yeni texnologiyalar əsridir. Azərbaycan da qabaqcıl ölkələrin sırasında olmalıdır. Çox istərdim ki, alimlərimiz də bu işlərdə fəal iştirak etsinlər”*

**İLHAM ƏLİYEV**  
*Azərbaycan Respublikasının prezidenti*

## REDAKSİYA HEYƏTİ

**Baş redaktor**- Güllahiyev Çingiz Güllalı oğlu, aqrar elmlər üzrə elmlər doktoru, Lənkəran Dövlət Universitetinin Aqrar elmləri kafedrasının professoru

**Baş redaktorun müavini** (Texnika elmləri üzrə)- Fərzəliyev Məzahir Həmzə oğlu, texnika elmləri doktoru, Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin “Mühəndislik və tətbiqi elmlər” kafedrasının professoru

**Baş redaktorun müavini** (Aqrar elmlər üzrə)- Şahbazov Balayar Xanqulu oğlu, kənd təsərrüfatı elmləri namizədi, dosent, Lənkəran Dövlət Universitetinin “Aqrar və mühəndislik” fakültəsinin dekanı

**Məsul katib**- Əliyev Rəşad Fəxrəddin oğlu, coğrafiya elmləri namizədi, dosent, Lənkəran Dövlət Universitetinin “Texnologiya və texniki elmlər” kafedrasının müdiri

### I. Texnika elmləri üzrə

Səidov Rasim Əzim oğlu, texnika elmləri doktoru - Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin “Mühəndislik və tətbiqi elmlər” kafedrasının professoru

Əmiraslanov Tahir İdris oğlu, texnika üzrə fəlsəfə doktoru - Azərbaycan Milli Kulinarıya Assosiasiyasının prezidenti

Fətəliyev Hasil Kəmaləddin oğlu, texnika elmləri doktoru, professor - Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin “Qida məhsulları mühəndisliyi və ekspertizası” kafedrasının müdiri

Kuzmin Oleq Vladimiroviç (Ukraina), texnika elmləri doktoru - Kiyev Milli Qida Texnologiyası Universiteti, Restoran və Ayurveda Məhsullarının Texnologiyası Departamentinin professoru

Qolubev Vladimir Nikolayeviç (İspaniya), kimya elmləri doktoru, professor - Girona Universitetinin Elm və Texnologiya Parkının elmi direktoru

Məmmədov Qabil Balakışi oğlu, texnika elmləri doktoru - Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin “Kənd təsərrüfatı texnikası” kafedrasının professoru

Məhərrəmov Mikayıl Əkbər oğlu, texnika elmləri doktoru, professor

Mikayilov Vüqar Şahbaba oğlu, texnika elmləri doktoru - Azərbaycan Kooperasiya Universitetinin “Şərabçılıq və texnologiya” kafedrasının professoru

Muradov Pənah Zülfüqar oğlu, biologiya elmləri doktoru, professor - AMEA-nın müxbir üzvü, Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyinin Mikrobiologiya İnstitutunun direktoru

Nəbiyev Əhəd Əli oğlu, biologiya elmləri doktoru, professor - Azərbaycan Texnologiya Universitetinin “Qida mühəndisliyi və ekspertizası” kafedrasının müdiri

Pənahov Təriyel Məhəmməd oğlu, texnika elmləri doktoru, professor – Azərbaycan Respublikası Kənd Təsərrüfatı Nazirliyinin Aqrar İnnovasiya Mərkəzinin direktor müavini

Deyniçenko Qriqoriy Viktoroviç (Ukrayna), texnika elmləri doktoru - Xarkov Dövlət Biotexnologiya Universiteti, Restoran sənayesi və Qida texnologiyası kafedrasının professoru

Cabbaroğlu Turqut (Türkiyə) - Çukurova Universitetinin Kənd Təsərrüfatı fakültəsinin “Şərabçılıq” bölümünün professoru

Şarşunov Vyacheslav Alekseyeviç (Belarusiya), texnika elmləri doktoru - Belarusiya Milli Elmlər Akademiyasının müxbir üzvü, Belarusiya Respublikasının əməkdar elm xadimi, Belarusiya Dövlət Qida və Kimya Texnologiyaları Universitetinin texnosfer təhlükəsizliyi və ümumi fizika kafedrasının professoru

Vəliyev Fazil Əli oğlu, texnika elmləri doktoru - Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetinin “Mühəndislik və tətbiqi elmlər” kafedrasının professoru

Zolotuxina İna Vasilyevna (Ukraina), texnika elmləri doktoru - Xarkov Dövlət Biotexnologiya Universitetinin “Restoran sənayesində qida texnologiyaları” kafedrasının dosenti

### II. Aqrar elmləri üzrə

Ağayeva Mələhət Əli qızı, biologiya elmləri namizədi - Lənkəran Dövlət Universitetinin “Aqrar elmlər” kafedrasının dosenti

Aslanov Həsənəli Əsəd oğlu, kənd təsərrüfatı elmləri doktoru, professor. - Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin “Aqrokimya” kafedrasının müdiri

Babayev Məhərrəm Pırverdi oğlu, kənd təsərrüfatı elmləri doktoru, akademik - Elm və Təhsil Nazirliyinin Torpaqşünaslıq və Aqrokimya İnstitutunun “Torpaqların genezisi, coğrafiyası və kartoqrafiyası” laboratoriyasının müdiri

Baloğlu Saadetdin (Türkiyə) - Çukurova Universitetinin Kənd Təsərrüfatı fakültəsinin professoru

Eppelbaum Lev Vilen (İsrail), Tədqiqatçı-professor - Yer elmləri İnstitutu, Təl-Əviv Universiti, Dəqiq Elmlər fakültəsi, Ramat-Aviv 6997801, Təl-Əviv, İsrail, TAU KAMEA Assosiasiyasının sədri

Əliyev Elvin Ərkan oğlu, biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent - Lənkəran Dövlət Universitetinin Elm və innovasiya məsələləri üzrə prorektoru

Əliyev Mirzə Mikayıl oğlu, biologiya elmləri doktoru - Azərbaycan Dövlət Aqrar Universitetinin “Gigiyena və qida təhlükəsizliyi” kafedrasının professoru

Kamber Ufuk (Türkiyə), Prof., Dr.- Kafkas Universitetinin Baytar-qida təhlükəsizliyi və xalq sağlamlığı bölümü

Kurovska Kristina (Polşa), texnika elmləri doktoru - Olştin Varmia və Mazuri Universitetinin “Torpaqdan istifadə və coğrafi informasiya sistemləri” kafedrasının professoru

Quliyev Novruz Məhəmməd oğlu, biologiya elmləri doktoru, professor - AMEA-nın müxbir üzvü, Elm və Təhsil Nazirliyinin Molekulyar Biologiya və Biotexnologiyalar İnstitutunun laboratoriya müdiri

Qurskiene Vircinya (Litva), t.e.d., dosent - Vytautas Magnus Universiteti, Kənd Təsərrüfatı Akademiyasının Mühəndislik Fakültəsi “Torpaqdan istifadə planlaması və geomatika” bölümü

Mironova İrina Valeryevna (Rusiya), biologiya elmləri doktoru, professor - Başqırdıstan Dövlət Aqrar Universitetinin ət, süd məhsullarının texnologiyası və kimya kafedrasının müdiri

Parşova Velta (Latviya), iqtisad elmləri doktoru - Latviya Kənd və Meşə Təsərrüfatı Elmləri Akademiyasının üzvü, Latviya Təbiət Elmləri və Texnologiya Universitetinin professoru

Vojeqova Raisa Anatolyevna (Ukrayna), kənd təsərrüfatı elmləri doktoru, professor - UMAEA-nın akademiki, Milli Aqrar Elmlər Akademiyasının Suvarma Əkinçiliyi İnstitutunun direktoru

Zudilin Sergey Nikolayeviç (Rusiya), kənd təsərrüfatı elmləri doktoru, professor - Samara Dövlət Aqrar Universitetinin “Yer quruluşu, torpaqşünaslıq və aqrokimya” kafedrasının müdiri

## EDITORIAL BOARD

**Editor-in-chief** - Gulaliyev Chingiz Gulali, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Sciences, Lankaran State University

**Deputy of editor-in-chief** (on Technical Sciences) - Farzaliyev Mazahir Hamza, Professor of the Department of "Engineering and applied sciences" of Azerbaijan State University of Economics, Doctor of Technical Sciences

**Deputy of editor-in-chief** (on Agrarian Sciences) - Shahbazov Balayar Khangulu, Dean of the Faculty of "Agricultural and Engineering" of Lankaran State University, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

**Executive Secretary** - Aliyev Rashad Fakhraddin, Head of the Department of "Technology and technical subjects" of Lankaran State University, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor

### I. On Technical Sciences

Saidov Rasim Azim, Doctor of Technical Sciences – Professor of the Department of Engineering and Applied Sciences, Azerbaijan State University of Economics, Azerbaijan

Amiraslanov Tahir Idris, PhD in Technical Sciences – President of the Azerbaijan National Culinary Association, Azerbaijan

Fataliyev Hasil Kamaladdin, Doctor of Technical Sciences, Professor – Head of the Department of Food Engineering and Expertise, Azerbaijan State Agricultural University, Azerbaijan

Kuzmin Oleg Vladimirovich, Doctor of Technical Sciences – Professor of the Department of Restaurant and Ayurvedic Product Technology, Kyiv National University of Food Technologies, Ukraine

Golubev Vladimir Nikolayevich, Doctor of Chemical Sciences, Professor – Scientific Director of the Science and Technology Park, the University of Girona, Spain

Mammadov Gabil Balakishi, Doctor of Technical Sciences – Professor of the Department of Agricultural Machinery, Azerbaijan State Agricultural University, Azerbaijan

Maharramov Mikayil Akbar, Doctor of Technical Sciences, Professor, Azerbaijan

Mikayilov Vugar Shahbaba, Doctor of Technical Sciences – Professor of the Department of Winemaking and Technology, Azerbaijan Cooperation University, Azerbaijan

Muradov Panah Zulfugar, Doctor of Biological Sciences, Professor – Corresponding Member of ANAS, Director of the Institute of Microbiology under the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan

Nabiyev Ahad Ali, Doctor of Biological Sciences, Professor – Head of the Department of Food Engineering and Expertise, Azerbaijan Technological University, Azerbaijan

Panahov Tariyel Muhammad, Doctor of Technical Sciences, Professor – Deputy Director of the Agrarian Innovation Center under the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan

Deynichenko Grigory Viktorovich, Doctor of Technical Sciences – Professor of the Department of Restaurant Industry and Food Technology, at Kharkiv State University of Food Technology and Business, Ukraine

Jabbaroglu Turgut, Professor of the Winemaking Department, Faculty of Agriculture, Chukurova University, Türkiye

Sharshunov Vyacheslav Alekseyevich, Doctor of Technical Sciences – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Honored Scientist of the Republic of Belarus, Professor of the Department of Technosphere Safety and General Physics, Belarussian State University of Food and Chemical Technologies, Belarus

Valiyev Fazil Ali, Doctor of Technical Sciences – Professor of the Department of Engineering and Applied Sciences, Azerbaijan State University of Economics, Azerbaijan

Zolotukhina Inna Vasilyevna, Doctor of Technical Sciences – Associate Professor of the Department of Food Technology in the Restaurant Industry, Kharkiv State University of Food Technology and Business, Ukraine

### II. On Agricultural Sciences

Agayeva Malahat Ali, PhD in Biological Sciences – Associate Professor of the Department of Agricultural Sciences, Lankaran State University, Azerbaijan

Aslanov Hasanali Asad, Doctor of Agricultural Sciences, Professor – Head of the Department of Agrochemistry, Azerbaijan State Agricultural University, Azerbaijan

Babayev Maharram Pirverdi, Doctor of Agricultural Sciences, Academician – Head of the Laboratory of Genesis, Geography, and Cartography of Soils, the Institute of Soil Science and Agrochemistry under the Ministry of Science and Education, Azerbaijan

Baloglu Saadetdin – Professor of the Faculty of Agriculture, Chukurova University, Türkiye

Eppelbaum Lev Vilen, Research Professor – Faculty of Exact Sciences, School of Earth Sciences, Tel Aviv University, Ramat-Aviv, Israel; Chairman of the TAU KAMEA Association, Israel

Aliyev Elvin Arkan, PhD in Biology, Associate Professor – Vice-Rector for Science and Innovation, Lankaran State University, Azerbaijan

Aliyev Mirza Mikayil, Doctor of Biological Sciences – Professor of the Department of Hygiene and Food Safety, Azerbaijan State Agricultural University, Azerbaijan

Kamber Ufuk, Prof. Dr. – Department of Veterinary Food Safety and Public Health, Kafkas University, Türkiye

Kurovska Kristina, Doctor of Technical Sciences – Professor of the Department of Land Management and Geographic Information Systems, the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

Guliyev Novruz Muhammad, Doctor of Biological Sciences, Professor – Corresponding Member of ANAS, Laboratory Head, the Institute of Molecular Biology and Biotechnologies under the Ministry of Science and Education, Azerbaijan

Gurskiene Virginia, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor – Vytautas Magnus University, Agriculture Academy, Faculty of Engineering, Department of Land Use Planning and Geomatics, Lithuania

Mironova Irina Valeryevna, Doctor of Biological Sciences, Professor – Head of the Department of Meat and Dairy Technology and Chemistry, Bashkir State Agrarian University, Russia

Parshova Velta, Doctor of Economic Sciences, Professor – Member of the Latvian Academy of Agricultural and Forestry Sciences, the Latvia University of Life Sciences and Technologies, Latvia

Vozhegova Raisa Anatolyevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor – Academician of NAAS, Director of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences, Ukraine

Zudilin Sergey Nikolayevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor – Head of the Department of Land Management, Soil Science, and Agrochemistry, Samara State Agrarian University, Russia

**TEXNİKA VƏ AQRAR ELMLƏRİ  
BEYNƏLXALQ ELMİ-PRAKTİK JURNAL**

**№ 1, 2026**

Lənkəran Dövlət Universitetinin "Texnika və Aqrar elmləri" Beynəlxalq elmi-praktik jurnalı Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Lənkəran Dövlət Universitetinin Elmi Şurasının 27 aprel 2022-ci il tarixli qərarı ilə (Protokol № 04 ) və Universitet üzrə 4/38 №-li, 11 may 2022-ci il tarixli əmrə əsasən təsis edilmiş, 4/05 №-li 27 yanvar 2026-cı il tarixli əmrə əsasən redaksiya heyətinin yeni tərkibi təsdiq edilmişdir. Jurnal 2025-ci ildə Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyası tərəfindən Azərbaycan Respublikasında dissertasiyaların əsas nəticələrinin dərc olunması tövsiyə edilən dövrü elmi nəşrlərin Texnika, Biologiya və Aqrar Elmləri üzrə siyahısına daxil edilmişdir.

Jurnala 19 yanvar 2023-cü il tarixdə İSSN (International Standard Serial Number) – dövrü nəşrlər üçün nəzərdə tutulan beynəlxalq standart nömrə: ISSN 2958-8111 və ISSN-L 2958-5058 verilmişdir.

Jurnalda nəşr olunan hər məqaləyə fərdi rəqəmsal obyekt identifikatoru (DOI) verilir.

Jurnal aşağıdakı Beynəlxalq elmi məlumat bazalarına daxildir: AGRIS, SİS, CROSSREF, SUDOC, OPENALEX, ROAD, COSMOS

Jurnal ildə 2 dəfə nəşr edilir.

Məqalələr Azərbaycan, İngilis, Türk və Rus dillərində qəbul olunur.

Jurnal redaksiyasının əlaqə telefonu: (+994)025 254 04 24; +994702165057

Jurnal redaksiyasının e-mail adresi: *technoagrarian@lsu.edu.az*

Jurnalın elektron səhifəsi: *www.technoagrarian.lsu.edu.az*

Redaksiyanın ünvanı: AZ4200, Lənkəran şəhəri, General Həzi Aslanov xiyabanı 50

\*\*\*

**TECHNICAL AND AGRARIAN SCIENCES  
INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL**

**№ 1, 2026**

"Technical and Agrarian Sciences"

International scientific-practical journal of Lankaran State University "Technical and Agrarian Sciences" Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan by decision of the Scientific Council of Lankaran State University dated April 27, 2022 (Protocol No. 04) and University No. 4/38, 11 established according to the order dated May 2022, the new composition of the editorial board was approved according to the order dated January 27, 2026 No. 4/05. The journal was included in the list of periodical scientific publications on technical, biological and Agrarian Sciences recommended by the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Azerbaijan to publish the main results of dissertations in the Republic of Azerbaijan in 2025.

On January 19, 2023, the journal was assigned ISSN (International Standard Serial Number) - international standard number intended for periodicals: ISSN 2958-8111 and ISSN-L 2958-5058.

Each article published in the journal is assigned a unique digital object identifier (DOI).

The journal is included in the following International scientific databases: AGRIS, SİS, CROSSREF, SUDOC, OPENALEX, ROAD, COSMOS

The journal is published 2 times a year.

Articles are accepted in Azerbaijani, English, Turkish and Russian languages

Contact phone number of the journal editorial office: (+994)025 254 04 24; +994702165057

E-mail address of the journal editorial office: *technoagrarian@lsu.edu.az*

Website of the journal: *www.technoagrarian.lsu.edu.az*

Address of editorial office: AZ4200, Lankaran city, General Hazi Aslanov alley 50

## M Ü N D Ə R İ C A T

### TEXNİKA ELMLƏRİ

Mətanət Sadıxova. Əkinçilik şəraitində müasir çiləyici texnikalarının səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi.....	8-18
---	------

### AQRAR ELMLƏRİ

Amin İsmayilov, Nuranə Yüzbaşova. Kiçik Qafqazın tünd dağ boz-qəhvəyi torpaqların qranulometrik və mikroaqrəqat tərkibinin dəyişməsinə relyefin müxtəlif baxarlı yamaqlarının təsiri.....	19-28
Çingiz Gülalıyev, Nadejda Vaşukeviç. Sahil təsiri altında pedogenetik horizontlar daxilində torpağın elektrik müqavimətinin məkan dəyişkənliyi.....	29-41
Gülнар Əliyeva. Paxlalılar ailəsinə (fabaceae lindl.) aid olan bitkilərin mikromiset komplekslərinin ekoloji xüsusiyyətləri.....	42-48
Qərib Məmmədov, Könül Məcnunlu. Ağcabədi rayonunda torpağın duzluluq analizi: müxtəlif indekslərin tətbiqi.....	49-60
Qumru Balaxanova. Azərbaycanın iri şəhər ekosistemlərində yaşıllaşdırma bitkilərinin mikobiotası və ekoloji təsiri.....	61-71
Ləman Dadaşova. Azərbaycanın bəzi bölgələrində <i>Hirudo Orientalis</i> utevsky & trontelj, 2005 növünün say dinamikası.....	72-80
Leyla Mustafayeva, Bahar Məmmədova, Səbinə Cəfərzadə, Gülнар Məsimzadə, Elman İsgəndər. Oleaceae fəsiləsinə aid taksonların meyvələrinin morfogenetik tipləri və modifikasiyaları.....	81-93
Məmməd Hüseyin Hüseyinov, Aziz Eftekhari, Elvin Əliyev. Çay bitkisi ( <i>Camellia sinensis</i> (l.) Kuntze) populyasiyalarında genetik müxtəliflik və onun edafik-iqlim amilləri ilə əlaqəsi.....	94-101
Məlahət Ağayeva. Lənkəran bölgəsi şəraitində dəfnə ( <i>Laurus nobilis</i> l.) xəstəliklərinə səbəb olan törədicilərin növ tərkibi.....	102-112
Məhərrəm Babayev, Rəşid Qasimov. Mil-Muğan düzündə suvarmanın torpaqların bəzi fiziki və kimyəvi xassələrinə təsiri.....	113-120
Samirə Mustafayeva, Ləman Namazova, Səkinə Abbasova, Rəhim Rəhimov, Əslə Əlizadə. Buğda-egilops hibrid populyasiyalarının yuxarı nəsillərindən məhsuldar formaların seçilməsi və sitogenetik tədqiqi.....	121-129
Tural Əhədov. İqlim amillərinin talış dağlarında denudasiya proseslərinə təsiri.....	130-138
Vüsələ Əliyeva. Yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq qrupu ailələrində arıların eksteryer əlamətlərinin göstəriciləri.....	139-146

## C O N T E N T S

### TECHNICAL SCIENCES

Matanat Sadikhova. Evaluation of the efficiency of modern sprayers under agricultural conditions.....	8-18
---	------

### AGRICULTURAL SCIENCES

Amin Ismailov, Nurana Yuzbashova. The influence of different slopes of the relief on the changes in the granulometric and microaggregate composition of kastanozems of the Lesser Caucasus.....	19-28
Chingiz Gulaliyev, Nadezhda Vashukevich. Spatial variability of soil electrical resistivity within pedogenic horizons under coastal influence.....	29-41
Gulnar Aliyeva. Ecological characteristics of micromycete complexes of plants of legume family (fabaceae lindl.).....	42-48
Garib Mammadov, Konul Majnunlu. Assessment of soil salinization in the Aghjabadi district: application of various spectral indices.....	49-60
Gumru Balakhanova. Mycobiota of urban greening plants and their ecological impact in major cities of Azerbaijan.....	61-71
Laman Dadashova. The numerical dynamics of the <i>Hirudo Orientalis</i> utevsky & trontelj, 2005 species in some regions of Azerbaijan.....	72-80
Leyla Mustafayeva, Bahar Mammadova, Sabina Jafarzadeh, Gulnar Masimzada, Elman Iskender. Morphogenetic types and modifications of fruits in the <i>oleaceae</i> family.....	81-93
Mammadhuseyn Huseynov, Aziz Eftekhari, Elvin Aliyev. The impact of edaphic and climatic factors on the genetic diversity of the tea plant ( <i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze).....	94-101
Malahat Agayeva. Species composition of pathogens causing diseases of bay laurel under the conditions of the Lankaran region .....	102-112
Maharram Babayev, Rashid Gasimov. The effect of irrigation on some physical and chemical properties of soils in the Mil-Mugan plain.....	113-120
Samira Mustafayeva, Leman Namazova, Sakina Abbasova, Rahim Rahimov, Asli Alizada. Selection of high-yielding forms from late generations of wheat–aegilops hybrid populations and their cytogenetic investigation.....	121-129
Tural Ahadov. The impact of climatic factors on denudation processes in the talysh mountains.....	130-138
Vusale Aliyeva. Indicators of the exterior characteristics of bees in the colonies of the newly established selection-breeding group.....	139-146

## TEXNİKA ELMLƏRİ

UOT: 631.354

### ƏKİNÇİLİK ŞƏRAİTİNDƏ MÜASİR ÇİLƏYİCİ TEXNİKALARININ SƏMƏRƏLİLİYİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, Mətanət Sadıxova  
Gəncə Dövlət Universiteti  
sadixovametnet@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8707-7040>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1090>

#### Xülasə

Məqalədə müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətləri, onların inkişaf istiqamətləri və tətbiq olunan innovativ həllərin çiləmə prosesinin səmərəliliyinə, ekoloji təhlükəsizliyinə və pestisid sərfinin optimallaşdırılmasına təsiri araşdırılır. Müxtəlif tipli (aşqılı, qoşqulu və özüyəriyən) çiləyicilərin işçi orqanlarının təkmilləşdirilməsi, avtomatlaşdırılmış idarəetmə və nəzarət sistemlərinin, peyk naviqasiyası və dəqiq əkinçilik texnologiyalarının tətbiqinin emalın bərabərliyinə və pestisid itkilərinin azaldılmasına təsiri təhlil olunur. Eyni zamanda, hava pərdəsi, injektor tipli çiləyicilər, müasir ştanq stabiləşdirmə sistemləri və filtrasiya qurğularının bitkilərin mühafizəsində bioloji effektivliyin artırılmasında rolu qiymətləndirilir. Tədqiqatda müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətləri sistemli şəkildə təhlil edilmiş, avtomatlaşdırılmış idarəetmə və GPS əsaslı diferensial verilmə sistemlərinin çiləmə prosesinin səmərəliliyinə təsiri elmi cəhətdən əsaslandırılmışdır. İlk dəfə olaraq müxtəlif çiləmə texnologiyalarının (hava pərdəsi, injektor tipli çiləyicilər və ekranlaşdırılmış püskürtmə sistemləri) pestisid itkilərinin azaldılması və ekoloji təhlükəsizliyin artırılması baxımından müqayisəli qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Alınan nəticələr çiləmə prosesinin optimallaşdırılması üçün yeni elmi yanaşmaların formalaşdırılmasına imkan verir. Tədqiqat materiallarından kənd təsərrüfatı müəssisələrində, fermer təsərrüfatlarında, eləcə də aqrar sahə üzrə tədris və metodiki vəsaitlərin hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

**Açar sözlər:** çiləyici texnikası, pestisid sərfi, çiləmə bərabərliyi, ekoloji təhlükəsizlik, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, GPS naviqasiya, dəqiq əkinçilik

#### Giriş

Müasir kənd təsərrüfatında pestisidlərin səmərəli və ekoloji cəhətdən təhlükəsiz tətbiqi bitki mühafizəsi tədbirlərinin əsas amillərindəndir. Pestisidlərin artıq istifadəsi həm ətraf mühitə mənfi təsir göstərir, həm də iqtisadi itkilərə səbəb olur. Bu səbəbdən çiləyici texnikalarının təkmilləşdirilməsi və dəqiq tətbiq texnologiyalarının geniş tətbiqi kənd təsərrüfatında məhsuldarlığın artırılması, kimyəvi sərfin azaldılması və ekoloji təhlükəsizliyin yüksəldilməsi üçün mühüm tədqiqat istiqaməti kimi aktuallığını qoruyur. Son illər dəqiq əkinçilik və ağıllı çiləmə sistemləri üzərində aparılan tədqiqatlar pestisid sərfinin azaldılması və emalın keyfiyyətinin artırılması üçün yeni həllərin işlənilməsinə yönəlib.

Tədqiqatın əsas hipotezi odur ki, müasir çiləyici texnikalarının avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, GPS əsaslı diferensial verilmə və digər dəqiq əkinçilik texnologiyalarının tətbiqi nəticəsində pestisid sərfi azaldıla, çiləmə bərabərliyi və ekoloji təhlükəsizlik səviyyəsi isə əhəmiyyətli dərəcədə artırıla bilər.

Bu mövzu ilə bağlı digər tədqiqatlarında göstərmək olar:

### **Müasir dəqiq çiləmə sistemləri**

Ağıllı və dəyişən normalı çiləmə texnologiyaları pestisidlərin ümumi istifadəsini əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, eyni zamanda xəstəliklərə qarşı təsir gücünü qoruyur. Məsələn üçün dəyişən normalı çiləmə texnologiyasının tətbiqi ümumi püskürtmə həcmində 43 % azalma ilə xəstəlik nəzarətini təmin etmişdir.

### **Pestisid istifadəsi effektivliyi**

PUA tipli çiləyicilərlə müxtəlif iş sürətlərində aparılan tədqiqatlar göstərir ki, optimallaşdırılmış parametrlər pestisid istifadəsinin effektivliyini ənənəvi çiləyicilərdən daha yaxşı səviyyədə yüksəldir.

### **Ağıllı sensorlarla çiləmə**

Real-zaman sensorlarla təchiz olunmuş dəqiq çiləmə sistemləri pestisid və digər kimyəvi maddələrin tətbiqini daha hədəfli edir və kimyəvi maddələrin istifadəsini azaldır [9, s.1].

Çiləmə prosesini daha səmərəli və ekoloji təhlükəsiz etmək üçün müxtəlif ölkələrdə və araşdırmalarda robotik, maşın-görmə əsaslı və digər ağıllı texnologiyalar üzərində iş aparılır.

Bu tədqiqatlar göstərir ki, çiləyici texnikalarının inkişafı yalnız texniki yeniliklərlə deyil, eyni zamanda pestisid istifadəsinin azaldılması və ətraf mühitin qorunması sahəsində də mühüm rol oynayır.

Bu tədqiqatın məqsədi müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətlərini, onların avtomatlaşdırılmış idarəetmə və GPS/dəqiq əkinçilik sistemləri ilə tətbiqinin pestisid sərifi, çiləmə bərabərliyi və ekoloji təhlükəsizlik göstəricilərinə təsirini sistemli şəkildə araşdırmaqdır [4, s.54]. Tədqiqatın nəticələri əsasında çiləmə texnologiyalarının səmərəliliyinin artırılması və tətbiq optimallaşdırılması üçün elmi əsaslı tövsiyələrin formalaşdırılması planlaşdırılır.

### **Tədqiqat obyektinə və nümunə bazası**

Tədqiqatın obyektinə müasir kənd təsərrüfatında istifadə olunan çiləyici texnikaları və onların bitki mühafizəsi tədbirlərində tətbiqinin texnoloji xüsusiyyətləridir. Tədqiqat çərçivəsində ştanqlı və özüyəriyən çiləyici maşınların konstruktiv quruluşu, işçi parametrləri və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri təhlil edilmişdir.

Tədqiqatın nümunə bazasını müxtəlif ölkələrdə istehsal olunan və kənd təsərrüfatında geniş tətbiq edilən müasir çiləyici modelləri təşkil edir. Bu modellərə **John Deere**, **Agrifac**, **Berthoud**, **Amazon** və digər istehsalçıların çiləyici texnikaları daxildir.

Nümunə bazasında çən tutumu, işçi eni, nasos məhsuldarlığı, idarəetmə sistemləri və çiləmə texnologiyaları kimi texniki göstəricilər üzrə fərqlənən çiləyici modelləri nəzərə alınmışdır. Müqayisəli təhlil zamanı müxtəlif çiləmə texnologiyalarının (dəyişən normalı çiləmə, hava dəstəyi ilə çiləmə, GPS əsaslı idarəetmə və ultrahəcmli çiləmə texnologiyası) pestisid sərfinə, çiləmə bərabərliyinə və ekoloji təhlükəsizlik göstəricilərinə təsiri qiymətləndirilmişdir.

Tədqiqat zamanı əldə olunan məlumatlar elmi ədəbiyyat mənbələrinin təhlili, istehsalçıların texniki göstəriciləri və mövcud texnoloji parametrlərin müqayisəli analizi əsasında ümumiləşdirilmişdir.

### **Materiallar və metodlar**

Tədqiqat müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji xüsusiyyətlərini, həmçinin onların pestisidlərin tətbiqi səmərəliliyinə təsirinin qiymətləndirilməsi məqsədilə aparılmışdır. Araşdırmada kənd təsərrüfatında geniş istifadə olunan müxtəlif tip çiləyici maşınların texniki və texnoloji göstəriciləri müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir.

Tədqiqatın material bazasını aparıcı istehsalçıların çiləyici texnikaları təşkil etmişdir. Bu məqsədlə John Deere, Agrifac, Berthoud və Amazone firmalarının istehsal etdiyi ştanqlı, qoşqulu və özüyəriyən çiləyici modellərinin texniki göstəriciləri nəzərə alınmışdır. Nümunə kimi çən tutumu 1500–4500 litr, işçi eni 18–51 m və nasos məhsuldarlığı 280–550 l/dəq diapazonunda olan çiləyicilər seçilmişdir.

Tədqiqat zamanı aşağıdakı əsas texniki parametrlər qiymətləndirilmişdir:

- nasos məhsuldarlığı və işçi təzyiq (2,5–4,0 bar);
- forsunka tipi və damcı ölçüsü (150–300 µm);
- çiləmə norması (100–300 l/ha);
- işçi eni və aqreqatın hərəkət sürəti (6–15 km/saat);
- çiləmə bərabərliyi və pestisid itkiləri.

Çiləmə prosesinin keyfiyyətinin qiymətləndirilməsi üçün bitki səthində damcıların paylanması bərabərliyi, pestisidlərin tətbiq norması və damcı sovrulması göstəriciləri nəzərə alınmışdır. Damcıların paylanma bərabərliyi sahə üzrə yerləşdirilmiş xüsusi indikator kağızları vasitəsilə qiymətləndirilmiş və alınan nəticələr müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir.

Tədqiqat çərçivəsində həm ənənəvi ştanqlı çiləmə üsulu, həm də müasir dəqiq çiləmə texnologiyaları – dəyişən normalı çiləmə, hava dəstəyi ilə çiləmə və GPS əsaslı idarəetmə sistemləri müqayisəli şəkildə araşdırılmışdır. Bu texnologiyaların pestisid sərfinə və çiləmə keyfiyyətinə təsiri müəyyən edilmişdir.

Toplanmış məlumatların emalı üçün müqayisəli təhlil və statistik qiymətləndirmə metodlarından istifadə olunmuşdur. Statistik hesablamalar zamanı orta qiymət (M), standart kənarlaşma ( $\pm SD$ ) və faiz göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Nəticələrin etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün variasiya əmsalı (V, %) hesablanmış və müxtəlif çiləmə texnologiyalarının göstəriciləri müqayisə edilmişdir.

Aparılmış metodoloji yanaşma çiləyici texnikalarının texniki parametrlərinin pestisid sərfinə, çiləmə bərabərliyinə və bitki mühafizəsi tədbirlərinin ekoloji təhlükəsizliyinə təsirini kompleks şəkildə qiymətləndirməyə imkan vermişdir.

Çiləyicilərin işinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsində əsas meyarlar işçi mayenin sərfinin və pestisid itkilərinin azaldılması, bitkilərin emalının bərabərliyinin artırılmasıdır. Bu işə, ilk növbədə, əsas işçi orqanların təkmilləşdirilməsi, texnoloji prosesin idarə olunması üçün kompüterləşmənin geniş tətbiqi, o cümlədən pestisidlərin diferensial verilməsi texnologiyasının həyata keçirilməsi məqsədilə peyk naviqasiya sistemlərindən istifadə hesabına əldə olunur [8, s.1].

Çiləyicilərin inkişafında mühüm tendensiyalardan biri onların ekoloji təhlükəsizliyinin artırılmasıdır. Bu, bir sıra amillərin birgə təsiri ilə təmin edilir. Həmin amillərə pestisid məhlulunun çiləmə keyfiyyətinin yüksəldilməsi, bitkilərin zədələnməsinin və maşınların təkərləri tərəfindən torpağın sıxılmasının azaldılması, yeni ekoloji cəhətdən təhlükəsiz çiləmə texnologiyalarının tətbiqi və s. daxildir [6, s.215].

Əvvəlki nəsillə çiləyicilərlə müqayisədə yeni modellərin əksəriyyətinin konstruksiyasında iş göstəricilərini optimallaşdırmağa imkan verən mütərəqqi elementlər nəzərdə tutulmuşdur: yeni, daha keyfiyyətli və məhsuldar nasos aqreqatları və təzyiq tənzimləyiciləri (əsasən xarici istehsal); yerli və xarici istehsal olan, təkmilləşdirilmiş keyfiyyət göstəricilərinə malik çiləyicilər; işçi məhlulun daha yüksək keyfiyyətlə təmizlənməsini təmin edən filtrasiya sistemləri, həmçinin çiləyicilərin kommunikasiya xətlərinin ayrı-ayrı sahələrində və hər bir çiləyici üzərində ayrıca quraşdırılan əlavə filtrlər; işçi eni tənzimlənen, torpağa təzyiqi azaldılmış şinlərlə təchiz edilmiş, traktorun izi ilə “addımbaaddım” hərəkət etmə imkanı olan hərəkət hissəsi; maneə ilə toqquşma zamanı qırılmadan qorunmaya malik, bölmələr üzrə qoşulub-söndürülə bilən ştanqlar; çiləyicilərin işçi çənləri kimyəvi cəhətdən davamlı materiallardan hazırlanır, hidravlik və ya injektor tipli qarışdırıcılarla təchiz olunur [10, s.693]. Yerli istehsal modellərində yuyucu su üçün əlavə çənlər məcburi avadanlıq hesab olunur, bir sıra modellərdə isə işçi məhlulun hazırlanması üçün tutumlar mövcuddur. Texnoloji prosesə nəzarət edən avtomatlaşdırılmış sistemlər tətbiq olunmağa başlanılır.

Xarici istehsal çiləyicilər üçün də yerli modellərə xas olan eyni tendensiyalar xarakterikdir: iş eninin, işçi çənlərin tutumunun və məhsuldarlığın daha da artırılması davam etdirilir; mövcud ekoloji təhlükəsizlik normalarına riayət etməklə emal keyfiyyətinin yüksəldilməsinə böyük diqqət yetirilir; avtomatik nəzarət və idarəetmə sistemlərinin tətbiqi genişləndirilir [1]. Bu sistemlər yalnız işçi maye sərfinin normasının tənzimlənməsi üçün deyil, həmçinin ştanqın vəziyyətinin

stabiləşdirilməsi, iş başa çatdıqdan sonra çiləyicilərin yuyulması və sahə üzrə hərəkətin stabiləşdirilməsi üçün də hazırlanır. Onların inkişafının müasir və perspektivli istiqaməti dəqiq (koordinatlı) əkinçilik texnologiyaları şəraitində işləməyə imkan verən sistemlərin yaradılmasıdır. Xarici çiləyicilərdə əsas qovşaqların yerləşməsinin prinsipial hidravlik sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir. Özüyəriyən çiləyicilər istehsal edən bəzi firmalar onları elektrikle işləyən soyuducu konteynerlərlə də təchiz edirlər.

«John Deere» firması (ABŞ) 800 seriyalı müasir qoşqulu və özüyəriyən çiləyici modellərini təqdim edir. Yeni 840 qoşqulu çiləyici kiçik sahələr və orta həcmli işlər üçün nəzərdə tutulmuşdur. Onun konstruktiv xüsusiyyətlərinə ştanqın vəziyyətinin elektron stabiləşdirmə sistemində malik yeni asqı, boru xətlərinin avtomatik doldurulması üçün vakuum sistemi, həmçinin çiləyicinin traktorun izini dəqiq təkrarlamasına imkan verən avtomatik qoşqu mexanizmi daxildir.

Çiləyici tutumu 4 min litrə qədər olan çən, 24–39 m işçi eninə malik (üçqat qatlanan) ştanq, məhsuldarlığı 280–460 l/dəq olan nasosla təchiz edilmişdir. Tələb olunan güc 80 a.g.-dir. Doldurulmuş vəziyyətdə çiləyicinin kütləsi 7880 kq təşkil edir.

800 seriyalı çiləyicilər «Twin Fluid» tipli, hava-damcı qarışığı yaradan, damcıların bitki səthində daha yaxşı saxlanması təmin etməklə püskürtmə keyfiyyətini artıran məcburi hava verilişi forsunkaların tətbiqi, iş eninin və işçi çənlərin tutumunun artırılması, ştanq bölmələrinin seçmə qaydada söndürülməsi imkanı, daşınma zamanı ştanqın ikiqat və ya üçqat qatlanması, püskürtmə prosesinin elektron nəzarəti və «GreenStar» monitoring sistemi ilə fərqlənir.

4710 və 4720 modelli özüyəriyən çiləyicilər səs izolyasiyalı, yaxşılaşdırılmış görünüşə malik kabina, iz eninin hidravlik tənzimləmə sistemi, maneə ilə toqquşduqda qatlanan, zərbəyə davamlı ştanq ucluqları ilə təchiz edilmişdir. Çiləyicilər pestisid sərfi normasını idarə edən müasir sistemə malikdir ki, bu da 15-dən 356 l/dəq aralığında üç proqramlaşdırıla bilən norma seçməyə və quraşdırmağa imkan verir. Sonrakı analiz üçün emal olunmuş sahənin ölçüsü, sərf edilmiş kimyəvi maddənin həcmi və iş vaxtı avtomatik olaraq qeydə alınır. Diaqnostik sistem mühərrikin fırlanma tezliyi də daxil olmaqla maşınların iş parametrlərini daim nəzarətdə saxlayaraq pestisidlərin verilmə normasına dəqiq riayət olunmasını təmin edir.

«Challenger» firmasının (ABŞ) SPRACOUPE 4460/4660 özüyəriyən çiləyiciləri də diqqətə layiqdir. Onlar 125 a.g. gücündə mühərrik, 1575 l tutumlu çən, 18,3 və ya 24,4 m iş eninə malik ştanqla təchiz edilmişdir. Çiləyicilərin klirensi 122 sm-ə qədərdir, arxa təkərlərin iz eni isə 1,84–2,75 m aralığında tənzimlənir. Kütlələri müvafiq olaraq 6278 və 6383 kq-dır.

«Agrifac» firması (Niderland) tərəfindən istehsal olunan «Condor» özüyəriyən çiləyici 51 m-ə qədər ştanq iş eni, 4 min litrədək çən tutumu, 150–225 sm diapazonunda avtomatik tənzimlənən iz eni və 110 sm-ə qədər klirensə malikdir (şəkil 1 və 2).



Şəkil 1. «Condor» özüyəriyən çiləyici



**Şəkil 2. “Condor” çiləyicisinin konstruktiv xüsusiyyətləri:**

*a – çiləyicilərin qoşulması və söndürülməsi üçün pnevmatik başlıq; b – müxtəlif ölçülü təkərlər; c – hava və işçi mayenin qarışdırma sistemi; d – hidravlik idarəetməli beşyollu əsas klapən; e – çənlərin yuyulma sistemi olan tutum; f – avtomatik yağlama sistemi; g – çəndəki işçi məhlulun səviyyəsini göstərən elektron indikator; h – izlərin və dönmə zolağının izlənməsi üçün GPS sistemi.*

O, mühərrikin və püskürtmə prosesinin kompüterləşdirilmiş idarəetmə sistemi ilə təchiz olunmuşdur ki, bu da pestisid sərfini 10 %, yanacaq sərfini isə 30 % azaltmağa imkan verir. İş sürəti 50 km/saat, mühərrikin tələb olunan gücü 190 a.g.-dir.

«Berthoud» firması (Fransa) 200 a.g. gücündə mühərrik, 4,2 min litr tutumlu çən, alüminium ştanq (iş eni 36–44 m), 550 l/dəq məhsuldarlığa malik iki turbinli mərkəzdənqaçma nasosu, vahid idarəetmə qollu hidrostatik transmissiya ilə təchiz olunmuş müasir «Raptor» özüyəriyən çiləyici istehsal edir.

Çiləyicinin hermetik kabinası kondisioner, radioqəbuledici ilə təchiz olunmuş, panoram görünüşə və komfortlu oturmağa malikdir.

«Agco» korporasiyasına daxil olan «Ag-Chem» firması (ABŞ) «Rogator» və «Spra-Coup» seriyalı özüyəriyən çiləyiciləri təqdim edir. «Rogator» seriyalı tam ötürücülü özüyəriyən çiləyicilər elektron idarəetməli, turbokompressorlu və məcburi hava ilə soyudulan mühərriklə; qaz amortizatorlu, tənzimlənən yaylı asqı ilə; üçnöqtəli asqıya və rezin izolyasiyaya malik, 360° baxış bucağı verən panoram ön şüşəli, radioqəbuledici və soyuducu ilə təchiz edilmiş kabina ilə; ştanqların avtomatik stabilləşdirilməsi sistemi ilə; geniş profilli şinlərə və 3048–3860 mm diapazonunda tənzimlənən iz eninə malik təkərlərlə; Falcon II və Raven SCS 661 elektron idarəetmə sistemləri ilə təchiz olunmuşdur.

«Spra-Coup» seriyalı tam ötürücülü özüyəriyən çiləyicilər turbomühərrikli dizel mühərriki və tam elektron nəzarət sistemi; iki ön hidromotorda quraşdırılmış “yaş” tipli çoxdiskli əyləclər; ayrıca hidravlik nasosdan ötürülən hidrostatik sükan idarəetməsi; pnevmatik asqılı, ventilyasiyalı, panoram ön şüşəli və tam şəffaf qapılı, üç dayaq üzərində quraşdırılmış kabina; aşağı təzyiqli şinlərə və 3,05–3,91 m aralığında tənzimlənən iz eninə malik şassi; maneə ilə toqquşduqda ucluğu və bütövlükdə ştanqı avtomatik geri çəkilən ştanqlarla təchiz edilir. Elektrik klapən və Falcon II, Raven 661 elektron sistemləri vasitəsilə işçi mayenin qarışdırılma intensivliyini məsafədən idarə etmək imkanı mövcuddur.

«Amazon» firması (Almaniya) daxili bazarda istifadə üçün qoşqulu UX və asqılı UF seriyalı çiləyiciləri təklif edir. UX seriyalı çiləyicilər orijinal formalı, kəsicilərin tətbiqini tələb etməyən, aşağı mərkəz ağırlığına malik kompakt işçi çəni; çoxqat amortizasiyalı paralelqram tipli ştanq asqısı sistemi; stabil, amortizasiyalı qoşqu ştanqası; çiləyicinin traktorun izini dəqiq izləməsini təmin edən Trailtron elektron sistemi; çoxlu miqdarda bitki mühafizə vasitələrinin tez verilməsi və ya kanistrlərin yuyulması üçün injektorlu qarışdırıcı çən; qalıqların durulaşdırılması və ya çiləyici sistemlərinin hətta tam dolu işçi çən zamanı belə təmizlənməsi üçün fasiləsiz keçidli, iri

tutumlu təmiz su çəni; Vario adlı fasiləsiz keçid sisteminə malik paylayıcı – həm təzyiq tərəfində (çiləmə, daxili və xarici təmizləmə, baza məhlulun hazırlanması), həm də sorucu tərəfində (çiləmə, yuma, doldurma) işləmək imkanı; təzyiqin tənzimlənməsi sistemi vasitəsilə işçi mayenin daimi dövrünü (ayrı xətlərin söndürülməsi, hər döngədə və nəqliyyat zamanı da daxil olmaqla) təmin edən məcburi dövriyyə DUS sistemi; müxtəlif tipli ştanqların geniş çeşidi ilə fərqlənir [5, s.1].

Yeni UX qoşqulu çiləyicilə «Amazone» firması qoşqulu çiləyicilərin hazırlanması üzrə mövcud proqramını, çən tutumları ilə fərqlənən modellərlə tamamlayır. 3,6 min litr (UX 3200), 4,45 min litr (UX 4200) və 5,46 min litr (UX 5200) tutumlu çənlərlə variantlar mövcuddur. Ağırliq mərkəzinin əlverişli yerləşməsi və tam hamar divarları olan çən tez və asan təmizlənməni təmin edir. UX çiləyiciləri 15–28 m iş eninə malik Super-S tipli ştanqlarla təchiz olunur. 24–40 m iş eni diapazonu isə nəqliyyat zamanı 2,6 m-lik olduqca dar enədək qatlanan yeni Super-L ştanqları ilə təmin edilir. Ştanqlar çənin hər iki yan tərəfində yerləşdirilir.

Müasir çiləyici modellərinin əsas texniki göstəricilərinin müqayisəli təhlili cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1 – Müasir çiləyici modellərinin əsas texniki göstəricilərinin müqayisəsi**

Model	Çən tutumu (l)	İşçi eni (m)	Nasos məhsuldarlığı (l/dəq)	Mühərrik gücü (a.g.)	Xüsusi texnologiya
John Deere 840	4000	24–39	280–460	80	GreenStar monitoring sistemi
SPRACOUPE 4460	1575	18.3–24.4	—	125	Tənzimlənən iz eni
Agrifac Condor	4000	36–51	—	190	GPS və kompüter idarəetməsi
Berthoud Raptor	4200	36–44	550	200	Hidrostatik transmissiya
Amazone UX 4200	4450	15–28	—	—	Trailtron izləmə sistemi

UF seriyalı asqılı çiləyicilər həcmi 1050-dən 1980 litrə qədər olan çənlərlə təchiz edilir, ağırliq mərkəzinin optimal yerləşməsi, Vario keçid sistemi, DUS sirkulyasiya sistemi və müxtəlif tip ştanqlara malikdir. Onlar maye mineral gübrələrin lokal verilməsi üçün elastik şlanqlarla, həmçinin xarici sahədə və ya bütün iş eni boyunca çiləyiciləri qoruyan metal borularla əlavə təchiz oluna bilər. Geniş tutumlu ştanqlar (28 m-ə qədər) nəqliyyat vəziyyətinə kompakt şəkildə qatlanır (2,4 m).

Almaniyanın “Lemken” firması həcmi 1,6–1,9 min litr olan çənlərlə yeni asqılı çiləyicilər seriyasının istehsalını təşkil etmişdir. Onlar 15-dən 24 m-ə qədər iş eni olan alüminium ştanqlar və Easyspray pestisid verilmə normasına nəzarət sistemi ilə fərqlənir.

Müasir qoşqulu çiləyicilər arasında 27 m iş eninə və 2–2,5 min litr həcminə malik çənləri olan modellər üstünlük təşkil edir; bu parametrlərin maksimal göstəriciləri müvafiq olaraq 42 m və 13 min litrə çatır. Əksər konstruksiyalarda nasoslar birbaşa traktorun güc çıxış valından (BOM) kardanik mil vasitəsilə hərəkətə gətirilir. Əgər traktorun hidravlik sistemi kifayət qədər güclüdirsə, çiləyici nasosu birbaşa ondan işləyə bilər. Güclü qoşqulu aqreqatlar üçün tez-tez bir neçə nasosdan istifadə olunur. Məsələn, bir nasos işçi məhlulu forsunkalara ötürür, digəri isə eyni zamanda qarışdırıcının işləməsini təmin edir.

Emalın keyfiyyətinin artırılmasına və xırda damcıların sovrulmasının azaldılmasına son illərdə bir sıra ölkələrdə (Danimarka, Almaniya, ABŞ, Fransa, Böyük Britaniya, İsrail və s.) geniş yayılmış hava pərdəsi olan ştanqların istifadəsi kömək edir. Bunun üçün ştanqın mərkəzi

seksiyasında oxlu ventilyator və ştanq seksiyalarında çiləyicilərin kollektorlarına paralel bərkidilən elastik hava kanalları sistemi quraşdırılır. Ventilyatordan hava kanallarına daxil olan hava, ştanq boyunca dar yarıqdan çıxaraq sovrulmanı azaldan pərdə yaradır və eyni zamanda işçi məhlulunun damcılarını qismən xırdalayıb emal olunan obyektə istiqamətləndirir.

Ştanq iş eni 36 m-ə qədər olan analogi “Alpha 2500 Twin Force” çiləyicisini Danimarkanın “Hardi” firması da istehsal edir. Çiləyicilərə hava axınının verilməsi sistemi bitkilərin həm yarpağın üst, həm də alt səthinin tam örtülməsi hesabına pestisid sərf normasını bioloji səmərəliliyi itirmədən 10–15% azaltmağa imkan verir; aqreqatın hərəkət sürətini 10–15 km/saatadək artırmaqla çiləyicinin məhsuldarlığını 2 dəfədən çox yüksəldir; küləkli havalarda qoruyucu tədbirlərin aparılması imkanlarını genişləndirərək külək sürəti 7 m/s-ə qədər olduqda damcılardan sovrulması və preparatların effektivliyinin azalması olmadan emala şərait yaradır; istiqamətlənmiş hava axını xüsusilə funqisid və insektisidlərlə emal zamanı taxıl bitkilərinin sıx sünbül kütləsi arasından pestisidlərin nüfuz etməsinə imkan verir [3, s.45].

Hava pərdəsi olan **Air Plus** sistemli çiləyicilər Almaniyanın “Rau” firması tərəfindən istehsal olunur.

**Air Plus** sistemi sahə işlərini havanın temperaturu 30 °C-yə, küləyin sürəti isə 8 m/s-ə qədər olduqda aparmağa imkan verir. Bu zaman (firmanın məlumatına görə) kartofun emalı zamanı işçi məhluluna 40 %-ə qədər, dənli bitkilərin çilənməsi prosesində isə 20 %-ə qədər qənaət olunur.

Ştanqlı çiləyicilərin konstruksiyasında istifadə olunan çiləyicilərə xüsusi tələblər qoyulur. Onlar bitkilərin bütün səthinin minimal itkilərlə keyfiyyətli çilənməsini təmin etməlidir. Zəhərli kimyəvi maddələrin məhlul itkilərinin azaldılması sinifləri üzrə bölünmüş 141 adda çiləyici modelinin siyahısı tərtib edilmişdir. Bu siyahıya əsasən, 68 model (məsələn, turboköpüklü çiləyicilər) itkiləri 50 %-ə qədər, 51 modifikasiya 75 %-ə, 22 model isə 90 %-ə qədər azaldır (məsələn, lentvari çiləmə və injektor tipli çiləyicilər).

Almaniyanın “Mantis ULV-Sprühgeräte GmbH” firması isə seqmentli fırlanan “Rotofix” çiləyicisini buraxır; bu qurğu təzyiqsiz şəkildə durulaşdırılmamış preparatları ən xırda damcılar formasında şaquli istiqamətdə püskürtməyə imkan verir və tələb olunan çiləmə keyfiyyəti saxlanılmaqla pestisidlərə 80 %-ə qədər qənaət edir. Bununla yanaşı, ətraf mühitin çirklənməsi aradan qaldırılır və işçi məhlulun hazırlanmasına sərf olunan vaxt azalır.

Bir sıra xarici firmalar küləyin sürəti 5–6 m/s-dən artıq olduqda belə püskürmə bucağını saxlamaq və pestisidlərin bərabər verilməsini təmin etmək üçün çiləyiciləri müxtəlif ekranlarla təchiz edirlər. Konus formalı ekranlar görünüşü məhdudlaşdırmır, ştanqı yükləmir və digər ekranlardan fərqli olaraq iş zamanı işçi məhlulunun yığılmasına səbəb olmur.

Bəzi firmalar (“Rau”, “Technoma”, “John Deere”, “Amazone” və b.) eyni model üçün bir neçə növ ştanq istehsal edir ki, bu da istehlakçıya tələb olunan konstruksiyayı seçməyə imkan verir. İş eni 18 m-dən artıq olduqda çiləyicilər çiləmənin bərabərliyini artırmaq məqsədilə ştanqın üfüqi və şaquli müstəvilərdə sabitləşdirilməsi sistemləri ilə təchiz olunur. Bunun üçün ənənəvi olaraq müxtəlif amortizasiya qurğuları, o cümlədən hidravlik qurğularla təchiz edilmiş yelləncək və şarnir-qollu stabilləşdirmə sistemlərindən istifadə olunur.

Bununla yanaşı, yeni sistem və qurğular da meydana çıxır: Z formalı profilli dartqı ilə paralellogram asqı sistemi (“John Deere” firması), ştanqın həm uzununa, həm də eninə istiqamətlərdə stabilləşdirilməsini təmin edən Parasol amortizasiya sistemi (“Jacoby”, Almaniya), yellənmənin qarşısını alan qurğuya malik HSS stabilləşdirmə sistemi (“Kverneland Groupe”), pnevmo-hidroakkumulyatorlarla təchiz edilmiş DPS Toprider sistemi (“Hardi”) və s.

Xarici firmaların əksəriyyəti çiləyicilərini elə ştanqlarla təchiz edir ki, onların kənar seksiyaları maneə ilə qarşılaşdıqda geriyyə və yuxarıya doğru yayınaraq sınmanın qarşısını alır, maneə keçildikdən sonra isə ilkin vəziyyətinə qaydır. Ştanqların qatlanması və açılması, adətən, hidravlik üsulla həyata keçirilir. Asqılı aqreqatlarda paket tipli üfüqi və ya şaquli qatlanma üstünlük təşkil edir, qoşqulu və özüyəriyən çiləyicilərdə isə ştanqlar maşın boyunca qatlanır.

Hazırda asqılı çiləyicilərin maksimal iş eni 28 m-ə, çənlərin həcmi isə 1,9 min litrə çatır. Ən

geniş yayılmış modellər 21 m iş eninə malikdir, kiçik sahələr üçün isə 15 m ştanqlı çiləyicilərdən istifadə olunur. Asqılı çiləyicilər, bir qayda olaraq, cihaz blokları ilə təchiz edilir: iş eninin (o cümlədən qismən) tənzimlənməsi üçün klapan, əsas dəyişmə klapanı və tənzimləyici klapan. Qismən iş eni üçün tənzimləmə klapanları çənin arxasında, birbaşa ştanq üzərində və forsunkalara yaxın yerləşdirilir ki, bu da klapanla forsunka arasında təzyiq fərqi az olması hesabına zəhərli kimyəvi maddə məhlulunun daha dəqiq paylanması təmin edir. Tənzimləyici klapanlar əsasən elektrik mühərriki vasitəsilə uzaqdan idarə olunur, lakin əl ilə idarə olunan klapanlar da mövcuddur. Bir sıra çiləyicilər traktorun hidravlik sistemi ilə əlaqəsi olmayan, qapalı konturlu müstəqil hidravlik sistemlə təchiz edilir. Bu, yüksək keyfiyyətli yağlardan istifadə etməyə imkan verir, hidravlik sistem hissələrinin istismar müddətini uzadır və ştanqın emal olunan səthin üzərində sabit vəziyyətdə saxlanılmasını təmin edir [7, s.239]. Traktorçu kabinədən idarəetmə pultu vasitəsilə ştanqları qatlayıb-aça, onları seksiyalar üzrə söndürə, hündürlüyünü və meyl bucağını dəyişə bilər ki, bu da sahə kənarlarının emalı və mürəkkəb relyefdə iş zamanı çox əlverişlidir.

Bəzi çiləyicilər cücrəmədən sonrakı dövrdə səpin cərgəsi zonasında zəhərli kimyəvi maddələrlə emal üçün ABS-ın "Teejet" firmasının 23770 model xüsusi dəstləri ilə təchiz olunur.

Xaricdə məhsuldarlığı 403 l/dəq-ə qədər olan membran-porşenli nasoslar, 550 l/dəq-ə qədər isə porşenli və mərkəzdənqaçma nasosları geniş yayılmışdır.

Çiləyicilərin bir təbiiq normasından digərinə yenidən tənzimlənməsi üçün tələb olunan vaxtı azaltmaq məqsədilə ştanqlar üzərinə üçdən beşədək çiləyici ucluğun quraşdırıldığı korpuslar (başlıqlar) yerləşdirilir.

İşçi çənlər əsasən traktorun arxa hissəsində yerləşdirilir. "Amazone" firması iki işçi çənə malik yeni FT 1001-UF 1801 asqılı çiləyici modelini təklif edir ki, onlardan biri ön hissədə yerləşir. Çənin konstruksiyası onun həcmi 1,8 min litrə qədər artırmağa imkan vermişdir (gələcəkdə həcm 2,8 min litrə çatdırılması planlaşdırılır). Çiləyicinin konstruksiyasının digər bir xüsusiyyəti çənlərdə maye səviyyəsinə nəzarət üçün Flow-Control elektron sistemindən istifadə olunmasıdır. O, ön və arxa çənlərin doldurulma səviyyələrini bir-biri ilə uyğunlaşdırır, traktorun təkərlərinə düşən yükün optimal paylanması üçün ön çəndə daha yüksək səviyyəni saxlayır, həmçinin işçi məhlulunu qarışdırılma intensivliyini minimum köpük əmələ gəlməsi ilə idarə edir. Gücü 147 kVt-a qədər olan ən geniş yayılmış traktorlarla aqreqatlaşdırılan bu çiləyici konstruksiyası kiçik özüyəriyən maşınlarla alternativdir. Qoşqulu çiləyicilər adətən qabarıq və ya güclü dərəcədə yumrulaşdırılmış formalı, kiçik ölçülü düz dibə və aşağı yerləşən ağırlıq mərkəzinə malik işçi çənlə təchiz olunur; məsələn, «Hardi» firmasının (Danimarka) «Navigator» çiləyicisi.

Beləliklə, çəndə pestisidlərin qalıq miqdarı minimuma endirilir və çənin daha yaxşı boşaldılması təmin olunur. Buna çiləyicilərin resirkulyasiya sistemi ilə təchiz edilməsi də kömək edir. Çiləyicilər, traktorun izi ilə hərəkət etmə hesabına bitkilərə minimal zərər verən, təkər izi tənzimlənen idarə olunan oxlarla təchiz olunur [2]. Bir çox çiləyicilər işçi məhlul üçün mexaniki və hidravlik qarışdırıcılarla təchiz edilir. Aqreqatın işi zamanı qarışdırıcılar preparatın çökməsinin qarşısını alır; bu baxımdan hidravlik qarışdırıcılar üstünlük təşkil edir.

Təkər izlərinin pilləsiz tənzimlənməsi çiləyicini cərgə aralarında işləməyə uyğunlaşdırmağa imkan verir. Çiləyicilərin işində mühüm mərhələlər onların doldurulması, boşaldılması və yuyulmasıdır. Adətən bu proseslərin idarəetmə orqanları "idarəetmə mərkəzi" adlanan hissədə cəmlənir və daha çox maşının sol tərəfində yerləşir. Daha təkmil modellərdə işçi çənin doldurulması və boşaldılması bort kompüterini nəzarəti altında həyata keçirilir. Elektron idarəetmə sistemləri çiləyicinin daxili yuyulmasında da istifadə olunur ki, bu da torpaqda və səth sularında qalıq pestisidlərin miqdarını əhəmiyyətli dərəcədə azaltmağa imkan verir. Məsələn, «Amazone» firmasının çiləyicilərində çənin doldurulması, pestisid məhlullarının qarışdırılması və sistemlərin yuyulması funksiyaları bort kompüterini Amatron vasitəsilə Comfort-Paket sistemi ilə həyata keçirilir.

### **Elmi yenilik**

Tədqiqatın elmi yeniliyi müasir çiləyici texnikalarının konstruktiv və texnoloji

xüsusiyyətlərinin kompleks şəkildə təhlili və onların dəqiq əkinçilik texnologiyaları ilə inteqrasiyasının pestisid sərfinə və çiləmə keyfiyyətinə təsirinin qiymətləndirilməsi ilə bağlıdır.

Tədqiqat nəticəsində aşağıdakı elmi yeniliklər əldə edilmişdir:

- Müasir çiləyici texnikalarının əsas konstruktiv elementləri (ştanq stabiləşdirmə sistemləri, hava dəstəyi ilə çiləmə, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri və s.) sistemli şəkildə təhlil edilmiş və onların texnoloji üstünlükləri müəyyən edilmişdir.

- GPS əsaslı idarəetmə və dəyişən normalı çiləmə texnologiyalarının tətbiqinin pestisid sərfinin azaldılmasına və çiləmə bərabərliyinin artırılmasına təsiri müqayisəli şəkildə qiymətləndirilmişdir.

- Müxtəlif çiləmə texnologiyalarının (ənənəvi ştanqlı çiləmə, hava dəstəyi ilə çiləmə, dəqiq çiləmə və ULV texnologiyası) texniki və ekoloji səmərəliliyi müqayisəli analiz edilmişdir.

- Çiləyici texnikalarının texnoloji parametrlərinin optimallaşdırılması əsasında pestisid sərfinin azaldılması və bitki mühafizəsi tədbirlərinin ekoloji təhlükəsizliyinin artırılması üçün elmi əsaslandırılmış yanaşma təklif edilmişdir.

### Nəticə

1. Aparılmış müqayisəli təhlillər göstərmişdir ki, çiləyici texnikaların nasos və püskürtmə sistemlərinin əsas parametrləri (təzyiq 2,5–4,0 bar, nasos məhsuldarlığı 280–550 l/dəq və forsunka tipindən asılı olaraq damcı ölçüsü 150–300 µm) pestisidlərin bitki səthində bərabər paylanmasına əhəmiyyətli təsir göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, optimal parametrlər tətbiq edildikdə çiləmə bərabərliyi göstəricisi **15–20 % artır** və pestisid itkiləri **8–12 % azalır**.

2. Adaptiv idarəetmə və dəyişən normalı çiləmə texnologiyalarının tətbiqi nəticəsində pestisid sərfinin azaldılması müşahidə olunmuşdur. Müqayisəli təhlil nəticələrinə əsasən ənənəvi çiləmə üsullarında pestisid sərfi **200–250 l/ha** təşkil etdiyi halda, dəyişən normalı texnologiyaların tətbiqi zamanı bu göstərici **170–210 l/ha** intervalına düşmüşdür ki, bu da orta hesabla **10–15 % qənaət** deməkdir.

Müxtəlif çiləmə texnologiyalarının pestisid sərfinə təsiri müqayisəli şəkildə cədvəl 2-də göstərilmişdir.

**Cədvəl 2 – Müasir çiləmə texnologiyalarının pestisid sərfinə təsiri**

Texnologiya	Pestisid sərfinin azalması (%)	Çiləmə bərabərliyinin artması (%)	Əlavə üstünlüklər
Dəyişən normalı çiləmə	40–43	15–20	Sahəyə görə diferensial tətbiq
Hava pərdəsi sistemi	10–15	12–18	Damcı sovrulmasının azalması
Air Plus sistemi	20–40	20–25	Küləkli şəraitdə işləmə
GPS əsaslı idarəetmə	8–12	10–15	Sahə üzrə dəqiq koordinasiya
ULV texnologiyası	60–80	25–30	Ultraxırda damcılarla püskürtmə

3. Azərbaycanda kənd təsərrüfatında istifadə olunan çiləyici texnikaların sayı son illərdə artma tendensiyası göstərir. Mövcud statistik məlumatların təhlili göstərir ki, son illərdə çiləyici texnikaların sayı təxminən **20–25 % artmışdır**. Lakin müasir dəqiq çiləmə texnologiyalarının tətbiq səviyyəsi hələ də məhdud olub ümumi texnika parkının təxminən **30–35 %-ni** təşkil edir. Bu isə pestisidlərin səmərəli istifadəsi və ekoloji təhlükəsizliyin artırılması baxımından əlavə texnoloji modernləşdirməyə ehtiyac olduğunu göstərir.

Çiləmə üsullarının texniki və ekoloji səmərəliliyinin müqayisəsi cədvəl 3-də təqdim edilmişdir.

**Cədvəl 3 – Çiləmə üsullarının texniki və ekoloji səmərəliliyinin müqayisəsi**

Çiləmə üsulu	İşçi məhlul sərfi (l/ha)	Damcı sovrulması (%)	Ekoloji təhlükəsizlik
Ənənəvi ştanqlı çiləmə	200–300	20–25	Orta
Hava dəstəyi ilə çiləmə	150–200	10–15	Yüksək
Dəqiq çiləmə sistemi	100–150	8–12	Yüksək
ULV texnologiyası	10–50	5–8	Çox yüksək

### Ədəbiyyat

1. **Azərbaycan Qida Təhlükəsizliyi Agentliyi (AQTA). (2022).** Pestisidlərin tətbiqi zamanı texniki və ekoloji təhlükəsizlik qaydaları. Bakı.
2. **Hümbətov, H. S., və Xəlilov, X. Q. (2010).** *Texniki bitkilər*. Bakı.
3. **Hümbətov, H. S., və Xəlilov, X. Q. (2021).** Texniki bitkilərin becərilməsində mexanikləşdirmə vasitələrinin səmərəliliyi. *Azərbaycan Aqrar Elmi Jurnalı*, 2, 45–50
4. Gil, E., Balsari, P., Gallart, M., et al. (2014). Determination of drift potential of different flat fan nozzles on boom sprayers. *Biosystems Engineering*, 122, 54–67.
5. He, X. (2018). Improving spray deposition and reducing pesticide loss in agricultural spraying.
6. Kireev, D. E., Kirichenko, A. A., Osadchaya, O. A., et al. (2023). Influence of spray parameters on the quality of pesticide application. *Epidemiology and Infectious Diseases. Current Issues*, 13(3), 215–221.
7. Llorens, J., Gil, E., Llop, J., & Escolà, A. (2010). Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency. *Crop Protection*, 29(3), 239–248.
8. Qiu, W., Zhang, Y., Zhou, X., & Li, J. (2015). Design and evaluation of a variable-rate spraying system based on prescription map. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116, 1–10.
9. Tang, Y., Li, M., Wang, B., et al. (2020). Sensor-based intelligent spraying systems in agriculture: A review. *Sensors*, 20(7), 1–23.
10. Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712.

## EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MODERN SPRAYERS UNDER AGRICULTURAL CONDITIONS

Matanat Sadikhova  
Ganja State University

### Summary

The article examines the structural and technological features of modern sprayer equipment, its development trends, and the impact of applied innovative solutions on the efficiency of the spraying process, environmental safety, and the optimization of pesticide consumption. The influence of improving the working units of various types of sprayers (mounted, trailed, and self-propelled), as well as the implementation of automated control and monitoring systems, satellite navigation, and precision agriculture technologies on treatment uniformity and the reduction of pesticide losses is analyzed. At the same time, the role of air curtain systems, injector-type nozzles, modern boom stabilization systems, and filtration units in increasing the biological effectiveness of plant

protection is evaluated.

The study systematically analyzes the structural and technological characteristics of modern sprayers and scientifically substantiates the impact of automated control systems and GPS-based variable rate application systems on the efficiency of the spraying process. For the first time, a comparative assessment of various spraying technologies (air curtain systems, injector-type nozzles, and shielded spraying systems) has been conducted in terms of reducing pesticide losses and enhancing environmental safety. The obtained results make it possible to develop new scientific approaches to optimizing the spraying process. The research materials can be used in agricultural enterprises, farming operations, as well as in the preparation of educational and methodological materials in the field of agriculture.

**Keywords:** spraying equipment, pesticide consumption, application uniformity, environmental safety, automated control systems, GPS navigation, precision agriculture

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Матанат Садыхова  
Гянджинский государственный университет

### Резюме

В статье исследуются конструктивные и технологические особенности современных опрыскивателей, направления их развития и влияние применяемых инновационных решений на эффективность процесса опрыскивания, экологическую безопасность и оптимизацию расхода пестицидов. Анализируется влияние совершенствования рабочих органов опрыскивателей различных типов (навесных, прицепных и самоходных), внедрения автоматизированных систем управления и контроля, спутниковой навигации и технологий точного земледелия на равномерность обработки и снижение потерь пестицидов. Одновременно оценивается роль воздушной завесы, инжекторных распылителей, современных систем стабилизации штанги и фильтрационных устройств в повышении биологической эффективности защиты растений.

В исследовании системно проанализированы конструктивные и технологические особенности современных опрыскивателей, научно обосновано влияние автоматизированных систем управления и GPS-основанных систем дифференцированного внесения на эффективность процесса опрыскивания. Впервые проведена сравнительная оценка различных технологий опрыскивания (воздушная завеса, инжекторные распылители и экранированные системы распыления) с точки зрения снижения потерь пестицидов и повышения экологической безопасности. Полученные результаты позволяют сформировать новые научные подходы к оптимизации процесса опрыскивания. Материалы исследования могут быть использованы в сельскохозяйственных предприятиях, фермерских хозяйствах, а также при подготовке учебных и методических пособий в аграрной сфере.

**Ключевые слова:** опрыскивающая техника, расход пестицидов, равномерность опрыскивания, экологическая безопасность, автоматизированные системы управления, GPS-навигация, точное земледелие

Daxil oldu:

19.01.2026

Çap edildi:

25.05.2026

## AQRAR ELMLƏRİ

UOT 631.47.48

### THE INFLUENCE OF DIFFERENT SLOPES OF THE RELIEF ON THE CHANGES IN THE GRANULOMETRIC AND MICROAGGREGATE COMPOSITION OF KASTANOZEMS OF THE LESSER CAUCASUS

corresponding member of ANAS, prof. Amin Ismailov  
junior scientific researcher, Nurana Yuzbashova

Institute of Geography, Legal Entity of Public Law of the Ministry of Education and Science of the  
Republic of Azerbaijan

amin.ismayil@gmail.com

nyuzbashova@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1878-415X>

<https://orcid.org/0009-0003-3757-6687>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1092>

#### Abstract

Based on the conducted field-soil and chamber-laboratory research, the influence of different slopes of the relief on the changes in some agrophysical properties of Mollic Kastanozems of the northeastern part of the Lesser Caucasus was investigated.

The accumulative-sludge layer (AU=45-50 cm) of Mollic Kastanozems formed under relatively optimal moisture conditions and well-developed grass cover on the shaded slopes of the relief is characterized by sufficient humus (4.3-5.4%), nitrogen (0.32-0.38%), absorption capacity (50.9-53.2 mmol-eq), leaching from carbonates and accumulation in the middle layers (Bca+B/Cca=50-95 cm) (CaCO<sub>3</sub>=16.7-20.8%), and clayey granulometric composition (<0.01mm=58.4-63.8%;<0.001mm=29.6-32.2%). The available diagnostic indicators indicate a high degree of aggregation (77.8-80.0) in the humus layer of the soil (AU=45-50 cm), the presence of sufficiently water-resistant "true" microaggregates (27.1-36.2%), on the contrary, a sharp decrease in the dispersion coefficient (20.0-22.1) and a significant increase in the deeper layers (33.4-34.3). The change in these agrophysical indicators along the soil profile is fully consistent with the decisive role and amount of humus and silt fraction in the aggregation of the soil structure, which is especially valuable in agriculture. However, since most of the area on shaded slopes is used under long-term cereal crops, the decrease in the soil arable layer (AUa=25-30 cm), humus (3.3-3.9%), nitrogen (0.25-0.32%), absorption capacity (46.6-50.9 mmol-eq), silt-colloid particles (<0.001mm=25.4-26.1%) also led to a significant decrease in the degree of aggregation (63.0-64.9) and water-resistant microaggregates, and, conversely, an increase in the dispersion coefficient (35.1-37.0).

In the accumulative-sludge layer (AUca=35-40 cm) of Mollic Kastanozems formed on sunny slopes under relatively arid microclimate conditions and xerophilous grass cover, a significant decrease in humus (2.6-3.9%), nitrogen (0.19-0.29%), and absorption capacity (41.4-46.7 mmol-eq.), as well as a relatively lightening of the granulometric composition (<0.01 mm=52.4-57.6%;<0.001 mm=20.4-27.1%), led to a decrease in the degree of aggregation (65.8-72.5) and water-resistant "true" microaggregates (22.6-25.9) in the dominant fractions of the soil, and, conversely, an increase in the dispersion coefficient (27.5-34.2).

**Keywords:** relief, slope exposition, soil profile, humus, granulometric composition, microaggregate composition

## Introduction

As early as the beginning of the 20th century, the classics of soil science, V.V. Dokuchayev [9], L.I. Prosolov [13], N.M. Sibirtsev [16], etc., showed in their works that the relief factor has a great influence on the formation of soil properties in mountainous areas. A.J. Gerard even noted that the relief is a "mirror" of the soil cover [19].

The influence of relief condition on soil formation in the Lesser Caucasus has been extensively investigated in long-term regional–geographic soil studies conducted by Salayev [6], and more recently by V.H. Hasanov [1, 2] and E.E. Mammadov [5, 20]. These studies have demonstrated that elevation and topographic features, particularly slopes steepness and exposure, play a significant role in the formation of morphogenetic profiles of soil types and subtypes in the region. It has been noted that soils located on sun-exposed slopes receive greater solar radiation than those on shaded slopes, resulting in a more pronounced thermal regime. This difference substantially influences soil formation processes, the development of diagnostic soil horizons and properties, the spatial differentiation of elementary soil units, and the intensity of erosion processes. However, the effect of slope condition in association with aspect on variations in soil structure - which constitute the basis of the agrophysical properties of soils—has received comparatively limited attention in previous studies.

The objective of this study was to determine the influence of slope conditions on soil physical properties of Mollic Kastanozems, in particular, on the granulometric and microaggregate composition, degree of aggregation, dispersion coefficient, and changes in water-resistant microaggregates.

## Material and method

The object of the study was selected as a “standard research area” on Mollic Kastanozems (in the Agdag-Gara Silvi area of the Jalilli municipality of the Tovuz region) located in the low mountainous zone of the northeastern part of the Lesser Caucasus. The research area is located at an altitude of 650-700 m above sea level and is sharply dissected by various steep slopes and valley-shaped micro-depressions. The soil-forming rocks are composed of carbonate clays and silts. The vegetation cover consists of shrubs and well-developed grass cover. The area is characterized by dry steppe subtropical climate conditions, with precipitation of 380-400 mm and an average annual temperature of 12.1-12.5 °C.

**A large-scale (1:20000) soil survey was conducted in the study area in 2022-2024 based on the relief plasticity method. Taking into account the shaded northwest and sunny southeast slopes of the relief, soil sections were dug to a depth of 1.5 m and soil samples were taken from genetic layers. During the field-soil survey, the geographical coordinates of the soil sections were determined based on GPS:**

**K № 51 N 410 10'35, 429"; E=450 39'23, 237";**

**K № 54 N 410 00'58, 528"; E=450 31'28, 184";**

**K № 56 N 410 00'27, 554"; E=450 31'74, 179";**

**K № 58 N 410 00'32, 428"; E=450 31'58, 354";**

**The morphological characteristics of the genetic layers of soil profiles (thickness, color, granulometric composition, new derivatives, structure, hardness, moisture, boiling under the influence of 10% HCl, etc.) were determined. Laboratory analysis of soil samples was carried out using the accepted methods. Humus and nitrogen were determined by the method of I.V. Tyurin, absorbed Ca<sup>••</sup> and Mg<sup>••</sup> - by D.V. Ivanov, pH was determined by a potentiometer in an aqueous solution, carbonate content (CO<sub>2</sub>) was determined by working with a calcimeter device - Shebler, granulometric composition - by working with Na<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, microaggregate and density - by the method of N.A. Kachinsky. The amount of real microaggregates, dispersion coefficient and degree of aggregation were analyzed by the classical method [7].**

## Analysis and discussion

The granulometric and microaggregate composition of the soil has a significant impact on its

morphogenetic diagnostics, agronomic properties, land reclamation properties and fertility indicators [8, 11, 17]. In the study of the soil formation process, the change in the granulometric and microaggregate composition, especially the physical clay (<0.01mm) and silt (<0.001mm) fractions along the soil profile is considered the main diagnostic indicator [10, 12, 18].

The granulometric and microaggregate composition of soils used under various agricultural crops, in particular the degree of aggregation, water-resistant “true” microaggregates, and dispersion coefficient, are subject to significant changes [4, 14, 15].

Based on the existing methodology, a relief plasticity map of the research area (Aghdag-Qara Silvi, Jalilli municipality, Tovuz region) was compiled at a scale of 1:20000. The following relief components were distinguished in the relief plasticity map, which is complicated by the mountain slopes and valleys of the area in terms of geomorphology.

1. Shady northwest-facing slopes;
2. Sunny southeast-facing slopes;
3. Valley-shaped microdepressions.

From the morphological description of the soil sections laid in the study area, it is clear that the thickness of the humus layer (AU<sub>v</sub>), the leaching of carbonates and the formation, depth and solidification of the illuvial-carbonate layer (B<sub>ca</sub>), the structural aggregates of the genetic layers, the microaggregate and granulometric composition, moisture, especially the degree of erosion of the soil profile, etc. morphogenetic features differ significantly on the shady north-western and sunny south-eastern slopes of areas with the same height and inclination [2, 3, 5, 11].

On shady slopes, the humus content in the upper layer of dark mountain-gray-brown (chestnut) soils (AU=20-25cm) is sufficient (4.4-5.4%), its movement to a depth of 0.8-1.0 m (1.2-1.7%) is clearly noticeable. The total nitrogen content is also significantly higher (0.34-0.38%). The upper layer of the soil profile (AU=45-50 cm) is characterized by complete washing out of carbonates, and accumulation in the middle and deep layers (0.7-1.5 m) (CaCO<sub>3</sub>=11.6-20.8%). This soil is also highly supplied with absorbed bases. The absorption capacity in the accumulative-sludge layer is 50.9-53.2 mmol-eq, and in the middle and deep layers it is 30.0-42.8 mmol-eq.

**Figure 1**

**The influence of different relief slopes on diagnostic indicators of Mollic Kastanozems**

Soil pit №	Genetic horizons and depth, cm	Humus, %	Nitrogen, %	CaCO <sub>3</sub> , %	pH in water solution	Absorption capacity, meq			Density, g/cm <sub>3</sub>
						Total	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	
<b>Shady north-west faced slope</b>									
51	AU <sub>v</sub> 0-22	5,43	0,38	Y <sub>ox</sub>	7,1	53,2	40,2	13,0	1,15
	AU <sub>z</sub> 22-45	4,29	0,31	“-”	7,2	49,0	35,2	13,8	1,28
	A/B <sub>ca</sub> 45-58	1,34	0,10	2,1	7,5	38,1	27,6	10,5	1,32
	B <sub>ca</sub> 58-82	1,15	t.olm.	16,7	7,8	36,2	23,4	12,8	1,36
	B/C <sub>ca</sub> 82-115	0,86	“-”	20,8	7,9	32,5	17,1	15,4	1,38
	C <sub>ca</sub> 115-150	0,63	“-”	18,7	8,0	31,9	17,6	14,3	-
58	AU <sub>a</sub> 0-25	3,88	0,32	Y <sub>ox</sub>	7,0	50,9	36,6	14,3	1,12
	AU <sub>a</sub> 25-48	3,26	0,25	“-”	7,1	46,6	33,0	13,6	1,31
	A/B <sub>ca</sub> 48-68	2,74	0,18	5,7	7,4	42,8	30,6	12,2	1,38
	B <sub>ca</sub> 68-86	1,66	t.olm.	11,6	7,8	30,9	21,2	9,7	1,36
	B/C <sub>ca</sub> 86-112	1,08	“-”	18,7	7,9	32,4	21,9	10,5	1,35
	C <sub>ca</sub> 112-145	0,75	“-”	19,1	8,0	31,9	19,9	12,0	-

<b>Sunny south-east faced slope</b>									
54	AU <sup>v</sup> ca 0-18	3,80	0,27	4,5	7,4	42,8	30,5	12,3	1,20
	AU <sup>u</sup> zca 18-35	2,45	0,19	15,2	7,6	41,4	29,0	12,4	1,35
	Bca 35-52	0,98	0,08	20,6	7,8	38,1	28,1	10,0	1,41
	B/Cca 52-75	0,69	t.olm.	18,0	7,9	35,2	25,7	9,5	1,36
	CIca 75-106	0,56	“-”	16,7	8,0	34,4	23,8	10,6	1,38
	CIIca 106-130	0,72	“-”	15,8	8,1	31,7	17,9	13,8	-
56	AU <sup>v</sup> ca 0-20	3,93	0,29	5,4	7,3	46,7	36,2	10,5	1,18
	AU <sup>u</sup> zca 20-36	2,60	0,20	17,1	7,6	45,6	34,4	11,2	1,30
	Bca 36-55	1,19	0,09	21,0	7,7	42,8	29,0	13,8	1,34
	B/Cca 55-82	0,77	t.olm.	17,5	7,8	36,9	24,4	12,5	1,37
	CIca 82-110	0,52	“-”	15,8	7,9	32,4	22,4	10,0	1,35
	CII 110-135	0,63	“-”	15,0	8,0	31,9	21,8	10,1	-

Mollic Kastanozems have a relatively heavy granulometric composition. In the upper layers (AU=22-25cm) the amount of physical clay (<0.01mm) is 55.8-58.4%, silt particles (<0.001 mm) are 25.4-29.6%, while in the middle layers their amount increases considerably (<0.01mm=57.6-64.4%; <0.001mm=26.1-32.2%). Corresponding indicators are also observed in the change in the microaggregate composition of physical clay (<0.01mm=31.5-40.6%; 33.8-36.4%) and silt-colloid particles (<0.001mm=6.5-8.9%; 8.9-9.5%) along the soil profile. The density of the soil in the soft humus layer (AU<sup>v</sup>=22-25cm) varies between 1.12-1.15 cm<sup>3</sup>, and in the hardened illuvial-carbonate layer (Bca=55-80cm) it varies between 1.32-1.38 cm<sup>3</sup>.

On sunny slopes, a relative decrease in humus (2.5-3.9%) and a weakening of its movement to the lower layers (0.4-0.7%) are observed in the upper layers of dark mountain gray-brown (chestnut) soils (AU=30-35cm). These soils are also characterized by a decrease in the total nitrogen content (0.19-0.27%). The profile of dark mountain gray-brown (chestnut) soils formed on sunny slopes differs in their carbonation (CaCO<sub>3</sub>=4.5-5.7%) starting from the surface. The maximum amount of carbonates (CaCO<sub>3</sub>=17.5-20.6%) was determined in the middle layers. A certain decrease in the absorption capacity in the upper layers (38-46 mmol-eq) and, conversely, a relative increase in the pH in the aqueous solution (7.9-8.5) was determined. In the upper layer of the soil profile (AU<sup>v</sup>=18-20 cm), a significant lightening of the granulometric composition (<0.01mm=54.2-55.2%; <0.001mm=24.4-25.0%) was determined, and vice versa, a heavier one in the middle layers (<0.01mm=58.3-58.9%; <0.001mm=25.7-31.8%). Similar indicators are also observed in the change in the microaggregate composition of physical clay (<0.01mm=29.3-30.8%; 31.6-32.1%) and silt particles (<0.001mm=7.6-8.3%; 6.2-7.5%). Depending on the amount of humus and granulometric composition, the density in the upper layer (AU<sup>ca</sup>=18-20cm) is 1.18-1.20 cm<sup>3</sup>, and in the lower layers (Bca+B/Cca=35-80cm) it is 1.34-1.41 cm<sup>3</sup>.

Figure 2

( $\frac{\text{granulometrik}}{\text{mikroaqrəqat}}$ ) composition of Mollic Kastanozems

Soil pit №	Genetic horizons and depth, cm	Fractions, mm and amount in %							Dispersion coefficient	Aggregation degree by dominant fractions
		> 0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01		
<b>Shady north-west faced slope</b>										
51	AU'v 0-22	-	<u>19,44</u> 30,80	<u>22,12</u> 37,72	<u>15,92</u> 11,96	<u>12,96</u> 12,96	<u>29,56</u> 6,56	<u>58,44</u> 31,48	22,19	77,81
	AU"z 22-45	-	<u>16,96</u> 34,56	<u>19,20</u> 37,80	<u>18,56</u> 6,68	<u>13,08</u> 14,48	<u>32,20</u> 6,48	<u>63,84</u> 27,64	20,12	79,88
	A/Bca 45-58	-	<u>22,68</u> 25,88	<u>22,88</u> 40,32	<u>16,32</u> 12,40	<u>19,92</u> 12,48	<u>28,20</u> 8,92	<u>64,44</u> 33,80	31,63	68,32
	Bca 58-82	-	<u>29,28</u> 28,32	<u>18,68</u> 48,28	<u>9,36</u> 5,16	<u>19,68</u> 10,56	<u>23,00</u> 7,68	<u>52,04</u> 23,40	33,40	66,60
	Cca 115-150	-	<u>30,12</u> 20,16	<u>18,44</u> 56,04	<u>17,20</u> 6,92	<u>12,52</u> 9,44	<u>21,72</u> 7,44	<u>51,44</u> 23,80	34,25	65,75
58	AU'a 0-25	-	<u>20,64</u> 24,48	<u>23,52</u> 34,88	<u>12,32</u> 17,16	<u>18,16</u> 14,60	<u>25,36</u> 8,88	<u>55,84</u> 40,64	35,06	64,94
	AU"a 25-48	-	<u>18,04</u> 19,28	<u>23,12</u> 44,32	<u>16,84</u> 11,72	<u>15,92</u> 15,04	<u>26,08</u> 9,64	<u>58,84</u> 36,40	36,98	63,04
	A/Bca 48-68	-	<u>23,88</u> 21,92	<u>24,52</u> 44,80	<u>16,64</u> 8,92	<u>20,56</u> 14,88	<u>20,40</u> 9,48	<u>57,60</u> 33,28	46,37	53,63
	Bca 68-86	-	<u>27,24</u> 24,48	<u>26,12</u> 38,32	<u>8,24</u> 14,32	<u>21,68</u> 15,88	<u>16,72</u> 7,00	<u>46,64</u> 37,20	41,87	58,13
	Cca 112-145	-	<u>22,32</u> 22,12	<u>38,04</u> 52,76	<u>8,76</u> 8,44	<u>15,32</u> 12,68	<u>15,56</u> 4,00	<u>39,64</u> 25,12	38,56	61,44
<b>Sunny south-east faced slope</b>										
54	AU'vca 0-18	-	<u>21,64</u> 30,48	<u>24,20</u> 40,24	<u>9,08</u> 13,08	<u>18,00</u> 7,92	<u>27,08</u> 8,28	<u>54,16</u> 29,28	27,53	72,47
	AU"zca 18-35	-	<u>17,32</u> 36,24	<u>21,08</u> 31,28	<u>9,80</u> 11,64	<u>23,84</u> 13,36	<u>27,96</u> 7,48	<u>57,60</u> 32,48	26,75	73,25
	Bca 35-52	-	<u>21,28</u> 27,44	<u>20,40</u> 40,92	<u>5,80</u> 13,48	<u>26,68</u> 11,00	<u>24,84</u> 7,16	<u>58,32</u> 31,64	28,82	71,18
	B/Cca 52-75	-	<u>28,56</u> 23,20	<u>22,00</u> 43,00	<u>10,08</u> 15,72	<u>17,64</u> 10,36	<u>21,72</u> 7,72	<u>49,44</u> 33,80	35,54	64,46
	CIIca 106-130	-	<u>27,44</u> 21,20	<u>18,64</u> 50,80	<u>12,52</u> 11,76	<u>16,24</u> 7,92	<u>25,16</u> 8,32	<u>53,92</u> 28,00	33,07	66,93
56	AU'vca 0-20	-	<u>21,20</u> 22,44	<u>26,40</u> 47,76	<u>11,72</u> 11,16	<u>16,28</u> 10,96	<u>24,40</u> 7,68	<u>52,40</u> 30,80	31,48	68,52
	AU"zca 20-38	-	<u>15,76</u> 24,08	<u>29,48</u> 38,32	<u>14,80</u> 9,96	<u>19,60</u> 20,68	<u>20,36</u> 6,96	<u>54,76</u> 37,60	34,18	65,82
	Bca 38-55	-	<u>11,36</u> 23,76	<u>30,72</u> 44,12	<u>11,92</u> 11,92	<u>22,28</u> 13,96	<u>24,72</u> 6,24	<u>58,92</u> 32,12	31,64	68,36
	B/Cca 55-82	-	<u>16,88</u> 27,52	<u>32,68</u> 52,12	<u>12,88</u> 8,72	<u>19,16</u> 5,80	<u>18,40</u> 5,84	<u>50,44</u> 20,36	31,74	68,26
	CII 110-135	-	<u>17,80</u> 19,48	<u>36,76</u> 52,44	<u>9,92</u> 11,24	<u>14,96</u> 10,56	<u>20,56</u> 6,28	<u>45,44</u> 28,08	30,54	69,46

**The amount of "true" water-resistant aggregates in Mollic Kastanozems, %**

Soil pit №	Genetic horizons and depth, cm	The amount of fractions is 0,25-0,01 mm		
		Composition		The amount of "real" microaggregates
		Microaggregate	Granulometric	
<b>Shady north-west faced slope</b>				
51	AU <sup>v</sup> 0-22	72,36	36,16	36,20
	AU <sup>z</sup> 22-45	68,52	41,56	27,16
	A/Bca 45-58	66,20	45,56	20,64
	Bca 58-82	66,60	47,76	18,84
	Cca 115-150	66,20	48,56	17,64
58	AU <sup>a</sup> 0-25	63,60	46,16	17,04
	AU <sup>a</sup> 25-48	59,36	44,16	15,20
	A/Bca 48-68	66,72	48,30	18,42
	Bca 68-86	72,80	53,56	19,26
	Cca 112-145	74,88	60,92	13,56
<b>Sunny south-east faced slope</b>				
54	AU <sup>vca</sup> 0-18	70,72	44,84	25,88
	AU <sup>zca</sup> 18-35	67,52	43,40	24,12
	Bca 35-52	68,36	52,68	15,68
	B/Cca 52-75	63,20	50,56	12,64
	CIIca 106-130	62,00	46,08	15,92
56	AU <sup>vca</sup> 0-20	70,20	47,60	22,60
	AU <sup>zca</sup> 20-38	62,40	48,24	14,14
	Bca 38-55	60,88	46,08	16,80
	B/Cca 55-82	64,64	49,56	15,08
	CII 110-135	61,92	44,56	17,36

Along with the above diagnostic indicators, dark mountain gray-brown soils of shady and sunny slopes also have different characteristics in terms of granulometric and microaggregate composition: the degree of aggregation by dominant fractions (0.25-0.05; 0.05-0.01mm), dispersion coefficient, and the amount of "true" water-resistant microaggregates.

On shaded slopes, the aggregation degree of the dominant fractions (0.25+0.01mm) in the upper layers of natural soils (AU<sup>a</sup>=45-50cm) is quite high (70.8-77.8-79.9), while in the lower layers (Bca-Cca) it gradually decreases (65.8-66.7). The dispersion coefficient, on the contrary, sharply increases from the upper layers (20.1-22.2) to the depth (33.4-34.3). The change of these indicators along the soil profile is fully consistent with the leading role and amount of humus and silt fraction in the aggregation of soil structures. The maximum amount of microaggregates (68.5-72.4%) and water-resistant "true" microaggregates (27.2-36.2%) was determined in the accumulative humus layer. In the soil-forming sediments, a sharp decrease in "true" water-resistant microaggregates (17.6-18.8%) was determined (Table 3). During our field-soil study, it was also observed from its morphological characteristics that the humus layer (AU<sup>a</sup>=45-50cm) has a well-aggregated, favorable granular structure compared to the middle and deep layers of the soil profile (Bca-B/Cgca-Cgca).

However, the relative decrease in humus (3.9%) and silt-colloid particles (<0.001mm=25.4%) in the sowing layer (AU<sup>a</sup>=0-25cm) of soils cultivated under cereal crops under

long-term conditions (K-58) also affected the significant decrease in the degree of aggregation (64.9). On the contrary, a sufficient increase in the dispersion coefficient (35.1) was determined. A sharp decrease in microaggregates (63.6%) and “real” water-resistant microaggregates (17.0%) was also determined in the sowing layer of these soils.

In Mollic Kastanozems of the sunny slopes of the relief, the relative decrease in the accumulative-sludge layer ( $A_{Uca}=30-35\text{cm}$ ), humus (2.6-3.9%), physical clay ( $<0.01\text{mm}=52.4-54.2\%$ ) and silt-colloidal particles ( $<0.001\text{mm}=24.4-27.1\%$ ) in granulometric composition also affected the significant decrease in the degree of aggregation of the dominant fractions (72.5-73.3), and on the contrary, a sufficient increase in the dispersion coefficient (26.8-27.5). Also, in the soils of the sunny slopes, a sharp decrease in microaggregates (67.5-70.2%) and “true” water-resistant microaggregates (22.6-25.9%) from the upper layers to the depth (61.9-63.2; 12.6-17.4) was determined.

### Conclusion

Compared to the arid microclimate conditions of the relief and sunny slopes with xerophilous grass cover, the accumulative-humus layer ( $A_U=45-50\text{ cm}$ ) of dark mountain gray-brown soils formed on shady slopes with optimal moisture and good grass cover is provided with sufficient humus (4.3-5.4%), nitrogen (0.32-0.38%), absorption capacity (50.9-53.2 mmol-eq) and clayey granulometric composition ( $<0.01\text{mm}=58.4-63.0\%$ ;  $<0.001\text{mm}=29.6-32.2\%$ ), which affects the increase in some agrophysical properties of the soil, in particular the degree of aggregation (77.8-80.0), water-resistant “true” microaggregates (27.1-36.2%) and, conversely, the decrease in the dispersion coefficient (20.2-22.1). has shown.

However, the decrease in diagnostic indicators in the sowing layer ( $A_{Ua}=0-25\text{cm}$ ) of soil types (K-58) used under cereal crops under long-term drought conditions led to a decrease in the degree of aggregation (63.0-64.9), a decrease in water-resistant “true” microaggregates (15.2-17.0%), and, conversely, an increase in the dispersion coefficient (35.1-37.0).

### References

1. Babayev M.P, Həsənov V.H., Cəfərova Ç.M., Hüseynova S.M.- Azərbaycan torpaqlarının morfoqenetik diaqnostikası, nomenklaturası və təsnifatı, Bakı, “Elm”, 2011, 448s.
2. Həsənov V.H, Aslanova R.H., Nuriyev E.R.- Kiçik Qafqazın dağ-çəmən və dağ-meşə torpaqların diaqnostik göstəricilərinə və torpaq örtüyü strukturlarının formalaşmasına müxtəlif baxarlı yamaqların təsiri// Torpaqşünaslıq və Aqrokimya jurnalı, cild 22, №1-2, Bakı, “Elm”, 2015, s. 49-54
3. Həsənov V.H, Yüzbaşova N.Ş.- Kiçik Qafqazın şimal-şərq hissəsində tünd dağ boz-qəhvəyi (şabalıdı) torpaqların diaqnostik göstəricilərinə relyefin müxtəlif baxarlı yamaqlarının təsiri//AR Əkinçilik Elmi-Tədqiqat İnstitutunun elmi əsərləri məcmuəsi, 4(33) cild, №1, Bakı, “Müəllim” nəş-tı, 2022, s. 64-74
4. İsmayılov B.N.- Quba-Xaçmaz massivi allüvial-çəmən-meşə torpaqların bəzi aqrofiziki xassələrinin dəyişməsinə suvarmanın və mədəni bitkilərin təsiri//Torpaqşünaslıq və Aqrokimya jurnalı, cild 24, №1, Bakı, “Elm”, 2019, s. 31-39
5. Məmmədov E.E.- Mikrorelyefin dağ boz-qəhvəyi torpaqların morfoqenetik göstəricilərinə təsiri. Azərbaycan Torpaqşünaslar Cəmiyyətinin əsasələri, Bakı, Elm, XI cild, I hissə, 2010, s. 311-317
6. Salayev M.E.- Kiçik Qafqazın torpaqları, Bakı, “Elm”, 2025(1966), 370s.
7. Вадюнина А.Ф, Корчагина З.А.- Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1961, 345 с.
8. Гумматов Н.Г, Пачепский Я.Ф.- Современное представление о структуре почв и структурообразовании, Баку : «Муаллим», 2016, 99 с.
9. Докучаев В.В.- Избранные сочинения. Т. II, М., 1951, с. 378-466
10. Макарычев С.В, Зайкова Н.И.- Агрофизические особенности орошаемых черноземов

- правобе-режья р.Оби // Вестник Алтайского государственного аграрного универ-та, №2(112), 2014, с.40-45.
11. Мамедов Р.Г.- Агрофизическая характеристика почв Приараксинской полосы. Баку: «Элм», 1970, 320 с.
  12. Панфилов В.П.- Физические свойства и водный режим почв Кулундунской степи. Новосибирск: Наука, 1973, 259 с.
  13. Просолов Л.И.- Генезис, география и картография почв. М., 1931, 40с.
  14. Рамазанова Ф.М.- Влияние промежуточных посевых кормовых культур на агрофизические показатели орошаемых почв сухой субтропической зоны // Российская сельскохозяйственная наука, №4, 2017, с. 47-50
  15. Семендяева Н.В., Крупская Т.Н., Карловец Л.А.-Влияние севооборотов на гранулометрический состав чернозема выщелоченного Новосибирского Приобья в длительных опытах. Сибирской вестник с.-х. науки, том 47, №1, 2017, с. 18-24
  16. Сибиртцев Н.М.- Избранное сочинение //Почвоведение и борьба с засухой. Т.2. М., 1953, 580 с.
  17. Синешев В.Е., Слесарев В.Н., Ткаченко Г.И. и др.- Гранулометрический и микроагрегатный состав черноземов выщелоченных при минимизации основной обработки // Сибирский Вестник сельскохозяйственных наук, том 47, №1, 2017, с. 18-24.
  18. Татаринцев В.Л.- Структура гранулометрического состава и ее влияние на физическое состояние пахотных почв Алтайского Приобья. Барнаул: Изд-во Алтайского ГАУ, 2004, 179 с.
  19. Gerrard A.I.- Soils and landforms. An Integration of Geomorphology and pedology. London, George Allen Unwin, Boston Sydney, 1984, 205 p.
  20. Mammadov E., Nowosad J., Glaesser C.- Estimation and mapping of surface soil properties in the Caucasus Mountains, Azerbaijan using high-resolution remote sensing data. Geoderma Regional, 2021, e00411. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00411>

## **KIÇIK QAFQAZIN TÜND DAĞ BOZ-QƏHVƏYİ TORPAQLARIN QRANULOMETRİK VƏ MİKROAQRƏQAT TƏRKİBİNİN DƏYİŞMƏSİNƏ RELYEFİN MÜXTƏLİF BAXARLI YAMAQLARININ TƏSİRİ**

Amin İsmayılov  
Nuranə Yüzbaşova

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Coğrafiya İnstitutu Publik Hüquqi Şəxs

### **Xülasə**

Aparılmış çöl-torpaq və kameral-laboratoriya tədqiqatı əsasında Kiçik Qafqazın şimal-şərq hissəsinin tünd dağ boz-qəhvəyi torpaqlarının bəzi aqrofiziki xassələrinin dəyişməsinə relyefin müxtəlif baxarlı yamaqlarının təsiri araşdırılmışdır.

Relyefin *kölgəli yamaqlarında* nisbətən optimal nəmlənmə şəraiti və yaxşı inkişaf etmiş ot örtüyü altında formalaşan tünd dağ boz-qəhvəyi torpaqların akkumlyativ-çürüntü qatı (AU=45-50 sm) kifayət qədər humus (4,3-5,4%), azot (0,32-0,38%), udma tutumu (50,9-53,2 mmol-ekv) ilə təmin olunması, karbonatlardan yuyulması və orta qatlarda ( $B_{ca}+B/C_{ca}=50-95$  sm) toplanması ( $CaCO_3=16,7-20,8\%$ ), gilli qranulometrik tərkibli ( $<0,01mm=58,4-63,8\%$ ;  $<0,001mm=29,6-32,2\%$ ) ilə fərqlənir. Mövcud diaqnostik göstəricilər torpağın humus qatında (AU=45-50 sm) yüksək aqreqatlaşma dərəcəsinin (77,8-80,0), kifayət qədər suya davamlı “həqiqi” mikroaqreqatların (27,1-36,2%) olması, əksinə disperslik əmsalının kəskin azalması (20,0-22,1) və dərin qatlarda xeyli artması (33,4-34,3) müəyyən edilmişdir. Torpaq profili üzrə bu aqrofiziki göstəricilərin dəyişməsi, xüsusən kənd təsərrüfatında dəyərli əhəmiyyətə malik torpaq strukturunun aqreqatlaşmasında

humusun və lil-fraksiyasının həlledici roluna və miqdarına tamamilə uyğun gəlir. Lakin, kölgəli yamaclarda ərazinin çox hissəsi uzun müddətli dənli taxıl bitkiləri altında istifadə olduğundan torpağın əkin qatında ( $AU_a=25-30$  sm), humusun (3,3-3,9%), azotun (0,25-0,32%), udma tutumunun (46,6-50,9 mmol-ekv), lil-kolloid hissəciklərinin ( $<0,001\text{mm}=25,4-26,1\%$ ) azalması, aqreqatlaşma dərəcəsinin (63,0-64,9) və suya davamlı mikroaqreqatların da xeyli azalmasına, əksinə disperslik əmsalının artmasına (35,1-37,0) səbəb olmuşdur.

*Günəşli yamaclarda* nisbətən arid mikroiqlim şəraitində və kserofil ot örtüyü altında formalaşan tünd dağ boz-qəhvəyi torpaqların akkumlyativ-çürüntü qatında ( $AU_{ca}=35-40$  sm) humusun (2,6-3,9%), azotun (0,19-0,29%), udma tutumunun (41,4-46,7 mmol-ekv) xeyli azalması, qranulometrik tərkibin nisbətən yüngülləşməsi ( $<0,01$  mm=52,4-57,6%;  $<0,001$  mm=20,4-27,1%) nəticəsində torpaqda dominant fraksiyalar üzrə aqreqatlaşma dərəcəsinin (65,8-72,5) və suyadavamlı “həqiqi” mikroaqreqatların da (22,6-25,9) azalmasına, əksinə disperslik əmsalının yüksəlməsinə (27,5-34,2) təsir göstərmişdir.

**Açar sözlər:** relyef, yamacların baxarlılığı, torpaq profili, humus, qranulometrik tərkib, mikroaqreqat tərkib

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УКЛОНОВ РЕЛЬЕФА НА ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО И МИКРОАГРЕГАТНОГО СОСТАВА ТЕМНО- ГОРНЫХ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ МАЛОГО КАВКАЗА

Амин Исмаилов  
Нурана Юзбашова

Институт географии академии наук Азербайджанской Республики, публичная юридическая  
единица

### Резюме

На основе проведенных полевых почвенных и камерно-лабораторных исследований изучено влияние различных уклонов рельефа на изменения некоторых агрофизических свойств темно-серо-коричневых горных почв северо-восточной части Малого Кавказа.

Накопительно-иловый слой ( $AU=45-50$  см) темных горных серо-коричневых почв, сформировавшийся при относительно оптимальных условиях влажности и хорошо развитом травяном покрове на затененных склонах рельефа, характеризуется достаточным содержанием гумуса (4,3-5,4%), азота (0,32-0,38%), абсорбционной способностью (50,9-53,2 ммоль-экв), выщелачиванием карбонатов и накоплением в средних слоях ( $V_{ca}+V_{cса}=50-95$  см) ( $CaCO_3=16,7-20,8\%$ ) и глинистым гранулометрическим составом ( $<0,01$  мм=58,4-63,8%;  $<0,001$  мм=29,6-32,2%). Имеющиеся диагностические показатели указывают на высокую степень агрегации (77,8-80,0) в гумусовом слое почвы ( $AU=45-50$  см), наличие достаточно водостойких «истинных» микроагрегатов (27,1-36,2%), напротив, резкое снижение коэффициента дисперсии (20,0-22,1) и значительное увеличение в более глубоких слоях (33,4-34,3). Изменение этих агрофизических показателей вдоль почвенного профиля полностью согласуется с решающей ролью и количеством гумусовой и иловой фракций в агрегации структуры почвы, что особенно ценно в сельском хозяйстве. Однако, поскольку большая часть площади на затененных склонах используется под долгосрочные зерновые культуры, уменьшение пахотного слоя почвы ( $AU_a = 25-30$  см), гумуса (3,3-3,9%), азота (0,25-0,32%), абсорбционной способности (46,6-50,9 ммоль-экв), коллоидных частиц ила ( $<0,001$  мм = 25,4-26,1%) также привело к значительному снижению степени агрегации (63,0-64,9) и водостойких микроагрегатов, и, наоборот, к увеличению коэффициента дисперсии (35,1-37,0).

В накопительно-иловом слое ( $AU_{ca}=35-40$  см) темных горных серо-коричневых почв,

сформи-ровавшихся на солнечных склонах в условиях относительно засушливого микроклимата и ксеро-фильного травяного покрова, наблюдалось значительное снижение содержания гумуса (2,6-3,9%), азота (0,19-0,29%) и абсорбционной способности (41,4-46,7 ммоль-экв.), а также относительное осветление гранулометрического состава ( $<0,01$  мм=52,4-57,6%;  $<0,001$  мм=20,4-27,1%), что привело к уменьшению степени агрегации (65,8-72,5) и водостойких «истинных» микроагрегатов (22,6-25,9) в преобладающих фракциях почвы и, наоборот, к увеличению коэффициента дисперсии (27,5-34,2).

**Ключевые слова:** рельеф, экспозиция склонов, профиль почвы, гумус, гранулометрический состав, состав микроагрегатов

Daxil oldu:

19.01.2026

Çap edildi:

25.05.2026

UDC 631.437.31: 631.44.061

## SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ELECTRICAL RESISTIVITY WITHIN PEDOGENIC HORIZONS UNDER COASTAL INFLUENCE

professor, Chingiz Gulaliyev  
candidate of biological sciences, associate professor, Nadezhda Vashukevich  
Lankaran State University  
Ural State Agrarian University  
ch\_gulaliyev@yahoo.com  
nadiav@bk.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4973-2339>  
<https://orcid.org/0000-0002-4444-5680>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1094>

### Abstract

The aim of this study was to investigate the spatial variability of soil electrical resistivity within pedogenic horizons under coastal conditions and to evaluate its relationship with soil genesis, morphological features, and physicochemical properties.

The research was conducted within the coastal ecological monitoring zone of Lake Baikal, in near-shore areas characterized by periodic water level fluctuations, active sediment redistribution, and variable moisture regimes. Field investigations were carried out during the vegetation period.

Field studies were performed using standard pedological approaches. Representative soil profiles (burzems, stratozems, and lithozems) were described according to WRB (2022) guidelines, and samples were collected from each genetic horizon. Soil electrical resistivity ( $\rho$ ) was measured using the LandMapper-03 device following electrophysical methods. Laboratory analyses included determination of moisture content, humus, particle-size distribution, and pH. A new indicator, the Pedogenetic Resistivity Index (PRI), was proposed to evaluate the relative contribution of resistivity in relation to humus and clay content. Statistical analysis included descriptive statistics, correlation analysis, one-way ANOVA, and the Kruskal–Wallis test.

The results revealed significant vertical and spatial variability of electrical resistivity across soil types and horizons. Burzem soils showed a gradual increase in resistivity with depth, while stratozem soils exhibited non-monotonic, layered patterns reflecting lithological heterogeneity. Lithozem soils demonstrated the highest variability due to weak profile development and strong lithological control. PRI values effectively reflected pedogenetic differentiation, with lower values in humus-rich horizons and higher values in deeper layers. Statistical tests did not confirm significant differences among soil types ( $p > 0.05$ ), although a clear tendency toward differentiation was observed.

Soil electrical resistivity is a reliable integrative indicator of soil heterogeneity and pedogenetic differentiation under coastal conditions. The proposed PRI index enhances the interpretation of electrophysical data; however, its application requires an integrated approach combining morphological, physicochemical, and geophysical analyses.

**Keywords:** soil electrical resistivity, Pedogenetic Resistivity Index (PRI), coastal soils, spatial variability, soil heterogeneity, pedogenic horizons, lithological control, soil profile differentiation

### Introduction

Soil electrical resistivity has emerged as an effective integrative indicator reflecting the combined influence of soil physical, chemical, and structural properties. As a non-destructive and

sensitive parameter, it has been increasingly used in soil science to characterize spatial heterogeneity, diagnose soil conditions, and interpret pedogenic processes. Electrical resistivity is primarily controlled by soil moisture content, pore structure, texture, salinity, and temperature, but its behavior within soil profiles is often governed by complex interactions among these factors.

In recent years, increasing attention has been given to the application of electrical resistivity measurements for studying vertical soil differentiation and identifying genetic horizons. Variations in resistivity within soil profiles can reveal transitions between horizons, reflecting differences in humus accumulation, mineral composition, bulk density, and degree of weathering. However, the relationship between electrical resistivity and individual soil properties is not always linear or uniform, particularly under heterogeneous environmental conditions.

Coastal landscapes represent a specific pedoecological environment where soil formation is influenced by a combination of hydrological, geomorphological, and climatic factors. Fluctuating moisture regimes, periodic wetting and drying, sediment deposition, and the influence of surface and groundwater dynamics contribute to the development of complex soil profiles. These conditions often result in pronounced spatial variability of soil properties, including electrical resistivity, both horizontally and vertically.

Despite the growing body of research, the interpretation of electrical resistivity in terms of soil genesis and horizon differentiation remains challenging. In many cases, resistivity patterns cannot be explained solely by traditional soil parameters such as moisture or granulometric composition. Instead, they reflect the integrated effect of multiple pedogenic processes, including organic matter transformation, mineral weathering, structural evolution, and anthropogenic or pyrogenic influences.

The study of electrical resistivity within pedogenic horizons under coastal influence is therefore essential for improving our understanding of soil formation mechanisms and for refining the use of geophysical methods in soil science. In particular, identifying consistent patterns of resistivity distribution across different soil types can provide valuable insights into the genetic structure of soils and their functional properties.

The aim of this study is to investigate the spatial variability of soil electrical resistivity within pedogenic horizons in a coastal monitoring zone and to assess its relationship with soil morphological features and genesis. Special attention is given to comparing resistivity patterns across different soil types and interpreting their variability in the context of pedogenic processes.

It is hypothesized that soil electrical resistivity exhibits systematic spatial variability within pedogenic horizons under coastal influence, reflecting the combined effects of soil-forming processes, morphological differentiation, and environmental factors. This variability is expected to correspond to the genetic structure of soil profiles rather than being controlled by a single factor such as moisture or texture.

### **Literature review**

Soil electrical resistivity (ER) and electrical conductivity (EC) are widely recognized as integrative indicators reflecting the combined influence of soil moisture, temperature, porosity, texture, and ionic composition [1]. Unlike individual soil parameters, electrical properties provide a cumulative response to multiple soil-forming factors, making them particularly valuable for studying soil heterogeneity and pedogenic processes. Recent studies emphasize that the interpretation of electrical properties should be based on a complex, multi-factor approach rather than simplified linear relationships [18, 4].

The theoretical foundations of soil electrophysical properties have been extensively developed in classical and modern studies. Pozdnyakov outlined the methodological basis for applying electrophysical methods in soil investigations, highlighting their sensitivity to structural and moisture-related changes [15]. Earlier, Pozdnyakov and Gulaliyev demonstrated that soil electrical properties vary significantly depending on soil type, granulometric composition, and environmental conditions, emphasizing their diagnostic potential in soil science [16].

Temperature is another key factor influencing soil electrical behavior. Gulaliyev showed that specific electrical conductivity of soils is strongly dependent on temperature, which affects ion mobility and water–solid interactions [10]. These findings confirm that electrical properties should be interpreted in relation to both thermal and hydrological regimes, particularly in environments characterized by seasonal variability. In recent years, geophysical methods such as electrical resistivity tomography (ERT) have significantly expanded the possibilities for studying soil profile structure and spatial variability. ERT-based approaches allow for high-resolution analysis of subsurface heterogeneity and have been successfully applied to monitor soil moisture dynamics and structural differentiation [2,7,8].

These methods are particularly useful in identifying vertical contrasts within soil profiles and detecting transitions between genetic horizons. Modern research increasingly demonstrates that electrical resistivity can be used to identify pedogenic horizons and lithological discontinuities. Variations in resistivity are often associated with changes in soil structure, density, mineral composition, and degree of weathering [6, 22]. However, these relationships are not always straightforward, as resistivity reflects the combined influence of multiple interacting factors rather than a single dominant variable. The relationship between electrical properties and soil trophic status has also been investigated using electrophysical methods. In agricultural systems, soil electrical conductivity has also been increasingly applied for site-specific nitrogen management and precision fertilization strategies [17]. Buzuk proposed an approach based on exponential regression and moisture correction, demonstrating that accurate interpretation of electrical data requires accounting for non-linear dependencies and environmental variability [5]. This approach further supports the idea that soil electrical properties are governed by complex interactions rather than simple linear models. Spatial variability of soil electrical properties is strongly influenced by landscape position, microrelief, and hydrological conditions. Recent evidence from arid urban soils also indicates that episodic waterlogging significantly modifies hydropedogenic pathways and spatial redistribution of soil moisture, resulting in pronounced electrophysical contrasts within soil profiles [3]. Studies have shown that microtopography plays a significant role in pedogenesis, affecting moisture redistribution and soil development processes [12]. Similar pedogenetic contrasts between slope and basin positions have also been reported in recent geomorphologically controlled soil studies [23]. Coastal environments, in particular, exhibit high spatial heterogeneity due to fluctuating moisture regimes, sediment deposition, and groundwater influence [10, 19]. Similar variability patterns have also been reported in irrigated agricultural systems, where ERT-based observations revealed substantial temporal changes in soil moisture distribution [13].

Within the Baikal region, electrophysical methods have been successfully applied for soil diagnostics in ecological monitoring zones. Vashukevich et al. demonstrated that electrical resistivity reflects internal soil heterogeneity and can be effectively used for monitoring soil conditions and profile differentiation [20]. Their work highlighted the importance of integrating geophysical measurements with pedological observations. Recent studies further confirm the importance of combining electrophysical methods with classical soil analysis. Advances in sensor-based and spectroscopic detection systems further expand the applicability of soil electrical conductivity measurements in modern digital soil diagnostics [21]. Kozlova and Gulaliyev showed that electrical resistivity, when interpreted together with morphological and physicochemical properties, provides a reliable basis for diagnosing soil transformation under agropedogenesis [11]. Their results indicate that resistivity patterns are closely linked to humus content, granulometric composition, and iron forms, although these relationships vary across soil types. Overall, the current state of research indicates that soil electrical resistivity is a powerful tool for analyzing spatial variability and soil profile structure. Recent imaging-based studies further confirm the applicability of resistivity methods for quantitative assessment of soil water content variability at field scale [14]. However, its interpretation remains complex due to the multicausal nature of controlling factors, including moisture, temperature, lithology, and pedogenic processes. Despite

significant advances, there is still a lack of studies that explicitly examine the spatial variability of electrical resistivity within pedogenic horizons under coastal influence while integrating morphological, genetic, and environmental factors.

### Materials and methods

The study was conducted within the coastal ecological monitoring zone of Lake Baikal, specifically in near-shore areas characterized by periodic water level fluctuations, active sediment redistribution, and variable moisture regimes. These conditions create a highly heterogeneous pedogenic environment formed under the influence of hydrodynamic processes, lithological variability, and surface runoff.

The investigated soils include burzems, lithozems, and stratified soils (stratosems), which represent different stages and conditions of soil formation within the coastal landscape.

Field investigations were carried out using standard pedological methods. Representative soil profiles were selected, and soil samples were collected separately from each genetic horizon.

Soil electrical resistivity ( $\rho$ , Ohm·m) was measured using the LandMapper-03 device based on electrophysical principles. Measurements were conducted following the methodological approaches of Pozdnyakov [15] and Pozdnyakov and Gulaliyev [16]. Soil samples were prepared to preserve their natural structure, moisture conditions were standardized, and electrode contact stability was ensured.

In addition, selected soil physicochemical properties, including moisture content, particle-size distribution, humus content, and soil pH, were determined under laboratory conditions.

Statistical data processing included descriptive statistics (mean, standard deviation, and coefficient of variation, CV%) and correlation analysis.

In this study, a new indicator — the Pedogenetic Resistivity Index (PRI) — was introduced:

$$PRI = \frac{\rho}{Humus + Clay_{<0.01}}$$

This index expresses the relative variation of electrical resistivity in relation to soil organic matter and fine particle fraction and is used as an integrative indicator of pedogenetic differentiation.

To assess differences in PRI among soil types, one-way ANOVA and the non-parametric Kruskal–Wallis test were applied.

### Results

The results of the study indicate that soils formed under coastal conditions exhibit significant spatial variability in electrical resistivity ( $\rho$ ), both vertically within soil profiles and across different soil types. This variability is closely associated with the differentiation of genetic horizons and reflects the complex influence of soil-forming processes.

In burzem soils (section 9), the vertical distribution of electrical resistivity shows a relatively consistent pattern (Table 1). In the upper O and AY horizons, resistivity values range from 773 to 775 Ohm·m, while in the deeper horizons, these values increase to 969–1112 Ohm·m. This increase can be attributed to the decrease in humus content and the compaction of soil structure with depth.

Correlation analysis revealed that electrical resistivity is negatively correlated with humus content ( $r = -0.737$ ) and positively correlated with coarse particle fractions ( $r = 0.856$ ), confirming the significant role of soil structure and granulometric composition in controlling electrical properties.

**Table 1. Electrical resistivity and physicochemical properties of burzem soil (Section 9)**

Horizon	Depth (cm)	$\rho$ (Ohm·m)	Humus (%)	pH	Clay <0.001 mm (%)	Clay <0.01 mm (%)
O	2–7	773.8	14.5	4.9	14	23
AY	7–13	775.2	6.6	5.3	26	20
BM	13–30	969.3	4.5	5.2	20	36
C	30–40	922.1	3.4	5.2	18	23
	40–50	1112.0	2.8	5.2	17	36

*Note.* Correlation coefficients ( $r$ ):  $\rho$ –Humus =  $-0.737$ ;  $\rho$ –pH =  $0.07$ ;  $\rho$ –Clay (<0.001 mm) =  $-0.234$ ;  $\rho$ –Clay (<0.01 mm) =  $0.856$ .

In the second burzem soil profile (section 7), the distribution of electrical resistivity exhibits a more pronounced and heterogeneous pattern (Table 2). In the upper horizon (4–9 cm), resistivity is relatively low ( $\rho = 345$  Ohm·m), whereas within the 10–50 cm interval, it increases sharply to 1185–1248 Ohm·m. In deeper layers, resistivity decreases again and stabilizes within the range of 840–870 Ohm·m.

Such variability reflects structural heterogeneity within the soil profile and indicates the presence of different stages of pedogenic development. Correlation analysis also shows a negative relationship between electrical resistivity and humus content ( $r = -0.7167$ ), as well as a weak negative correlation with fine particle fractions.

**Table 2. Electrical resistivity and physicochemical properties of burzem soil (Section 7)**

Horizon	Depth (cm)	$\rho$ (Ohm·m)	Humus (%)	pH	Clay <0.001 mm (%)	Clay <0.01 mm (%)
AY	4–9	345.1	8.6	5.4	13	32
	10–20	1185.0	2.6	5.7	11	30
BM	20–30	1243.0	1.7	5.8	8	20
	30–40	1189.0	2.1	5.7	7	18
	40–50	1248.0	1.4	5.6	11	27
C	50–60	845.7	1.3	5.9	10	21
	60–70	841.3	1.3	6.0	10	24
	>85	873.3	0.9	6.0	9	24

*Note.* Correlation coefficients ( $r$ ):  $\rho$ –Humus =  $-0.7167$ ;  $\rho$ –pH =  $0.208$ ;  $\rho$ –Clay (<0.001 mm) =  $-0.6405$ ;  $\rho$ –Clay (<0.01 mm) =  $-0.460$ .

In stratossem soils (section 6), the distribution of electrical resistivity exhibits a non-monotonic and layered pattern (Table 3). Resistivity values vary within a wide range of 301–1007 Ohm·m, showing pronounced differences across genetic horizons. Maximum values (~1007 Ohm·m) are observed at a depth of 25–45 cm (AC horizon), whereas minimum values (~301 Ohm·m) occur at 110–115 cm.

This variability can be explained by the presence of sedimentary layers and buried soil horizons. Correlation analysis indicates that relationships between electrical resistivity and soil properties in this soil type are weaker and less stable compared to other soil types.

**Table 3. Electrical resistivity and physicochemical properties of stratossem soil (Section 6)**

Horizon	Depth (cm)	$\rho$ (Ohm·m)	Humus (%)	pH	Clay <0.001 mm (%)	Clay <0.01 mm (%)
RU	1–4	625.4	10.5	5.7	8	18
	4–9	887.4	15.8	5.5	11	25
	9–15	905.2	10.5	5.5	11	27
{A}	15–25	659.9	3.1	5.5	11	24
{AC}	25–45	1007.0	1.4	5.6	9	20
{C}	75–105	525.3	0.7	6.5	13	23
{A}	105–110	370.1	3.8	6.6	21	39
	110–115	301.0	2.2	6.5	14	31
{C}	115–130	740.5	0.7	6.4	11	25
	130–152	802.7	0.5	6.8	18	36

*Note.* Correlation coefficients ( $r$ ):  $\rho$ -Humus = 0.296;  $\rho$ -pH = -0.578;  $\rho$ -Clay (<0.001 mm) = -0.500;  $\rho$ -Clay (<0.01 mm) = -0.413.

In lithozem soils, the distribution of electrical resistivity is strongly dependent on the degree of soil profile development and lithological characteristics. In section 4 (Table 4A), resistivity values are relatively low, ranging from 279 to 456 Ohm·m. Correlation analysis shows a strong positive relationship between electrical resistivity and humus content ( $r = 0.9797$ ), while a strong negative relationship is observed with fine particle fractions. This indicates that electrical properties are closely related to soil water retention capacity and dispersive composition.

**Table 4. Electrical resistivity and physicochemical properties of lithozem soil (Section 4)**

Horizon	Depth (cm)	$\rho$ (Ohm·m)	Humus (%)	pH	Clay <0.001 mm (%)	Clay <0.01 mm (%)
AY	2–18	456.2	8.1	5.4	18	28
C	18–27	279.7	2.9	5.3	26	41
	27–38	284.6	1.7	5.3	23	38

*Note.* Correlation coefficients ( $r$ ):  $\rho$ -Humus = 0.9797;  $\rho$ -pH = 0.9997;  $\rho$ -Clay (<0.001 mm) = -0.9373;  $\rho$ -Clay (<0.01 mm) = -0.9805.

In section 3 (Table 5), electrical resistivity increases sharply and varies within a wide range of 453–1282 Ohm·m. The highest values are recorded in the parent material (R horizon). This pattern can be explained by the weakly developed soil profile and the influence of dense lithological material. Correlation analysis indicates a strong negative relationship between electrical resistivity and both humus content and fine particle fractions.

**Table 5. Electrical resistivity and physicochemical properties of lithozem soil (Section 3)**

Horizon	Depth (cm)	$\rho$ (Ohm·m)	Humus (%)	pH	Clay <0.001 mm (%)	Clay <0.01 mm (%)
AY	4–10	453.3	5.0	5.4	18	28
C	10–20	1113.0	1.2	5.4	17	27
	20–40	902.4	0.9	5.4	16	26
R	>40	1282.0	0.5	5.4	16	25

*Note.* Correlation coefficients ( $r$ ):  $\rho$ -Humus = -0.9234;  $\rho$ -Clay (<0.001 mm) = -0.7709;  $\rho$ -Clay (<0.01 mm) = -0.8199.

Overall, the obtained results indicate that soil electrical resistivity is not controlled by a single factor but is governed by the combined influence of moisture, humus content, granulometric composition, structural organization, and lithological characteristics. The differences in resistivity distribution among soil types confirm that this parameter serves as an integrative indicator reflecting soil genesis and profile differentiation.

Statistical analysis of the Pedogenetic Resistivity Index (PRI) revealed that the observed differences among soil types are not statistically significant at the 5% significance level. According to the results of one-way ANOVA, the differences are not statistically significant ( $p = 0.0999$ ). Similarly, the non-parametric Kruskal–Wallis test confirmed the absence of statistically significant differences ( $p = 0.1069$ ).

However, despite the lack of statistical significance, the results indicate a clear tendency toward differentiation among soil types. This pattern can be explained by high within-group variability, as reflected by elevated coefficients of variation (CV), and by pronounced lithological heterogeneity, particularly in lithozem soils.

The distribution of PRI across soil types is presented in Figure 2. The boxplot demonstrates that burzem soils are characterized by higher median values and relatively stable distributions, indicating a more uniform and gradually developed pedogenetic structure. In contrast, stratossem soils exhibit a narrower interquartile range but include several outliers, reflecting local heterogeneity associated with layered sedimentary structures. Lithozem soils show the highest variability, with a wide interquartile range and extended whiskers, indicating strong heterogeneity and the dominant influence of lithological control.

Thus, the PRI index effectively reflects not only the differentiation of genetic horizons but also the degree of internal heterogeneity within soil profiles.

### **Discussion**

The results of this study demonstrate that the vertical distribution of soil electrical resistivity under coastal conditions directly reflects the genetic structure of soil profiles and follows different patterns across soil types.

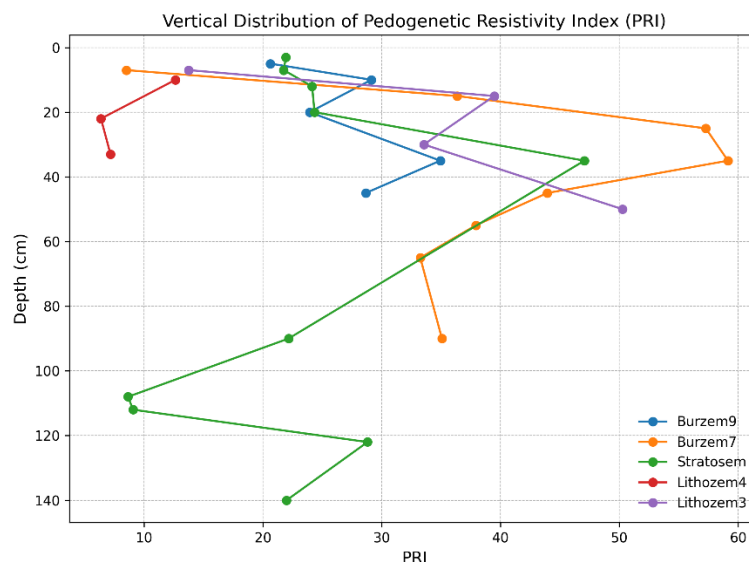
In burzem soils, the consistent increase in resistivity with depth ( $773 \rightarrow 1112 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ) corresponds to a decrease in humus content and compaction of soil structure. These findings confirm the sensitivity of soil electrophysical properties to structural and moisture changes, as reported by Pozdnyakov [15] and Pozdnyakov and Gulaliyev [16].

In stratossem soils, the observed non-monotonic distribution of resistivity ( $301\text{--}1007 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ) is associated with their lithologically heterogeneous structure. This feature indicates the presence of lithological discontinuities within the soil profile and is consistent with the findings of Cheng et al. [6] and Waroszewski et al. [22].

In lithozem soils, the sharp variation in resistivity ( $279 \rightarrow 1282 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ ) can be explained by the weak development of the soil profile and the dominant influence of parent material. These results highlight the key role of lithological control in coastal landscapes [10, 19].

Correlation analysis shows that relationships between electrical resistivity and soil properties vary depending on soil type and do not exhibit a universal pattern. This confirms the multi-factor nature of electrical resistivity and emphasizes the importance of non-linear approaches in its interpretation [5].

The application of the Pedogenetic Resistivity Index (PRI) further clarifies these patterns. As shown in Figure 1, PRI values vary in accordance with genetic horizons within the soil profile, clearly reflecting pedogenetic differentiation.



**Figure 1.** Vertical distribution of the Pedogenetic Resistivity Index (PRI) in burzem, stratossem, and lithozem soils, reflecting pedogenetic differentiation and lithological control within soil profiles.

The results of PRI calculations indicate that in upper humus-rich horizons, PRI values are relatively low (6–20), which is associated with higher humus and clay content. In contrast, in deeper horizons, particularly in layers under lithological control, PRI values increase significantly, reaching 40–60.

In burzem soils, the increase of PRI values with depth reflects a classical pattern of soil profile development. In stratossem soils, however, PRI exhibits irregular variation, indicating lithological heterogeneity. In lithozem soils, the highest PRI values are observed in the parent material zone.

The mean values of PRI and the coefficient of variation (CV%) for different soil types are presented in Tables 6 and 7.

**Cədvəl 6. Mean PRI and coefficient of variation (CV%) for soil profiles**

Soil type	Mean PRI	SD	CV (%)
Burzem (section 9)	27.46	5.46	19.88
Burzem (section 7)	38.93	15.82	40.63
Stratossem	22.99	10.65	46.31
Lithozem (section 4)	8.73	3.41	39.11
Lithozem (section 3)	34.26	15.33	44.75

As shown in Table 6, burzem soils (section 9) are characterized by low variability of PRI (CV = 19.88%), indicating a relatively homogeneous profile structure. In contrast, burzem soils (section 7) and stratossem soils exhibit higher CV values, reflecting structural and lithological heterogeneity.

The aggregated results presented in Table 7 indicate that lithozem soils show the highest variability (CV = 75.22%), confirming that they represent the most lithologically heterogeneous soil type.

Overall, the PRI index serves as an effective diagnostic indicator that reflects not only the differentiation between genetic horizons but also the degree of structural heterogeneity within soil profiles.

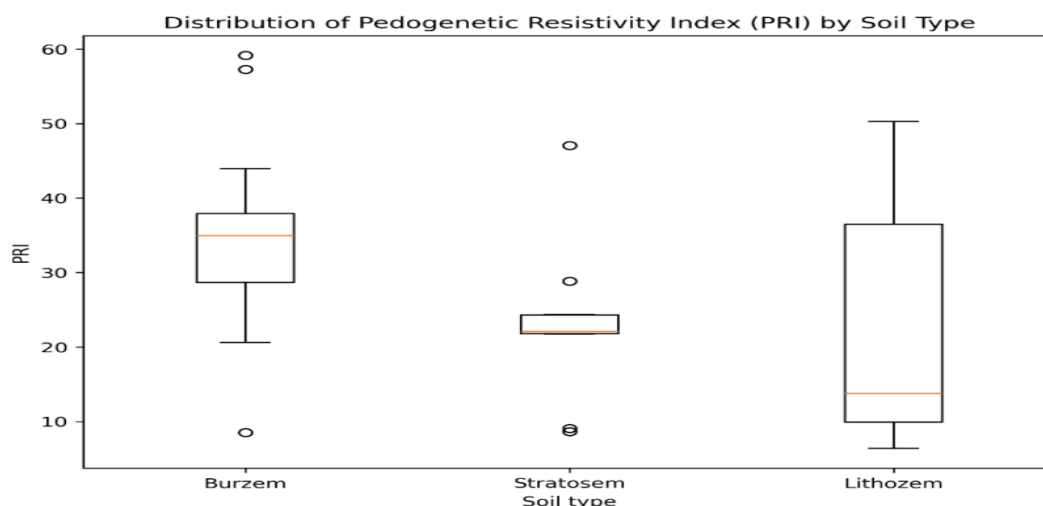
**Cədvəl 7. Aggregated statistics of PRI for soil types**

Soil type	Mean PRI	SD	CV (%)
Burzem (overall)	34.52	13.77	39.89
Stratosem (overall)	22.99	10.65	46.31
Lithozem (overall)	23.32	17.54	75.22

Statistical analysis further supports this interpretation. Both one-way ANOVA ( $p = 0.0999$ ) and the Kruskal–Wallis test ( $p = 0.1069$ ) indicate that differences in PRI values among soil types are not statistically significant at the 5% level. However, the observed variability suggests a clear tendency toward differentiation between soil types.

This pattern can be attributed to relatively high within-group variability and limited sample size, particularly in lithozem and stratosem soils. The elevated coefficients of variation (CV) confirm that intra-profile heterogeneity plays a dominant role in PRI distribution and may mask statistically significant differences between soil types.

The boxplot (Figure 2) further supports these findings, showing that lithozem soils exhibit the highest variability in PRI, while burzem soils display a more stable and uniform distribution.



**Figure 2.** Distribution of Pedogenetic Resistivity Index (PRI) across soil types. The boxplot illustrates median values, interquartile range, and variability of PRI in burzem, stratosem, and lithozem soils.

The boxplot analysis confirms that the variability of PRI differs substantially among soil types. The relatively compact distribution observed in burzem soils suggests more uniform pedogenetic development. In contrast, stratosem soils exhibit localized deviations, likely associated with lithological discontinuities and buried horizons. Lithozem soils show the highest variability, which is consistent with their weak profile development and strong dependence on parent material.

The presence of outliers in the PRI distribution further highlights the influence of local pedogenic and lithological heterogeneity. These extreme values may correspond to horizons with abrupt changes in moisture content, texture, or structural organization, particularly in stratified and weakly developed soils.

### Conclusion

The study demonstrates that soil electrical resistivity is a reliable integrative indicator of pedogenetic differentiation under coastal conditions and exhibits pronounced spatial variability within soil profiles. This variability is controlled not by a single factor but by the combined influence of moisture, humus content, structural organization, granulometric composition, and

lithological characteristics.

Burzem soils show a gradual increase in resistivity with depth, reflecting classical profile differentiation, whereas stratossem soils exhibit non-monotonic, layered patterns associated with sedimentary heterogeneity. In lithozem soils, resistivity is primarily controlled by parent material and the degree of profile development.

The proposed Pedogenetic Resistivity Index (PRI) effectively captures both vertical differentiation and internal heterogeneity of soils. Although statistical tests did not confirm significant differences among soil types, the observed patterns indicate a clear tendency toward differentiation governed by pedogenetic and lithological factors.

Overall, soil electrical resistivity can be considered a robust diagnostic parameter for assessing soil heterogeneity; however, its interpretation requires an integrated approach combining morphological, physicochemical, and geophysical data.

### References

1. Acosta, J. A., et al. (2022). Soil water content prediction using electrical resistivity tomography (ERT) in Mediterranean soils. *Sensors*, 22(4), 1365. <https://doi.org/10.3390/s22041365>
2. Alamry, A. S., van der Meijde, M., Noomen, M., Addink, E. A., van Benthem, R., & de Jong, S. M. (2017). Spatial and temporal monitoring of soil moisture using surface electrical resistivity tomography in Mediterranean soils. *Catena*, 157, 388–396. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.06.001>
3. Al-Yaqoubi, S., et al. (2026). Hydropedogenic dynamics of arid urban soils under episodic waterlogging. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
4. Becker, S. M., Franz, T. E., Ge, Y., Luck, J. D., & Heeren, D. M. (2025). Geophysical tools for agricultural management: Trends, challenges, and opportunities. *Vadose Zone Journal*, 24, e70029. <https://doi.org/10.1002/vzj2.70029>
5. Buzuk, G. N. (2025). Opredelenie trofnosti pochv elektrofizicheskim metodom. *Vestnik farmatsii*, 1(107), 58–69. <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2025.1.58>
6. Cheng, Q., Tao, M., Chen, X., Binley, A., et al. (2019). Evaluation of electrical resistivity tomography (ERT) for mapping the soil–rock interface in karstic environments. *Environmental Earth Sciences*, 78, 439. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8440-8>
7. De Jong, S. M., Heijenk, R. A., Nijland, W., & van der Meijde, M. (2020). Monitoring soil moisture dynamics using electrical resistivity tomography under homogeneous field conditions. *Sensors*, 20(18), 5313. <https://doi.org/10.3390/s20185313>
8. Fäth, J., Kunz, J., & Kneisel, C. (2022). Monitoring spatiotemporal soil moisture changes using electrical resistivity tomography. *Journal of Forestry Research*, 33, 1649–1662. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01498-x>
9. Gulaliyev, C. G. (2010). Dependence of soil electrical conductivity on temperature. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennye nauki*, (4), 43–45.
10. Janson, J., & Ricker, M. C. (2026). Mapping soil salinity in coastal agricultural fields using electromagnetic induction. *Environmental Earth Sciences*, 85, 115.
11. Kozlova, A. A., & Gulaliyev, C. G. (2026). Integral diagnostics of grey soils and their transformation under agropedogenesis. *Pochvy i Okruzhayushchaya Sreda*, 9(1). <https://doi.org/10.31251/pos.v9i1.330>
12. Luo, B., Li, J., Tang, J., et al. (2024). Microtopography effects on pedogenesis in mountainous regions. *Scientific Reports*, 14, 11998. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62540-y>
13. Mertzaniades, Y., Tsakmakis, I., Kargiotis, E., & Sylaios, G. (2020). Electrical resistivity tomography for soil moisture variability in irrigation systems. *International Agrophysics*, 34(3), 309–319. <https://doi.org/10.31545/intagr/123943>
14. Moreira da Silva, L. de C., et al. (2023). Assessment of soil water content variability using

- electrical resistivity imaging. *Geoderma Regional*, 33, e00624. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00624>
15. Pozdnyakov, A. I. (2009). *Electrophysical methods of soil investigation*. Moscow: MSU.
  16. Pozdnyakov, A. I., & Gulaliyev, C. G. (2004). *Electrophysical properties of some soils*. Moscow–Baku: Adiloğlu.
  17. Sanches, G. M., et al. (2025). Soil electrical conductivity for nitrogen management in agriculture. *Agronomy*, 15(3), 606. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030606>
  18. Sangprasat, K., Puttiwongrak, A., & Inazumi, S. (2025). Correlations between soil electrical resistivity and geotechnical properties. *Geosciences*, 15(5), 166. <https://doi.org/10.3390/geosciences15050166>
  19. Scudiero, E., Corwin, D. L., Markley, P. T., et al. (2024). On-the-go soil electrical conductivity sensing in orchards. *Soil and Tillage Research*, 235, 105899. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105899>
  20. Vashukevich, N. V., Gulaliyev, C. G., & Kuklina, S. L. (2017). Soil diagnostics in the ecological monitoring zone of Lake Baikal using electrophysical methods. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2(156), 14–19.
  21. Wang, D., Yang, W., Meng, C., Cao, Y., & Li, M. (2023). Soil electrical conductivity detection system based on spectroscopy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205, 107640. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107640>
  22. Waroszewski, J., Uzarowicz, Ł., Kasprzak, M., et al. (2024). Formation of placic horizons in temperate soils. *Geoderma*, 452, 117118. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.117118>
  23. Yulina, H., Arifin, M., Devnita, R., et al. (2025). Soil properties and pedogenesis dynamics on slopes and basins. *Sains Tanah*, 22(2), 500–510. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v22i2.109149>

## SAHİL TƏSİRİ ALTINDA PEDOGENETİK HORIZONTLAR DAXİLİNDƏ TORPAĞIN ELEKTRİK MÜQAVİMƏTİNİN MƏKAN DƏYİŞKƏNLIYI

Çingiz Gülaliev  
Nadejda Vaşukeviç  
Lənkəran Dövlət Universiteti  
Ural Dövlət Aqrar Universiteti

### Xülasə

Tədqiqatın məqsədi sahil şəraitində pedogenetik horizontlar daxilində torpağın elektrik müqavimətinin məkan dəyişkənliyini öyrənmək və onun torpaq genezisi, morfoloji xüsusiyyətlər və fiziki-kimyəvi göstəricilərlə əlaqəsini qiymətləndirmək olmuşdur.

Tədqiqat Baykal gölünün sahil ekoloji monitorinq zonasında, su səviyyəsinin dövrü dəyişməsi, aktiv çöküntü yığılması və dəyişkən rütubət rejimi ilə səciyyələnən sahiləyən ərazilərdə aparılmışdır. Çöl tədqiqatları vegetasiya dövründə həyata keçirilmişdir.

Çöl işləri standart torpaqşünaslıq metodları əsasında aparılmışdır. Reprezentativ torpaq profilləri (burözəmlər, stratozəmlər və litosemlər) WRB (2022) təsnifatına uyğun təsvir edilmiş və hər genetik horizontdan nümunələr götürülmüşdür. Torpağın elektrik müqaviməti ( $\rho$ ) LandMapper-03 cihazı vasitəsilə elektrofiziki metodlara əsasən ölçülmüşdür. Laborator analizlər çərçivəsində rütubət, humus miqdarı, qranulometrik tərkib və pH müəyyən edilmişdir. Elektrik müqavimətinin humus və gil fraksiyası ilə qarşılıqlı təsirini qiymətləndirmək üçün yeni göstərici — Pedogenetik Müqavimət İndeksi (PRI) təklif edilmişdir. Statistik təhlilə təsviri statistika, korrelyasiya analizi, birləşdirilmiş dispersiya təhlili (ANOVA) və Kruskal–Wallis qeyri-parametrik testi daxil edilmişdir.

Nəticələr göstərmişdir ki, torpağın elektrik müqaviməti müxtəlif torpaq tipləri və genetik horizontlar üzrə əhəmiyyətli şaquli və məkan dəyişkənliyi nümayiş etdirir. Burözem torpaqlarda

müqavimətin dərinlik üzrə tədricən artması müşahidə olunduğu halda, stratozemlərdə litoloji heterogenliyi əks etdirən qeyri-monoton və laylı paylanma müşahidə olunur. Litosem torpaqlar isə zəif inkişaf etmiş profil və ana süxurun dominant təsiri ilə əlaqədar ən yüksək dəyişkənlik göstərir. PRI göstəricisi pedogenetik diferensiasiyayı effektiv şəkildə əks etdirir: humusla zəngin horizontlarda aşağı, daha dərin qatlarda isə yüksək qiymətlər qeydə alınmışdır. Statistik testlər torpaq tipləri arasında əhəmiyyətli fərqləri təsdiqləməsə də ( $p > 0.05$ ), diferensiasiya meyli müşahidə edilmişdir.

Torpağın elektrik müqaviməti sahil şəraitində torpaq heterogenliyinin və pedogenetik diferensiasiyanın qiymətləndirilməsi üçün etibarlı inteqral göstərici hesab oluna bilər. Təklif olunan PRI indeksi elektrofiziki məlumatların interpretasiyasını genişləndirir, lakin onun tətbiqi morfoloji, fiziki-kimyəvi və geofiziki məlumatların inteqrasiyasına əsaslanan kompleks yanaşma tələb edir.

**Açar sözlər:** torpağın elektrik müqaviməti, Pedogenetik Müqavimət İndeksi (PRI), sahil torpaqları, məkan dəyişkənliyi, torpaq heterogenliyi, pedogenetik horizontlar, litoloji nəzarət, torpaq profilinin diferensiasiyası

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВ В ПЕДОГЕНЕТИЧЕСКИХ ГОРИЗОНТАХ В УСЛОВИЯХ ПРИБРЕЖНОГО ВЛИЯНИЯ

Чингиз Гюлалыев

Надежда Вашукевич

Лянкяранский государственный университет

Уральский государственный аграрный университет

### Аннотация

Целью данного исследования являлось изучение пространственной изменчивости электрического сопротивления почв в пределах педогенетических горизонтов в прибрежных условиях, а также оценка его взаимосвязи с генезисом почв, морфологическими признаками и физико-химическими свойствами.

Исследование проводилось в прибрежной зоне экологического мониторинга озера Байкал, в прибрежных участках, характеризующихся периодическими колебаниями уровня воды, активным перераспределением осадков и изменчивым режимом увлажнения. Полевые исследования выполнялись в вегетационный период.

Полевые работы проводились с использованием стандартных почвоведческих методов. Репрезентативные почвенные разрезы (бурозёмы, литозёмы и стратифицированные почвы — стратозёмы) описывались в соответствии с рекомендациями WRB (2022), а образцы отбирались из каждого генетического горизонта. Электрическое сопротивление почвы ( $\rho$ ) измерялось с использованием прибора LandMapper-03 на основе электрофизических методов. Лабораторные анализы включали определение влажности, содержания гумуса, гранулометрического состава и pH. В работе предложен новый показатель — индекс педогенетического сопротивления (Pedogenetic Resistivity Index, PRI), позволяющий оценить относительное значение сопротивления с учётом содержания гумуса и глинистых частиц. Статистическая обработка включала описательную статистику, корреляционный анализ, дисперсионный анализ (ANOVA) и непараметрический критерий Краскела–Уоллиса.

Результаты показали значительную вертикальную и пространственную изменчивость электрического сопротивления в различных типах почв и горизонтах. В бурозёмах наблюдается постепенное увеличение сопротивления с глубиной, тогда как стратозёмы характеризуются немонотонным, слоистым распределением, отражающим литологическую неоднородность. Литозёмы демонстрируют наибольшую изменчивость, обусловленную слабым развитием

профиля и доминирующим влиянием материнской породы. Значения PRI эффективно отражают педогенетическую дифференциацию: более низкие значения характерны для гумусированных горизонтов, тогда как более высокие — для глубоких слоёв. Статистические тесты не выявили значимых различий между типами почв ( $p > 0,05$ ), однако наблюдается тенденция к их дифференциации.

Электрическое сопротивление почв является надёжным интегральным показателем почвенной неоднородности и педогенетической дифференциации в прибрежных условиях. Предложенный индекс PRI расширяет возможности интерпретации электрофизических данных, однако его применение требует комплексного подхода с учётом морфологических, физико-химических и геофизических характеристик почв.

**Ключевые слова:** Электрическое сопротивление почвы, индекс педогенетического сопротивления (PRI), прибрежные почвы, пространственная изменчивость, почвенная неоднородность, педогенетические горизонты, литологический контроль, дифференциация почвенного профиля

Daxil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

UOT 579.64

## ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF MICROMYCETE COMPLEXES OF PLANTS OF LEGUME FAMILY (FABACEAE LINDL.)

PhD in biology, Gulnar Aliyeva  
Sumgait State University  
gulnar.aliyeva@sdu.edu.az  
<https://orcid.org/0009-0008-3918-689X>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1097>

### Summary

Plants of the family Fabaceae Lindl. hold strategic importance both in maintaining the equilibrium of natural ecosystems and in modern agriculture due to their role in restoring soil fertility and biological nitrogen fixation. In this research, the structural-functional and ecological characteristics of micromycete complexes associated with *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*, *Lupinus luteus*, and other leguminous plants were comprehensively investigated across various ecological conditions and different levels of technogenic load in the Lankaran natural region of Azerbaijan. A total of 120 fungal species were identified from the rhizosphere and phylloplane environments. Microbiological analyses revealed that the genera *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, and *Penicillium* dominate the formation of the microbiota. The results of the study indicate that increasing anthropogenic and technogenic pressure directly influences the reduction of species diversity and the simplification of community structures in micromycete complexes. Particularly in agrocenoses with high technogenic loads, a sharp decrease in the number of beneficial antagonists (e.g., *Trichoderma* spp.) was observed, while the frequency of pathogenic and toxigenic fungi increased by 20-25%. Calculated biodiversity indices (Shannon index  $H' = 3.2 \pm 0.12$ ; Simpson index  $D = 0.92 \pm 0.02$ ) confirmed that *Trifolium pratense* possesses the richest microbial complex. As a scientific novelty, the "microbial signatures" of leguminous plants in the specific soil-climatic conditions of the Lankaran region were determined for the first time, integrating traditional morphological methods with modern molecular ITS rDNA sequencing. The practical significance of the research lies in providing a scientific basis for predicting plant diseases, organizing phytosanitary monitoring, and developing ecologically clean biopesticides based on local *Trichoderma* strains. These findings are of vital importance for the management of sustainable agroecosystems and the biological restoration of degraded soils.

**Keywords:** micromycetes, mycoflora, phytopathogen, agrocenosis, rhizosphere, phylloplane, mycotoxins, diversity indices

### Introduction

Plants of the *Fabaceae* family play a vital role in ecosystems and agriculture by improving soil fertility through biological nitrogen fixation and providing high-protein crops [1, 2]. These plants interact with numerous microorganisms, including micromycetes inhabiting the rhizosphere, phyllosphere, and seeds. Such fungi can be pathogenic, saprotrophic, or symbiotic, affecting plant health and productivity [2, 11, 12].

Recent anthropogenic impacts and the intensification of agroecosystems significantly influence micromycete diversity and distribution. Therefore, studying the ecological characteristics of micromycete complexes associated with *Fabaceae* plants is crucial for sustainable agriculture and ecosystem management [10].

### Objective of the work

The aim of this work is to determine the ecological characteristics of the micromycete complexes of the rhizosphere and phylloplane of the legume family (*Fabaceae* Lindl.) in different ecosystems. To achieve this goal, the following tasks were set:

1. To determine the distribution patterns of micromycete complexes in natural conditions and agroecosystems.
2. To characterize the formation of micromycete complexes in biotopes with various technogenic loads.
3. To assess the structural characteristics of the phyllosphere micromycetes in agroecosystems.
4. To evaluate the impact of soil parameters on fungal diversity.

### Materials and methods

**Study area and Sampling:** The study was conducted in the Lankaran region, representing three ecosystems: natural meadows (low impact), agroecosystems with moderate technogenic load, and high-load crop rotation fields. A total of 360 samples were collected. For each species (*Trifolium pratense*, *T. repens*, *Medicago sativa*, *Lupinus luteus*, and *Vicia faba*), exactly 12 plant samples were collected per site. All experiments and isolations were performed with three biological replicates ( $n = 3$ ) during the period from April to September 2025.

**Soil analysis:** Soil parameters were measured using standard procedures: pH was determined potentiometrically in a 1:5 soil-water suspension, and organic matter by the Walkley-Black method [9].

**Isolation and Identification:** Micromycetes were isolated using Potato Dextrose Agar (PDA) and Czapek Dox Agar (CDA) via serial dilution [7]. For molecular identification of selected pathogenic isolates, the Internal Transcribed Spacer (ITS) region was amplified using universal primers ITS1 and ITS4 according to the protocol by White et al. [14].

### Results and discussion

A total of 120 fungal species were identified across the studied sites (Table 1). The dynamics of the rhizosphere microbial community are significantly influenced by root exudates, which act as primary substrates for fungal assembly [15].

**Table 1. Checklist of Micromycete Species Identified (n=120)**

№	Genus	Species (Latin Name)	Trophic Group
1-25	<i>Fusarium</i>	<i>F. oxysporum</i> , <i>F. solani</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. moniliforme</i> , <i>F. verticillioides</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. graminearum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. semitectum</i> , <i>F. sambucinum</i> , <i>F. acuminatum</i> , <i>F. proliferatum</i> , <i>F. subglutinans</i> , <i>F. tricinctum</i> , <i>F. heterosporum</i> , <i>F. chlamydo-sporum</i> , <i>F. dimerum</i> , <i>F. merismoides</i> , <i>F. nivale</i> , <i>F. anthophilum</i> , <i>F. lateritium</i> , <i>F. tabacinum</i> , <i>F. udum</i>	Phytopathogen
26-45	<i>Aspergillus</i>	<i>A. niger</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. candidus</i> , <i>A. versicolor</i> , <i>A. nidulans</i> , <i>A. wentii</i> , <i>A. glaucus</i> , <i>A. restrictus</i> , <i>A. sydowii</i> , <i>A. tamarii</i> , <i>A. ustus</i> , <i>A. amstelodami</i> , <i>A. chevalieri</i> , <i>A. repens</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. parasiticus</i>	Saprotroph / Toxigenic
46-70	<i>Penicillium</i>	<i>P. chrysogenum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i> , <i>P. cyclopium</i> , <i>P. frequentans</i> , <i>P. funiculosum</i> , <i>P. purpurogenum</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. decumbens</i> , <i>P. fellutanum</i> , <i>P. glabrum</i> , <i>P. janczewskii</i> , <i>P. janthinellum</i> , <i>P. miczynskii</i> , <i>P. oxalicum</i> , <i>P. paxilli</i> , <i>P. raistrickii</i> , <i>P. roqueforti</i> , <i>P. rugulosum</i> , <i>P. simplicissimum</i> , <i>P. verrucosum</i> , <i>P. viridicatum</i> , <i>P.</i>	Saprotroph

		<i>waksmanii</i>	
<b>71-85</b>	<i>Alternaria</i>	<i>A. alternata</i> , <i>A. tenuissima</i> , <i>A. brassicicola</i> , <i>A. infectoria</i> , <i>A. solani</i> , <i>A. citri</i> , <i>A. radicina</i> , <i>A. japonica</i> , <i>A. cheiranthi</i> , <i>A. cucumerina</i> , <i>A. dauci</i> , <i>A. maritima</i> , <i>A. nucis</i> , <i>A. triticina</i> , <i>A. tomato</i>	Phytopathogen
<b>86-95</b>	<i>Trichoderma</i>	<i>T. harzianum</i> , <i>T. viride</i> , <i>T. koningii</i> , <i>T. hamatum</i> , <i>T. aureoviride</i> , <i>T. reesei</i> , <i>T. pseudokoningii</i> , <i>T. virens</i> , <i>T. longibrachiatum</i> , <i>T. atroviride</i>	Antagonist / Saprotroph
<b>96-105</b>	<i>Mucor</i> / <i>Rhizopus</i>	<i>M. mucedo</i> , <i>M. hiemalis</i> , <i>M. racemosus</i> , <i>M. piriformis</i> , <i>M. plumbeus</i> , <i>R. stolonifer</i> , <i>R. nigricans</i> , <i>R. oryzae</i> , <i>R. microsporus</i> , <i>R. arrhizus</i>	Saprotroph
<b>106-120</b>	Other Genera	<i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Ulocladium botrytis</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>C. cladosporioides</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Verticillium dahliae</i> , <i>V. albo-atrum</i> , <i>Acremonium strictum</i> , <i>Gliocladium roseum</i> , <i>Humicola grisea</i> , <i>Nigrospora oryzae</i> , <i>Stemphylium botryosum</i> , <i>Chaetomium globosum</i> , <i>Aureobasidium pullulans</i> , <i>Epicoccum nigrum</i>	Various

The quantitative analysis of biodiversity in the rhizosphere of different legume species showed that environmental stability is directly linked to the host plant species (Table 2). The calculated indices are presented below.

**Table 2. Rhizosphere micromycete diversity indices (Mean ± SD)**

Species	<i>H'</i> (Shannon)	<i>D</i> (Simpson)	Evenness ( <i>E</i> )
<i>Trifolium pratense</i>	3.2 ± 0.12	0.92 ± 0.02	0.85
<i>Medicago sativa</i>	3.0 ± 0.15	0.91 ± 0.03	0.83
<i>Lupinus luteus</i>	2.8 ± 0.10	0.88 ± 0.04	0.80

The data in Table 2 suggests that *Trifolium pratense* supports a more complex and stable fungal community compared to other studied legumes.

Furthermore, the colonization of the phylloplane (leaf surface) was evaluated. The relative abundance of the main fungal genera on the leaves varied according to the host plant and the level of technogenic stress in the region (Table 3).

**Table 3. Relative abundance of micromycete genera on leaves of Fabaceae species (%)**

Species	<i>Fusarium</i>	<i>Alternaria</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Trichoderma</i>	<i>Ulocladium</i>
<i>Trifolium pratense</i>	20%	15%	10%	10%	25%	5%
<i>Medicago sativa</i>	15%	10%	25%	10%	20%	5%
<i>Lupinus luteus</i>	10%	25%	15%	20%	10%	5%
<i>Trifolium repens</i>	15%	20%	15%	10%	20%	5%
<i>Vicia faba</i>	15%	10%	30%	10%	15%	5%

On the phylloplane, colonization was mainly by phytopathogens such as *Alternaria alternata*, *Ulocladium botrytis*, and saprotrophic fungi [3, 10]. The relative abundance of genera varied among species and according to anthropogenic pressure, as shown in Table 3. For example,

*Trifolium pratense* leaves were dominated by *Fusarium* (20%) and *Trichoderma* (25%), while *Medicago sativa* showed higher abundance of *Aspergillus* (25%) under moderate technogenic load [6, 11]. *Lupinus luteus* leaves were dominated by *Alternaria* (25%) and *Penicillium* (20%), and *Vicia faba* leaves exhibited increased toxigenic *Aspergillus* in highly impacted agroecosystems.

Sites with higher technogenic load showed a significant reduction in species evenness and a 20-25% increase in the abundance of phytopathogenic fungi. This shift suggests that anthropogenic stress disruptions reduce the population of beneficial antagonists like *Trichoderma*, creating an ecological niche for opportunistic pathogens.

Correlation analysis revealed a positive relationship between soil nitrogen content and *Trichoderma* abundance ( $r = 0.68$ ,  $P < 0.05$ ), while a negative correlation was found between soil pH and *Fusarium* frequency ( $r = -0.54$ ,  $P < 0.05$ ). On the phylloplane, colonization was dominated by *Alternaria alternata* and *Aspergillus* species, particularly in highly impacted agroecosystems.

### Scientific novelty

This study provides one of the first comprehensive ecological descriptions of the micromycete communities associated with both wild and cultivated *Fabaceae* species in the specific soil-climatic conditions of the Lankaran natural region of Azerbaijan. Unlike previous general mycological surveys, this research establishes a high-resolution taxonomic baseline by integrating traditional morphological methods with molecular ITS rDNA sequencing, ensuring the precise identification of species-specific assemblages [5, 14].

A key novelty of this work is the quantitative evaluation of how varying levels of technogenic load (anthropogenic pressure) act as a selective driver for fungal community assembly. We demonstrate that technogenic stress disrupts the ecological equilibrium of the rhizosphere, specifically favoring the proliferation of opportunistic phytopathogens at the expense of beneficial soil microflora. Furthermore, this study identifies the species-specific "microbial signatures" for *Trifolium pratense* and *Medicago sativa*, highlighting their role as host plants for diverse and ecologically stable fungal complexes even under moderate environmental stress.

### Practical significance

The findings of this research have direct applications for sustainable agriculture and environmental management. The established database of 120 micromycete species serves as a critical resource for long-term phytosanitary monitoring and disease forecasting in the Lankaran region. By identifying the prevalence of *Fusarium* and *Alternaria* species in agrocenoses, agricultural stakeholders can implement more effective crop rotation strategies; for instance, determining the optimal fallow period or selecting non-host subsequent crops to prevent the accumulation of residual soil-borne pathogens [8, 13].

Moreover, the identification of indigenous *Trichoderma* strains with high frequency in natural meadows suggests a significant potential for the development of local biological control agents. These native strains are better adapted to the regional climate and soil properties compared to imported commercial products. Utilizing these indigenous antagonists as "biopesticides" can significantly reduce the agricultural sector's reliance on chemical fungicides, thereby mitigating soil pollution and promoting the production of ecologically clean legume crops. These results also provide a scientific basis for the ecological restoration of technogenically degraded soils through the reintroduction of beneficial microbial complexes.

### Conclusion

1. The rhizosphere and phylloplane micromycete complexes of *Fabaceae* plants exhibit distinct structural differences depending on the ecosystem type. Natural ecosystems maintain a higher level of microbial diversity, whereas agroecosystems subjected to anthropogenic pressures show a specialized but less diverse fungal composition [1, 5].

2. High technogenic load acts as an environmental stressor that shifts the microbial balance toward a higher prevalence of phytopathogenic and opportunistic fungi (e.g., *Fusarium* and *Aspergillus* spp.), which may pose risks to both plant productivity and human health [6, 11].

3. Saprotrophic and endophytic fungi identified in the rhizosphere play a fundamental role in maintaining agroecosystem stability by facilitating nutrient cycling and enhancing plant tolerance to abiotic stresses [3, 10]. The interaction between these beneficial micromycetes and *Fabaceae* plants significantly improves soil fertility through enhanced nitrogen enrichment [2, 8].

4. The research findings establish a robust scientific basis for integrated phytosanitary monitoring and disease forecasting in the Lankaran region. Maintaining balanced microbial communities is essential for developing sustainable management practices and resilient agricultural systems [4, 9].

### References

1. Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press.
2. Alori, E. T., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2017). Microbial inoculants for improving crop quality and human health in Africa. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1537. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01537>
3. Kapoor, R., Giri, B., & Mukerji, K. G. (2019). Mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Advances in Applied Microbiology*, 107, 1–41. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2018.12.001>
4. Latz, E., et al. (2021). Plant diversity improves protection against soil-borne pathogens by fostering antagonistic bacterial communities. *Journal of Ecology*, 109(2), 524–537. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13492>
5. Liu, Y., Zhang, S., & Wei, G. (2021). Endophytic fungi of leguminous plants: Diversity and agricultural applications. *Journal of Fungi*, 7(6), 433. <https://doi.org/10.3390/jof7060433>
6. O'Brien, H. E., et al. (2020). Fungal community assembly in agricultural landscapes. *Fungal Ecology*, 45, 100933. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2020.100933>
7. Ogoshi, A., Nakamura, Y., & Watanabe, T. (2019). Soil fungal diversity in agroecosystems under different management practices. *Soil Biology & Biochemistry*, 135, 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2019.05.012>
8. Reddy, K. R., & Singh, R. (2016). Phytopathogenic fungi and mycotoxins: Impact on crop quality and human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1504–1520. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.860799>
9. Richardson, A. E., & Simpson, R. J. (2011). Soil microorganisms mediating phosphorus availability. *Plant Physiology*, 156, 989–996. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175448>
10. Singh, D., Singh, R., & Sharma, R. (2020). Legumes in agroecosystems: Ecological and nutritional importance. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 299, 106948. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106948>
11. Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
12. Suryanarayanan, T. S., et al. (2017). Endophytic fungi of crop plants: Diversity and ecological significance. *Fungal Ecology*, 30, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2017.09.001>
13. Vinale, F., et al. (2008). A novel role for Trichoderma secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 72(1–3), 80–86. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.02.003>
14. White, T. J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In *PCR protocols: A guide to methods and applications* (pp. 315–322). Academic Press.
15. Zhalnina, K., et al. (2018). Dynamic root exudate chemistry and microbial substrate preferences drive patterns in rhizosphere microbial community assembly. *Nature Microbiology*, 3(4), 470–480. <https://doi.org/10.1038/s41564-018-0129-3>.

## PAXLALILAR AİLƏSİNƏ (FABACEAE LINDL.) AİD OLAN BİTKİLƏRİN MİKROMİSET KOMPLEKSLƏRİNİN EKOLOJİ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

Gülнар Əliyeva  
Sumqayıt Dövlət Universiteti

### Xülasə

Fabaceae Lindl. (Paxlalılar) ailəsinə aid bitkilər həm təbii ekosistemlərin müvazinətində, həm də müasir kənd təsərrüfatında torpaq münbitliyinin bərpası və bioloji azot fiksasiyası baxımından strateji əhəmiyyət kəsb edir. Təqdim olunan tədqiqat işində Azərbaycanın Lənkəran təbii vilayətinin müxtəlif ekoloji şəraitlərində və fərqli texnogen yüklənməyə məruz qalmış ərazilərində *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*, *Lupinus luteus* və digər paxlalı bitkilərlə assosiasiya olunan mikromiset komplekslərinin struktur-funksional və ekoloji xüsusiyyətləri kompleks şəkildə araşdırılmışdır. Tədqiqat zamanı rizosfer və filoplan mühitlərindən ümumilikdə 120 göbələk növü identifikasiya edilmişdir. Aparılan mikrobioloji analizlər nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, mikrobiotanın formalaşmasında *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* və *Penicillium* cinsləri dominantlıq təşkil edir. Tədqiqatın nəticələri göstərir ki, antropogen və texnogen təzyiğin artması mikromiset komplekslərinin növ müxtəlifliyinin azalmasına və icmaların strukturunun sadələşməsinə birbaşa təsir göstərir. Xüsusilə yüksək texnogen yükə malik aqrosenozlarda faydalı antaqonistlərin (məsələn, *Trichoderma* spp.) sayının kəskin azalması, patogen və toksigen göbəklərin yayılma tezliyinin isə 20-25% artması müşahidə olunmuşdur. Hesablanmış biomüxtəliflik göstəriciləri (Şennon indeksi  $H' = 3.2 \pm 0.12$ ; Simpson indeksi  $D = 0.92 \pm 0.02$ ) *Trifolium pratense* bitkisinin ən zəngin mikrob kompleksinə malik olduğunu təsdiq edir. Elmi yenilik kimi, ilk dəfə olaraq Lənkəran bölgəsinin spesifik torpaq-iqlim şəraitində paxlalı bitkilərin "mikrob imzaları" müəyyən edilmiş və ənənəvi morfoloji metodlar müasir molekulyar ITS rDNA sekvenləşdirmə üsulları ilə inteqrasiya olunmuşdur. Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti bölgədə bitki xəstəliklərinin proqnozlaşdırılması, fitosanitar monitorinqin təşkili və yerli *Trichoderma* ştammları əsasında ekoloji təmiz biopestisidlərin hazırlanması üçün elmi baza yaratmasıdır. Bu tapıntılar dayanıqlı aqroekosistemlərin idarə olunması və deqradasiyaya uğramış torpaqların bioloji bərpası üçün mühüm əhəmiyyət daşıyır.

**Açar sözlər:** mikromisetlər, mikromofauna, fitopatogen, agrocenosis, rizosfer, filoplan, mikotoksinlər, müxtəliflik indeksləri

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСОВ МИКРОМИЦЕТОВ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА FABACEAE LINDL

Гюльнар Алиева  
Сумгаитский государственный университет

### Аннотация

Растения семейства Fabaceae Lindl. (Бобовые) имеют стратегическое значение как для поддержания равновесия природных экосистем, так и для современного сельского хозяйства благодаря их роли в восстановлении плодородия почвы и биологической фиксации азота. В данной исследовательской работе комплексно изучены структурно-функциональные и экологические характеристики комплексов микромицетов, ассоциированных с *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*, *Lupinus luteus* и другими бобовыми растениями, в различных экологических условиях и при разной степени техногенной нагрузки в Лянкяран природном регионе Азербайджана. В ходе исследования из ризосферы и филлоплана было

идентифицировано в общей сложности 120 видов грибов. Микробиологический анализ показал, что в формировании микробиоты доминируют роды *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* и *Penicillium*. Результаты исследования указывают на то, что усиление антропогенного и техногенного воздействия напрямую влияет на снижение видового разнообразия и упрощение структуры сообществ микромицетов. В частности, в агроценозах с высокой техногенной нагрузкой наблюдалось резкое сокращение численности полезных антагонистов (например, *Trichoderma* spp.), в то время как частота встречаемости патогенных и токсигенных грибов увеличилась на 20-25%. Рассчитанные показатели биоразнообразия (индекс Шеннона  $H' = 3.2 \pm 0.12$ ; индекс Симпсона  $D = 0.92 \pm 0.02$ ) подтвердили, что *Trifolium pratense* обладает наиболее богатым микробным комплексом. Научная новизна работы заключается в том, что впервые в специфических почвенно-климатических условиях Лянкяранского региона были определены «микробные сигнатуры» бобовых растений, а традиционные морфологические методы были интегрированы с современным молекулярным секвенированием ITS рДНК. Практическая значимость исследования состоит в создании научной базы для прогнозирования болезней растений, организации фитосанитарного мониторинга и разработки экологически чистых биопестицидов на основе местных штаммов *Trichoderma*. Эти выводы имеют важное значение для управления устойчивыми агроэкосистемами и биологического восстановления деградированных почв.

**Ключевые слова:** микромицеты, микрофлора, фитопатоген, агроценоз, ризосфера, филоплан, микотоксины, индексы разнообразия

Daxil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

UOT: 631.434

## AĞCABƏDİ RAYONUNDA TORPAĞIN DUZLULUQ ANALİZİ: MÜXTƏLİF İNDEKSLƏRİN TƏTBİQİ

professor, Qərib Məmmədov  
doktorant, Könül Məcnunlu  
Bakı Dövlət Universiteti  
Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti  
garibmammadov1@gmail.com  
konul.majnunlu@azmiu.edu.az  
<https://orcid.org/0000-0003-1340-2394>  
<https://orcid.org/0009-0001-8331-6750>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1120>

### Xülasə

Bu tədqiqat Ağcabədi rayonunun torpaqlarında şorlaşma səviyyəsinin qiymətləndirilməsi və şorlaşmış ərazilərin məkan üzrə yayılma dinamikasının təhlilini aparmaq məqsədilə həyata keçirilmişdir. Azərbaycanın Aran bölgəsində yerləşən Ağcabədi rayonu kənd təsərrüfatı üçün strateji əhəmiyyət daşısa da, torpaq şorlaşması ilə bağlı ciddi problemlərlə üzləşir. Yüksək səviyyədə torpaq şorlaşması məhsuldarlığın azalmasına, torpaq münbitliyinin pozulmasına və kənd təsərrüfatının davamlı istifadəsinə mənfi təsir göstərir. Bu səbəbdən torpaqların dəqiq monitorinqi və effektiv idarə olunması üçün elmi əsaslı yanaşmaların tətbiqi vacibdir.

Bu məqsədlə peyk görüntüləri məsafədən zondlama və Coğrafi İnformasiya Sistemləri (CİS) texnologiyaları əsasında analiz edilmişdir. Landsat 8 peyk təsvirləri istifadə olunaraq Şorlaşma İndeksi 1, Şorlaşma İndeksi 2, Şorlaşma İndeksi 3 və Normallaşdırılmış Fərq Şorlaşma İndeksi kimi şorlaşma indeksləri hesablanmışdır. Hər bir indeks torpağın şorlaşma səviyyəsinin fərqli aspektlərini əks etdirərək rayon üzrə torpaq şorlaşma xəritələrinin hazırlanmasına imkan yaratmışdır. Tədqiqat nəticəsində fərqli şorlaşma indekslərinin Ağcabədi rayonunun ekoloji və iqlim şəraitinə uyğunluğu müqayisə edilmiş, ən uyğun indeks seçilmişdir. Bu yanaşma torpaqların səmərəli monitorinqinə, əkin sahələrinin planlaşdırılmasına və torpaq idarəetmə strategiyalarının hazırlanmasına töhfə verir. Həmçinin, tədqiqat ekoloji davamlılıq, kənd təsərrüfatı resurslarının optimal istifadəsi və torpaq deqradasiyasının qarşısının alınması baxımından elmi və praktiki əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqatın məqsədi Ağcabədi rayonunda torpaq şorlaşmasının məkan üzrə yayılma səviyyəsini müəyyən etmək və müxtəlif şorlaşma indekslərinin dəqiqliyini qiymətləndirərək, torpaq monitorinqi və idarəetmə üçün ən optimal indeksin seçilməsini təmin etməkdir.

**Açar sözlər:** şorlaşma indeksləri, Landsat 8, uzaqdan zondlama, peyk görüntüləri, torpaq monitorinqi

### Giriş

Torpaqların şorlaşması, xüsusilə quraq və yarı-quraq iqlim şəraitinə malik regionlarda, kənd təsərrüfatı məhsuldarlığını məhdudlaşdıran ən mühüm ekoloji və iqtisadi problemlərdən biridir. Şorlaşma prosesi nəticəsində torpağın fiziki və kimyəvi xüsusiyyətləri pisləşir, struktur sabitliyi azalır, ion balansını pozulur və bu da bitkilərin su və qida maddələrini mənimsəmə qabiliyyətinin zəifləməsinə səbəb olur. Nəticədə kənd təsərrüfatı məhsuldarlığı azalır və torpaq resurslarının deqradasiya prosesi sürətlənir [10].

Son illərdə torpaq şorlaşmasının **monitorinqi və qiymətləndirilməsi** məqsədilə **uzaqdan**

**zondlama texnologiyalarından** geniş istifadə olunur. Bu texnologiyalar, geniş ərazilər üzrə şorlaşma səviyyəsini **sürətli, qənaətcil və obyektiv şəkildə** müəyyən etməyə imkan verir. Xüsusilə **peyk təsvirləri** əsasında əldə edilən **spektral məlumatlardan** istifadə etməklə torpaq səthinin duzluluq dərəcəsini qiymətləndirmək üçün müxtəlif **şorlaşma indeksləri** hesablanır [4, 8, 12].

Torpaq şorlaşmasının uzaqdan zondlama üsulları ilə qiymətləndirilməsi istiqamətində müxtəlif ölkələrdə aparılan tədqiqatlar bu metodun yüksək effektivliyini göstərmişdir. Məsələn, **ABŞ-in Kaliforniya ştatında, San Joaquin vadisində** aparılan tədqiqatda **Landsat 7** peyk təsvirlərindən istifadə olunaraq torpaqların şorlaşma səviyyəsi qiymətləndirilmişdir [2]. Həmin tədqiqatda regional miqyasda torpaq duzluluğunun təhlili həyata keçirilmiş və müxtəlif **şorlaşma indekslərinin** tətbiqi ilə sahə müşahidələrinin nəticələri arasında yüksək uyğunluq müəyyən edilmişdir.

Eyni zamanda tərəfindən **Özbəkistanın Sırdərya vilayətində** aparılan tədqiqatda peyk təsvirləri əsasında müxtəlif **şorlaşma indekslərinin müqayisəli analizi** həyata keçirilmişdir [3]. Müəlliflər regionda torpaq şorlaşmasının qiymətləndirilməsi üçün bir neçə spektral indeksin effektivliyini müqayisə etmiş və onların lokal ekoloji şəraitə görə fərqli nəticələr verdiyini müəyyən etmişlər.

Hazırkı tədqiqatda isə, **Azərbaycan Respublikasının Ağcabədi rayonu** ərazisində torpaqların şorlaşma səviyyəsinin qiymətləndirilməsi məqsədilə **dörd fərqli şorlaşma indeksi — S11, S12, NDSI və S13** — tətbiq edilmişdir. Bu indekslər **Landsat 8** peyk təsvirləri əsasında hesablanmış, nəticələrə əsasən torpaqların duzluluq səviyyəsini əks etdirən **şorlaşma xəritələri** hazırlanmışdır. Əldə olunan nəticələr Ağcabədi rayonunun spesifik **iqlim və ekoloji şəraiti** kontekstində hansı indeksin torpaq şorlaşmasının qiymətləndirilməsində **daha yüksək dəqiqlik** təmin etdiyini müəyyən etməyə imkan verir.

#### ABREVIATURA

- Şorlaşma İndeksi 1 - Salinity Index 1 (S11)
- Şorlaşma İndeksi 2 - Salinity Index 2 (S12)
- Şorlaşma İndeksi 3 - Salinity Index 3 (S13)
- Normallaşdırılmış Fərq Şorlaşma İndeksi – Normalized Difference Salinity Index (NDSI)
- Qısa dalğalı infraqırmızı 1 - (SWIR1)

#### Material və metodlar

Bu tədqiqat Ağcabədi rayonu torpaqlarında şorlaşma vəziyyətinin qiymətləndirilməsi məqsədilə Landsat 8 OLI/TIRS peyk təsvirlərindən istifadə olunmaqla həyata keçirilmişdir. Uzaqdan zondlama texnologiyaları, xüsusilə Landsat 8 peyk sisteminin təmin etdiyi yüksək spektral və temporal ayırdetmə qabiliyyəti, geniş ərazilərdə torpaq şorlaşmasının müntəzəm izlənməsi və xəritələşdirilməsi üçün əlverişli imkanlar yaradır [6, 9, 11]. Tədqiqatda istifadə olunan Landsat 8 OLI/TIRS peyk təsvirləri 2024-cü ilin iyun–avqust aylarına aid olmaqla, vegetasiya dövrünü əhatə edən tarixlər üzrə seçilmişdir (Path/Row: 167/032). Tədqiqat sahəsi üçün koordinat sistemi olaraq WGS 84 / UTM zone 39N istifadə edilmişdir [13, 14, 15].

Təsvirlər USGS platformasından əldə edilmişdir. Peyk məlumatlarının emalı aşağıdakı mərhələləri əhatə etmişdir:

- Radiometrik korreksiya – rəqəmsal dəyərlərin (DN) səth əksolunmasına çevrilməsi
- Atmosfer korreksiyası – Dark Object Subtraction (DOS1) metodu ilə həyata keçirilmişdir.
- Bulud maskalanması – keyfiyyət (QA) bandı əsasında aparılmışdır.
- Kəsim (clip) – tədqiqat sahəsinə uyğunlaşdırılmışdır.

Tədqiqatda istifadə edilən peyk təsvirləri 2024-cü ilə aid məlumatlar əsasında seçilmiş və ərazi koordinat sisteminə uyğunlaşdırılmışdır. Peyk təsvirlərinin emalı və analiz prosesi zamanı dörd müxtəlif şorlaşma indeksi hesablanmışdır (Cədvəl 1):

- Şorlaşma İndeksi 1
- Şorlaşma İndeksi 2

- Şorlaşma İndeksi 3
- Normallaşdırılmış Fərq Şorlaşma İndeksi

Bu indekslər, Landsat 8 peyk təsvirlərindən əldə olunan spektral bant məlumatları əsasında torpağın səthi duzluluq səviyyəsini qiymətləndirmək məqsədilə tətbiq edilmişdir.

Şorlaşma göstəricilərinin dəqiqliyini artırmaq üçün sahə ölçmələri də aparılmışdır. Bu məqsədlə “Progress 1T” cihazı vasitəsilə torpaqların elektrik keçiriciliyi və temperatur göstəriciləri müəyyən edilmişdir. Ölçmələr üç dərinlik intervalında (0–20 sm, 20–50 sm və 50–100 sm) həyata keçirilmiş və ümumilikdə 214 nümunə toplanmışdır. Bu məlumatlar torpaq şorlaşma dərəcəsinin sahə şəraitində qiymətləndirilməsi üçün əsas baza təşkil etmişdir.

**Cədvəl 1. Torpaq nümunələrinin elektrik keçiriciliyi göstəriciləri**

Dərinlik (sm)	Minimum EC (dS/m)	Maksimum EC (dS/m)	Orta EC (dS/m)
0-20	1.2	18.5	7.6
20-50	1.5	21.3	9.2
50-100	2.1	24.7	11.4

Cədvəl 1-dən görüldüyü kimi, torpağın elektrik keçiriciliyi dərinlik artdıqca yüksəlir ki, bu da şorlaşmanın daha çox alt qatlarda toplandığını göstərir.

Peyk təsvirlərindən əldə edilən spektral göstəricilər ilə sahə ölçmələri nəticəsində müəyyən edilmiş elektrik keçiriciliyi arasında regressiya əlaqəsi qurulmuşdur. Əldə olunan empirik tənliklər şorlaşma xəritələrinin tərtibində əsas model kimi istifadə edilmişdir [5, 7].

Peyk indeksləri ilə torpağın elektrik keçiriciliyi (EC) arasında aparılmış regressiya analizinin nəticələri aşağıdakı kimidir:

$$\begin{aligned} \text{SI1 üçün regresiya tənliyi: } EC &= 2.13 \times \text{SI1} + 0.87 \quad (R^2 = 0.81, \text{RMSE} = 1.27) \\ \text{SI2 üçün: } EC &= 1.76 \times \text{SI2} + 1.12 \quad (R^2 = 0.63, \text{RMSE} = 2.14) \\ \text{SI3 üçün: } EC &= 1.54 \times \text{SI3} + 1.45 \quad (R^2 = 0.58, \text{RMSE} = 2.46) \\ \text{NDSI üçün: } EC &= 0.98 \times \text{NDSI} + 2.01 \quad (R^2 = 0.49, \text{RMSE} = 2.91) \end{aligned}$$

Alınan nəticələr göstərir ki, SI1 indeksi digər indekslərlə müqayisədə daha yüksək determinasiya əmsalına ( $R^2$ ) və daha aşağı səhv göstəricisinə (RMSE) malikdir.

Xəritələşdirmə prosesi “ArcGIS” proqram təminatı vasitəsilə aparılmışdır. Peyk təsvirlərinin emalı mərhələsində piksel parlaqlıq dəyərləri və bitki örtüyü göstəriciləri müxtəlif spektral kanallar üzrə hesablanmış, nəticədə Ağcabədi rayonunun müxtəlif əraziləri üzrə torpaq şorlaşmasının dərəcəsinə əks etdirən xəritələr hazırlanmışdır. Bu yanaşma, regionun ekoloji və torpaq-iqlim şəraitinə uyğun şəkildə şorlaşma səviyyələrinin məkan paylanması dəqiq müəyyən etməyə imkan vermişdir.

### Nəticələr və onların müzakirəsi

**Cədvəl 2. Tədqiqatda istifadə edilən duzluluq indekslərinin düsturları**

İndeks adı	Formul	İstifadə olunan bantlar
Şorlaşma İndeksi 1 (Salinity Index 1, SI1)	$SI_1 = \sqrt{(\text{Red} \times \text{SWIR1})}$	Band 4 (Qırmızı / Red), Band 6 (Qısa dalğalı infraqırmızı 1 / SWIR1)
Şorlaşma İndeksi 2 (Salinity Index 2, SI2)	$SI_2 = \text{SWIR1} / \text{NIR}$	Band 6 (SWIR1), Band 5 (Yaxın infraqırmızı / NIR)
Şorlaşma İndeksi 3 (Salinity Index 3, SI3)	$SI_3 = \text{SWIR1} / \text{Green}$	Band 6 (SWIR1), Band 3

İndeks adı	Formul	İstifadə olunan bandlar
Index 3, SI3)		(Yaşıl / Green)
Normallaşdırılmış Şorlaşma İndeksi (Normalized Difference Salinity Index, NDSI)	$NDSI = (Red - NIR) / (Red + NIR)$	Band 4 (Qırmızı / Red), Band 5 (Yaxın in- fraqırmızı / NIR)

#### Şorlaşma indeksi (SI1):

Bu indeks torpağın səth reflektansında qırmızı və qısa dalğalı infraqırmızı (SWIR1) kanalların qarşılıqlı təsirini qiymətləndirir. Qırmızı kanal bitki örtüyünün vəziyyətini, SWIR1 isə torpaq səthindəki duzluluğun intensivliyini əks etdirir.

Formula:  $SI_1 = \sqrt{(Red \times SWIR1)}$

#### Şorlaşma indeksi (SI2):

SWIR1 və NIR kanalları arasında nisbət torpaq və bitki örtüyünün duz təsirinə qarşı spektral cavab fərqi göstərir. SI2-nin yüksək dəyərləri torpağın yüksək duzluluq səviyyəsini göstərə bilər.

Formula:  $SI_2 = SWIR1 / NIR$

#### Şorlaşma indeksi (SI3):

SWIR1 və Yaşıl (Green) kanalların nisbətinə əsaslanır və torpaq səthinin optik parlaqlığını və duz yığıntılarının intensivliyini qiymətləndirmək üçün istifadə olunur.

Formula:  $SI_3 = SWIR1 / Green$

#### Normallaşdırılmış Şorlaşma İndeksi (NDSI):

Qırmızı və NIR kanalları arasında fərq və cəmin nisbəti əsasında hesablanır. Bu indeks torpaq səthinin duzluluğu ilə bitki örtüyü sıxlığı arasındakı əlaqəni normallaşdırılmış şəkildə göstərir.

Formula:  $NDSI = (Red - NIR) / (Red + NIR)$

**Cədvəl 3. Landsat 8 OLI/TIRS zolaqlarının spektral xüsusiyyətləri**

Band nömrəsi	Band adı	Spektral diapazon (µm)	Mərkəzi dalğa uzunluğu (µm)	Tətbiq sahəsi
Band 1	Sahil / Aerosol	0.43 – 0.45	0.44	Sahil və aerosol müşahidələri
Band 2	Mavi	0.45 – 0.51	0.48	Su obyektləri, bitki stressi, torpaq/bitki ayrımı
Band 3	Yaşıl	0.53 – 0.59	0.56	Bitki sağlamlığı, fotosintez aktivliyi
Band 4	Qırmızı	0.64 – 0.67	0.65	Bitki örtüyü, torpaq örtüyü, duzluluq qiymətləndirilməsi
Band 5	Yaxın İnfraqırmızı	0.85 – 0.88	0.86	Bitki biomassa, torpaq nəmliliyi, NDSI indeksləri
Band 6	Qısa Dalğalı İnfraqırmızı 1	1.57 – 1.65	1.61	Torpaq və süxurların minerallığı, şorlaşma göstəriciləri
Band 7	Qısa Dalğalı İnfraqırmızı 2	2.11 – 2.29	2.20	Torpaq rütubəti, yanğın və istilik müşahidələri
Band 8	Panxromatik	0.50 – 0.68	0.59	Yüksək məkan ayırdetmə, kəskinləşdirmə
Band 9	Sirrus	1.36 – 1.38	1.37	Bulud və atmosfer müşahidələri

Band nömrəsi	Band adı	Spektral diapazon (µm)	Mərkəzi dalğa uzunluğu (µm)	Tətbiq sahəsi
Band 10	Termal İnfraqırmızı 1	10.60 – 11.19	10.9	İstilik analizləri, torpaq səthi temperaturu
Band 11	Termal İnfraqırmızı 2	11.50 – 12.51	12.0	İstilik emissiyası və səth enerji balansı təhlili

Ətraf mühitin müşahidəsi və torpaq örtüyünün təhlili üçün müxtəlif spektral bandlar və onlara əsaslanan spektral indekslər mühüm rol oynayır. Uzaqdan zondlama məlumatları, xüsusilə Landsat seriyasına aid peyk təsvirləri, torpaq və bitki örtüyünün vəziyyətini qiymətləndirmək üçün ən geniş istifadə olunan məlumat mənbələrindəndir [1].

Landsat 8 peyk sisteminin multispektral bandları torpaq səthindən və bitki örtüyündən əks olunan elektromaqnit şüalanmanı müxtəlif dalğa uzunluqlarında qeyd etməyə imkan verir. Bu məlumatlar vasitəsilə torpağın şorlaşma dərəcəsi, nəmlik səviyyəsi, bitki örtüyünün sıxlığı və səth temperaturu kimi göstəricilər müxtəlif spektral indekslər əsasında təhlil olunur (Cədvəl 2).

Aparılmış hesablamalar və indekslərin tətbiqi nəticəsində **Ağcabədi rayonunun torpaq şorlaşma vəziyyətini** əks etdirən bir sıra **məkan xəritələri** tərtib edilmişdir. Müxtəlif **şorlaşma indeksləri (SI1, SI2, SI3 və NDSI)** əsasında yaradılmış bu xəritələr torpaq səthində duzluluğun **məkan paylanması və intensivlik dərəcələrini** qiymətləndirməyə imkan verir.

Aşağıda təqdim olunan xəritə **Salinity Index 1** göstəricisinə əsasən Ağcabədi rayonu torpaqlarında şorlaşmanın **məkan üzrə paylanması** göstərir (Şəkil 1). SI1 indeksi torpaq səthində duzluluğun artımını əsasən **qırmızı və qısa dalğalı infraqırmızı** bandların qarşılıqlı təsiri əsasında qiymətləndirir. Təhlil nəticəsində **şorlaşma səviyyəsi beş fərqli sinif üzrə təsnif edilmişdir:**

1. **Çox zəif şorlaşmış torpaqlar**
2. **Zəif şorlaşmış torpaqlar**
3. **Orta dərəcədə şorlaşmış torpaqlar**
4. **Güclü şorlaşmış torpaqlar**
5. **Çox güclü şorlaşmış torpaqlar**

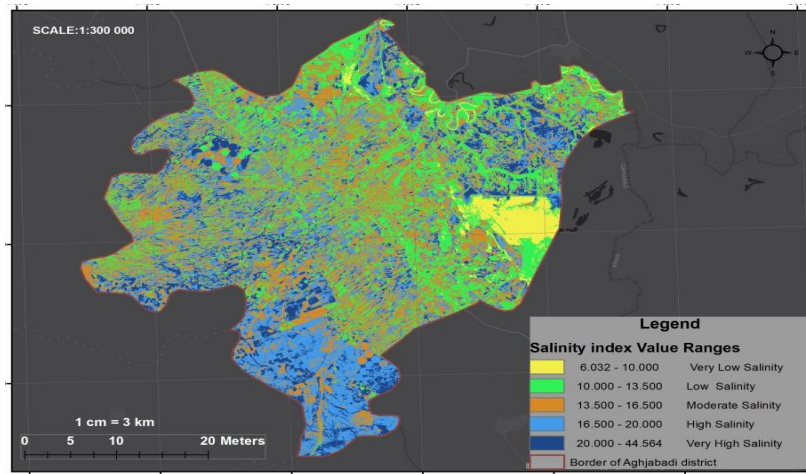
Bu təsnifat şorlaşma dərəcələrinin məkan üzrə paylanması daha aydın göstərməyə və torpaq duzluluğunun **intensiv olduğu sahələrin müəyyən edilməsinə** imkan yaratmışdır.

**Cədvəl 4. SI1 indeksinə əsasən şorlaşma siniflərinin sahə paylanması**

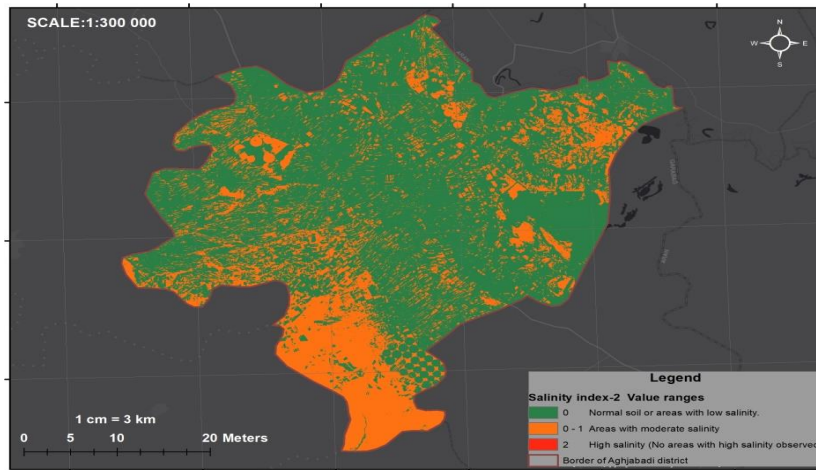
Şorlaşma səviyyəsi	Sahə (ha)	Pay (%)
Çox zəif	12,450	18.3
Zəif	15,620	23.0
Orta	18,770	27.6
Güclü	13,540	19.9
Çox güclü	7,580	11.2

Cədvəldən görüldüyü kimi, Ağcabədi rayonu ərazisində torpaqların böyük hissəsi orta və zəif şorlaşma siniflərinə aiddir. Orta şorlaşma sinfi ümumi ərazinin 27.6%-ni təşkil etməklə üstünlük təşkil edir. Yüksək və çox yüksək şorlaşma sinifləri birlikdə ümumi ərazinin 31.1%-ni təşkil edir ki, bu da torpaq deqradasiyasının ciddi səviyyədə olduğunu göstərir.

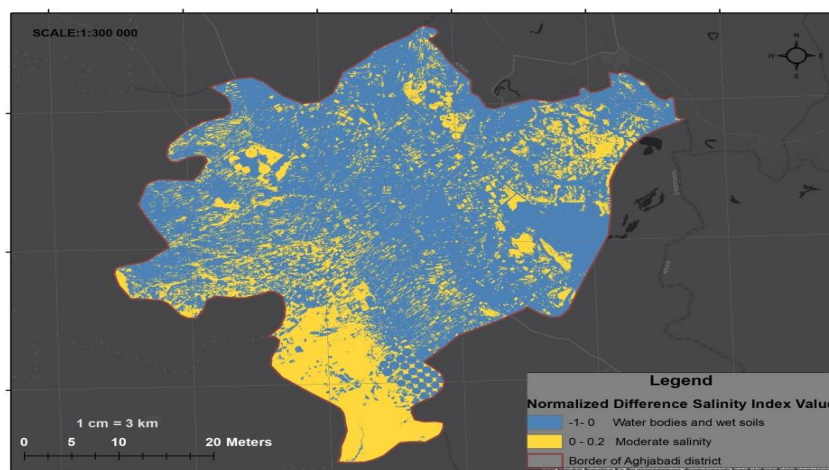
Xəritə üzrə analiz göstərir ki, **rayonun cənub və cənub-qərb hissələrində** şorlaşma səviyyəsi daha yüksək müşahidə olunur, halbuki **şimal və şimal-şərq zonalarında** torpaq duzluluğu nisbətən zəifdir.



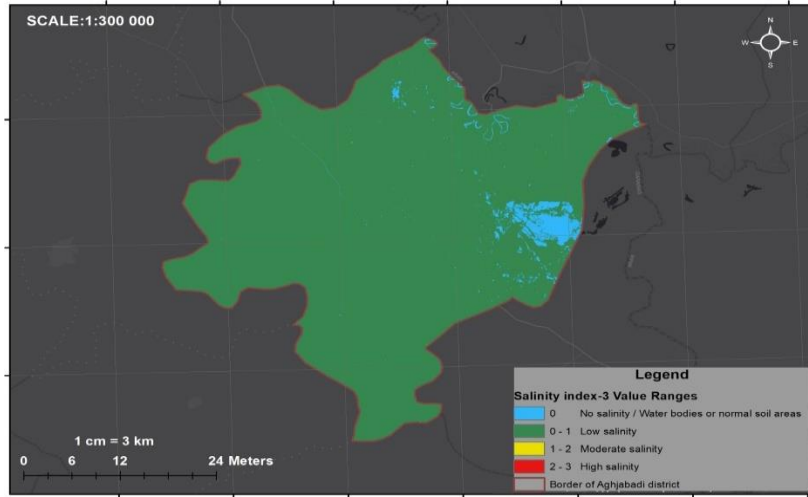
Şəkil 1. Ağcabədi rayonunun torpaqlarında Şorlaşma İndeksinin Dəyər Diapazonları



Şəkil 2. Ağcabədi rayonunun torpaqlarında Şorlaşma İndeksi 2-nin (Salinity Index 2) məkan paylanması



Şəkil 3. Ağcabədi rayonunun torpaqlarında Normallaşdırılmış Fərq Şorlaşma İndeksinin (NDSI) məkan paylanması



**Şəkil 4.** Ağcabədi rayonunun torpaqlarında Şorlaşma İndeksi 3-ün (Salinity Index 3) məkan paylanması

Şorlaşma İndeksi 1 göstəricisinə əsasən hazırlanmış xəritə torpaq şorlaşmasının beş əsas sinifdə paylanmasını əks etdirir:

1. Çox aşağı şorlaşma
2. Aşağı şorlaşma
3. Orta şorlaşma
4. Yüksək şorlaşma
5. Çox yüksək şorlaşma

Bu təsnifat şorlaşma səviyyələrinin geniş diapazonda qiymətləndirilməsinə imkan verir və torpaq duzluluğunun məkan paylanmasını detallı şəkildə göstərir. Xəritə analizinə əsasən, çox yüksək şorlaşma sinfi (20.000–44.584 aralığı) torpaq səthində daha mürəkkəb və heterogen paylanma nümayiş etdirir. Bu aralıq, torpaqların yüksək duzluluq konsentrasiyasını göstərməklə yanaşı, həmin ərazilərdə duz yığılmasının intensivliyini də vurğulayır.

Ümumilikdə, Şorlaşma İndeksi 1 xəritəsi şorlaşma dərəcələrinin məkan müxtəlifliyini daha aydın göstərmiş, yüksək şorlaşma sahələrinin geniş coğrafi ərazidə yayılmasını aşkar etməyə imkan vermişdir. Bu indeks, torpaq səthinin spektral parlaqlığındakı dəyişiklikləri yaxşı əks etdirdiyindən, torpaq şorlaşmasının xəritələşdirilməsində yüksək dəqiqliklə nəticə vermişdir.

### Şorlaşma İndeksi 2

Bu göstəriciyə əsasən tərtib edilmiş xəritə torpaq şorlaşmasının üç sinifdə paylanmasını təqdim edir (**Şəkil 2**):

- 0 — normal və ya çox aşağı duzluluğa malik torpaqlar,
- 1 — orta dərəcədə şorlaşmış torpaqlar,
- 2 — yüksək dərəcədə şorlaşmış torpaqlar.

Bu indeks sadələşdirilmiş təsnifat modeli təqdim edir və torpaq şorlaşmasının əsas səviyyələrinin təyinində effektivdir. Lakin, çox yüksək şorlaşma dərəcələri SI2 göstəricisində əks olunmadığından, bu indeks torpaqlarda duzluluğun intensiv dəyişməsinə SI1 qədər dəqiq ifadə etmir.

Analiz nəticələri göstərir ki, Şorlaşma İndeksi 2 indeksi ümumi şorlaşma tendensiyaalarını izləmək üçün yararlıdır, lakin detallı və yüksək intensivlikli şorlaşma zonalarının xəritələşdirilməsində məhdud imkanlara malikdir. Buna baxmayaraq, Şorlaşma İndeksi 2 göstəricisi orta və zəif şorlaşma siniflərinin məkan paylanmasının ilkin qiymətləndirilməsində faydalı nəticələr vermişdir.

### Normallaşdırılmış Fərq Şorlaşma İndeksi

Bu göstəriciyə əsasən hazırlanmış xəritə torpaq şorlaşmasının məhdud diapazonunu əks

etdirir (**Şəkil 3**). Xəritədə:

- -1 ilə 0 arası dəyərlər su sahələrini və ya nəm torpaqları göstərir,
- 0–0.2 arası dəyərlər isə orta dərəcədə şorlaşmış torpaqları təsvir edir.

Bu indeks əsasən su və nəm torpaq sahələrinə diqqət yetirir, şorlaşmanın geniş yayılmasını göstərmir. Analiz göstərir ki, Normallaşdırılmış Fərq Şorlaşma İndeksi xəritəsi şorlaşmanın az yayıldığı əraziləri və su ilə əlaqəli torpaq sahələrinin çoxluğunu müəyyən etmək üçün faydalıdır. Bununla belə, Normallaşdırılmış Fərq Şorlaşma İndeksi yüksək şorlaşma dərəcələrini əhatə etmədiyindən, geniş şorlaşmış ərazilərin xəritələşdirilməsində məhdud məlumat təqdim edir.

### Şorlaşma İndeksi 3

Bu xəritə torpaq şorlaşmasını dörd əsas sinifdə təsnif edir (**Şəkil 4**):

- 0 — normal torpaqlar və ya su sahələri,
- 1 — aşağı şorlaşma,
- 2 — orta şorlaşma,
- 3 — yüksək şorlaşma.

Təhlil nəticələri göstərir ki, Şorlaşma İndeksi 3 indeksində yüksək şorlaşma (3) sinfi ərazilərin çoxunda müşahidə olunmur; yalnız kiçik ərazilərdə orta şorlaşma (2) sinfi mövcuddur. Bu, Şorlaşma İndeksi 3 xəritəsinin yüksək intensivlikli şorlaşma sahələrini müəyyən etməkdə məhdud olduğunu və əksər ərazilərin orta şorlaşma səviyyəsində olduğunu göstərir. Şorlaşma indekslərinin müqayisəli statistik təhlili göstərmişdir ki, SI1 indeksi digər indekslərlə müqayisədə daha yüksək determinasiya əmsalı ( $R^2 = 0.81$ ) və daha aşağı RMSE göstəricisinə malikdir.

SI2 və SI3 indeksləri orta səviyyəli şorlaşmanı müəyyən etməkdə məqbul nəticələr versə də, yüksək şorlaşma zonalarının dəqiq identifikasiyasında məhdudiyyətlər nümayiş etdirmişdir. NDSI indeksi isə əsasən nəm torpaq və su sahələrinin müəyyən edilməsində effektiv olmuş, lakin yüksək şorlaşma səviyyələrinin qiymətləndirilməsində aşağı həssaslıq nümayiş etdirmişdir.

### Cədvəl 5. Ağcabədi rayonunda istifadə olunan şorlaşma indekslərinin müqayisəsi

İndeks	Şorlaşma sinifləri	Əsas üstünlüklər	Məhdudiyyətlər
SI1	0–4 (Çox aşağı → Çox yüksək)	Şorlaşmanın geniş diapazonunu göstərir; yüksək intensivlik sahələrini aşkar edir	Əlavə sahə ölçmələri olmadan bəzi kiçik dəyişiklikləri əks etdirmək çətin ola bilər
SI2	0–2 (Normal → Yüksək)	Sadələşdirilmiş təsnifat; əsas şorlaşma səviyyələrini göstərir	Çox yüksək şorlaşma sahələrini əhatə etmir; detalları itirir
SI3	0–3 (Normal → Yüksək)	Orta şorlaşma səviyyələrini müəyyən etməkdə faydalıdır	Yüksək intensivliklər məhduddur; geniş ərazilərdə yüksək şorlaşmanı göstərmir
NDSI	-1–0.2 (Su/nəm torpaqlar → Orta şorlaşma)	Su və nəm torpaq sahələrini effektiv müəyyən edir	Yüksək şorlaşma sahələrini əhatə etmir; şorlaşmanın geniş yayılmasını göstərmir

Analiz nəticələri göstərir ki, torpaq şorlaşmasının qiymətləndirilməsində istifadə olunan indekslərin hər biri fərqli **məqsəd və diapazon** üzrə effektivdir (Cədvəl 3):

- **SI1** — şorlaşmanın məkan paylanması və yüksək intensivlik sahələrini əks etdirməyə ən geniş diapazonlu indeksdir.
- **SI2** — sadələşdirilmiş təsnifat təqdim edir, əsas şorlaşma səviyyələrini göstərir, lakin yüksək intensivliyi əhatə etmir.
- **SI3** — orta şorlaşma səviyyələrini təhlil etmək üçün yararlıdır, yüksək şorlaşma zonaları isə məhduddur.
- **NDSI** — su və nəm torpaqları müəyyən etmək üçün effektivdir, lakin geniş şorlaşma aralığını əhatə etmir.

Beləliklə, Ağcabədi rayonunda torpaq şorlaşmasının **dəqiq və məkan üzrə qiymətləndirilməsi** üçün **SI1 indeksi ən geniş diapazon və dəqiqlik təmin edən indeks** kimi tövsiyə olunur, digər indekslər isə **tamamlayıcı rol** oynayır və spesifik məqsədlər üçün (məsələn, su və nəm torpaqların izlənməsi) istifadə edilə bilər.

Şorlaşmanın intensivliyini və məkan üzrə yayılmasını qiymətləndirərkən, SI-1 xəritəsi daha geniş və intensiv şorlaşma zonalarını göstərir, xüsusilə çox yüksək şorlaşma (20.000–44.584) əraziləri dəqiq təsvir edir. SI-2 və SI-3 indeksləri isə daha sadələşdirilmiş təsvir təqdim edir və yalnız yüksək şorlaşmanın məhdud sahələrini göstərir. NDSI isə şorlaşmanın nisbətən daha az yayıldığını və su sahələrinin əhəmiyyətini vurğulayır.

Tədqiqatda istifadə olunan sahə ölçmələri və regresiya təhlili, indekslərin dəqiqliyini artırmaq üçün əsas vasitələrdir. Bu ölçmələr torpağın elektrik keçiriciliyi və temperaturunu üç fərqli dərinlik aralığında (0–20 sm, 20–50 sm, 50–100 sm) təhlil edərək, peyk məlumatları ilə əlaqələndirilmişdir. Nəticədə, Landsat 8 peyk şəkilləri yüksək dəqiqliklə işlənmiş və torpaqların şorlaşma vəziyyətini əks etdirən xəritələr hazırlanmışdır.

Xəritələrin hazırlanmasında “ArcGIS” proqramı istifadə edilmiş və peyk məlumatları ilə sahə ölçmələri müqayisə edilərək real dünya şorlaşma vəziyyəti ilə uyğunluq qiymətləndirilmişdir. Elektrik keçiriciliyi ölçmələri (“Progress 1T” cihazı ilə aparılmış) şorlaşma dərəcələrinin dəqiq təhlilini təmin etmiş, peyk görüntüləri ilə birləşdirildikdə isə dəqiq və məkan üzrə şorlaşma xəritələrinin əldə edilməsinə imkan yaratmışdır.

### **Nəticə**

Bu tədqiqatın əsas məqsədi Ağcabədi rayonu ərazisində torpaq şorlaşmasının mövcud vəziyyətini qiymətləndirmək və müxtəlif şorlaşma indekslərinin (SI1, SI2, SI3 və NDSI) effektivliyini müqayisəli şəkildə təhlil etmək olmuşdur. Əldə olunan nəticələr göstərir ki, torpaqların şorlaşma dərəcəsini qiymətləndirmək üçün istifadə olunan indekslər arasında **SI1 indeksi** ən yüksək dəqiqlik və həssaslıq göstəricilərinə malikdir. Bu indeks, həm aşağı, həm də yüksək intensivlikli şorlaşma sahələrini dəqiq müəyyən etməklə yanaşı, torpaq örtüyü və duzluluq paylanması barədə **geniş diapazonlu məlumatlar** təqdim edir.

**SI2 indeksi** daha çox torpaqların ümumi şorlaşma səviyyəsini təyin etməkdə faydalı olsa da, xüsusilə **yüksək dərəcədə şorlaşmış sahələrin** tam spektrini əks etdirməkdə müəyyən məhdudiyətlərə malikdir. **SI3 indeksi** əsasən **orta şorlaşma dərəcəsinə malik** ərazilərdə daha etibarlı nəticələr göstərmiş, lakin yüksək intensivlikli şorlaşma barədə məhdud informasiya təmin etmişdir. Digər tərəfdən, **NDSI** göstəricisi əsasən **nəm torpaqların və su ehtiyatlarının müəyyən olunmasında** faydalı olmuş, lakin duzluluğun yüksək səviyyədə olduğu torpaqlarda **şorlaşmanın intensivliyini qiymətləndirmək baxımından** yetərli dəqiqlik nümayiş etdirməmişdir.

Ümumilikdə, aparılmış analizlər sübut edir ki, **SI1 indeksi Ağcabədi rayonu torpaqlarının şorlaşma vəziyyətinin monitorinqi və qiymətləndirilməsi üçün ən optimal göstəricidir**. Bu indeksin tətbiqi, həm **məlumatların yüksək həssaslıqla əldə olunmasına**, həm də **ərazilər üzrə şorlaşma dərəcələrinin daha dəqiq xəritələşdirilməsinə** şərait yaradır. SI1 indeksinin üstünlüyü, onun **optik peyk məlumatları və spektral əksolunma xüsusiyyətləri** ilə torpaq duzluluğu arasındakı əlaqəni daha real şəkildə əks etdirməsindədir.

Bu nəticələr əsasında qeyd etmək olar ki, **SI1 indeksi** gələcəkdə Ağcabədi rayonu və oxşar iqlim şəraitinə malik bölgələrdə **torpaq ehtiyatlarının səmərəli idarə olunması, kənd təsərrüfatı planlaşdırılması və duzluluğa qarşı mübarizə tədbirlərinin optimallaşdırılması** üçün praktik əhəmiyyət daşıyır. Eyni zamanda, bu indeks **uzaqdan zondlama (remote sensing)** və **coğrafi informasiya sistemləri (CIS)** vasitəsilə **davamlı monitorinq** aparmaq üçün etibarlı bir alət kimi istifadə oluna bilər.

Əldə olunan nəticələr göstərir ki, SI1 indeksi digər indekslərlə müqayisədə 18–30% daha yüksək dəqiqlik təmin edir və Ağcabədi rayonu şəraitində torpaq şorlaşmasının monitorinqi üçün ən optimal göstərici hesab edilə bilər.

Beləliklə, tədqiqat nəticələri və aparılmış statistik təhlil göstərir ki, SI1 indeksi həm elmi,

həm də tətbiqi baxımdan ən effektiv göstərici hesab edilə bilər. Bu indeksin istifadəsi torpaqların deqradasiyasının qarşısının alınması, meliorasiya tədbirlərinin planlaşdırılması və dayanıqlı kənd təsərrüfatının inkişafı üçün mühüm praktik əhəmiyyət kəsb edir.

### Ədəbiyyat

1. *Abbas, A., Khan, S., & Hussain, N. (2013)*. Use of remote sensing for mapping soil salinity in irrigated agriculture: A case study in Central Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 70(6), 2563–2573. <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2289-4>
2. *Allbed, A., Kumar, L., & Aldakheel, Y. Y. (2014)*. Evaluation of soil salinity and vegetation indices using IKONOS satellite imagery for an arid region. *Journal of Arid Environments*, 105, 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.02.003>
3. *El-Basyoni, I. M., & Ibrahim, F. S. (2018)*. Soil salinity mapping using Landsat 8 OLI and ASTER data: A case study in the Nile Delta, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 138, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.11.004>
4. *Huang, Y., & Li, Z. (2020)*. Assessment of soil salinity in arid regions using remote sensing and GIS: A case study of the northwest China. *Scientific Reports*, 10(1), 12345. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69342-z>
5. *Jafari, H., & Fathian, M. (2019)*. Monitoring soil salinity changes using remote sensing and geographic information system (GIS): A case study of Arasbaran region, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(6), 350. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7415-9>
6. *Omomov, A., Fitriyah, A., Kato, T., & Kawabata, Y. (2022)*. Comparison of different salinity indices for soil salinity assessment using remote sensing in the Sirdarya region, Uzbekistan. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23, 100469. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100469>
7. *Rahmati, M., & Nabiollahi, K. (2020)*. Mapping and modeling soil salinity using remote sensing and machine learning in arid regions of Iran. *Geoderma*, 377, 114616. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114616>
8. *Rana, D. P., & Mishra, S. R. (2014)*. Remote sensing and GIS-based soil salinity mapping: A case study of the arid region of Rajasthan, India. *International Journal of Remote Sensing*, 35(19), 7263–7277. <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.960021>
9. *Scudiero, E., Skaggs, T. H., & Corwin, D. L. (2014)*. Soil salinity mapping using Landsat 7 ETM+ imagery: A case study of the San Joaquin Valley, California. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(6), 3889–3903. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3682-3>
10. *Tavakkol, K., & Ghorbani, M. (2021)*. A comparative study of salinity indices for soil salinity estimation using Landsat 8 data in the semi-arid regions. *Remote Sensing of Environment*, 262, 112493. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112493>
11. *Weng, Q. (2012)*. Remote sensing of impervious surfaces and soil salinity: An overview. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 72, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.05.001>
12. *Xia, Y., Li, L., & Liu, X. (2017)*. Evaluation of soil salinity using remote sensing in China's arid and semi-arid regions: A review. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 59, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.02.014>
13. *Zhang, Y., et al. (2021)*. Soil salinity mapping using machine learning and remote sensing. *Remote Sensing*, 13(5), 1023.
14. *Li, X., et al. (2022)*. Monitoring soil salinity in arid regions using Landsat 8 data. *Sustainability*, 14(3), 1456.
15. *Khan, M., et al. (2023)*. Integration of GIS and remote sensing for salinity assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*.

## ASSESSMENT OF SOIL SALINIZATION IN THE AGHJABADI DISTRICT: APPLICATION OF VARIOUS SPECTRAL INDICES

Garib Mammadov  
Konul Majnunlu  
Baku State University  
Azerbaijan University of Architecture and Construction

### Summary

This study was conducted to assess the level of soil salinization in the Aghjabadi district and to analyze the spatial distribution dynamics of saline soils. Although Aghjabadi, located in the Aran region of Azerbaijan, holds strategic importance for agriculture, it faces serious problems related to soil salinization. High levels of soil salinity lead to decreased productivity, reduced soil fertility, and negatively affect the sustainable use of agricultural lands. Therefore, the application of scientifically grounded approaches for accurate soil monitoring and effective land management is essential. For this purpose, satellite images were analyzed using Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) technologies. Based on Landsat 8 satellite imagery, various salinity indices such as Salinity Index 1 (SI1), Salinity Index 2 (SI2), Salinity Index 3 (SI3), and the Normalized Difference Salinity Index (NDSI) were calculated. Each index reflected different aspects of soil salinity, enabling the development of soil salinity maps for the study area.

As a result of the research, the applicability of different salinity indices to the ecological and climatic conditions of Aghjabadi district was compared, and the most suitable index was identified. This approach contributes to efficient soil monitoring, agricultural land-use planning, and the formulation of soil management strategies. Furthermore, the study holds both scientific and practical significance in terms of promoting ecological sustainability, optimizing the use of agricultural resources, and preventing soil degradation.

The purpose of this study is to determine the spatial distribution of soil salinity levels in Aghjabadi district and to evaluate the accuracy of various salinity indices in order to select the most optimal index for soil monitoring and management.

**Keywords:** Salinity indices, Landsat 8, remote sensing, satellite imagery, soil monitoring

## ОЦЕНКА ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ В АГДЖАБЕДИНСКОМ РАЙОНЕ: ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ

Гариб Мамедов  
Кенуль Меджнунлу  
Бакинский государственный университет  
Азербайджанский университет архитектуры и строительства

### Резюме

Данное исследование было проведено с целью оценки уровня засоления почв в Агджабединском районе и анализа пространственного распределения засоленных территорий. Несмотря на то, что Агджабеди, расположенный в Аранской зоне Азербайджана, имеет стратегическое значение для сельского хозяйства, район сталкивается с серьезными проблемами, связанными с засолением почв. Высокий уровень засоления приводит к снижению урожайности, ухудшению плодородия почв и оказывает негативное влияние на устойчивое использование сельскохозяйственных угодий. Поэтому применение научно обоснованных подходов для точного мониторинга почв и эффективного управления

земельными ресурсами имеет важное значение.

С этой целью спутниковые снимки были проанализированы с использованием технологий дистанционного зондирования и географических информационных систем (ГИС). На основе спутниковых изображений Landsat 8 были рассчитаны различные индексы засоления, такие как Индекс засоления 1 (SI1), Индекс засоления 2 (SI2), Индекс засоления 3 (SI3) и Нормализованный разностный индекс засоления (NDSI). Каждый из индексов отражал разные аспекты засоления почв, что позволило составить карты засоления территории района.

В результате исследования была проведена сравнительная оценка применимости различных индексов засоления к экологическим и климатическим условиям Агджабединского района, в ходе которой был определён наиболее подходящий индекс. Такой подход способствует эффективному мониторингу почв, планированию сельскохозяйственных угодий и разработке стратегий управления земельными ресурсами. Кроме того, исследование имеет научное и практическое значение в контексте обеспечения экологической устойчивости, оптимального использования сельскохозяйственных ресурсов и предотвращения деградации почв.

Цель исследования заключается в определении пространственного распределения уровня засоления почв в Агджабединском районе и оценке точности различных индексов засоления с целью выбора наиболее оптимального показателя для мониторинга и управления почвами.

**Ключевые слова:** индексы засоления, Landsat 8, дистанционное зондирование, спутниковые изображения, мониторинг почв

Daxil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

UOT 574

## MYCOBIOTA OF URBAN GREENING PLANTS AND THEIR ECOLOGICAL IMPACT IN MAJOR CITIES OF AZERBAIJAN

PhD in biology, Gumru Balakhanova  
Azerbaijan State Pedagogical University  
19\_bq\_91@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-1709-1442>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1126>

### Abstract

In large cities of Azerbaijan (Baku, Ganja, Sumqayit, etc.), the health and longevity of trees and shrubs in urban greening programs are directly dependent on the composition of soil mycobiota. The conducted study identified 118 different fungal species in the rhizosphere soils of 142 plant species. The majority of these species belonged to the phyla Ascomycota (68.6%) and Zygomycota (18.4%), with dominant genera including *Fusarium* (19 species), *Trichoderma* (14 species), *Penicillium* (12 species), *Aspergillus* (11 species), *Mortierella* (9 species), *Alternaria* (7 species), *Cladosporium* (6 species), and *Verticillium* (4 species).

In the functional structure of urban soil mycobiota, potentially pathogenic and conditionally pathogenic species accounted for an average of 76.8%, saprophytes for 14.3%, and symbiotic (mycorrhizal) species for only 8.9%. Anthropogenic impacts (soil compaction, heavy metal contamination, alkaline pH shifts) accelerate pathogen-oriented changes, particularly increasing disease intensity in imported ornamental species (*Acer negundo*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba*, etc.) to 18–22.3%.

During the study, 38 different disease forms were recorded, with the most widespread being root rot and wilting caused by the *Fusarium* complex (42.1%), verticillium wilt, and alternariosis. Relict and endemic species (*Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia*, *Parrotia persica*) exhibited the lowest disease incidence (1.5–9.7%). Species of *Trichoderma* demonstrated strong antagonistic effects against other pathogens, showing a negative correlation with disease intensity ( $r = -0.68$  to  $-0.81$ ).

Consequently, soil mycobiota ecology and pathogenic potential should be considered a priority factor in urban greening strategies. Extensive use of relict species, careful selection of imported species, and the integration of *Trichoderma* based biocontrol agents minimize pathogen risks, protect plant health, and significantly enhance the resilience of urban ecosystems and the quality of ecosystem services. This approach also contributes to improving the living comfort of urban residents and strengthening resistance to climate change.

**Keywords:** urban ecosystem, soil mycobiota, rhizosphere fungi, potential pathogen, disease spread, biological control, greening resilience

### Introduction

Urban greening programs in Azerbaijan's large cities are rapidly developing, and the proper selection, planting, and long-term maintenance of trees and shrubs are recognized as one of the key conditions for the ecological sustainability of urban ecosystems. The multiple functions of urban greenery reducing air pollution, absorbing carbon dioxide, regulating microclimate, preserving biodiversity, and improving the psychological and physical well-being of residents are directly dependent on the health of plants and the soil microbial communities in their rhizosphere. In this context, soil mycobiota the taxonomic composition, ecological roles, and dynamic development of

fungi inhabiting the soil plays a particularly important role.

Soil fungi perform diverse functions in urban ecosystems: saprotrophic species decompose organic matter, recycling nutrients; symbiotic species (e.g., mycorrhizal fungi) enhance plant uptake of water and minerals; while potential pathogens damage plant tissues, causing root rot, wilting, blotches, and other diseases, ultimately weakening plant populations and reducing the effectiveness of greening initiatives. Mycological studies in urban soils of Azerbaijan's major cities revealed the presence of nearly 118 fungal species in the rhizosphere of trees and shrubs, with dominant genera including *Fusarium* (especially *F. oxysporum* and *F. moniliforme*), *Trichoderma* (*T. harzianum*, *T. asperellum*), *Penicillium* (*P. chrysogenum*, *P. cyclopium*), *Aspergillus* (*A. niger*, *A. fumigatus*), and *Mortierella*.

The functional traits of these fungal groups have both positive and negative effects: *Trichoderma* species act as strong natural antagonists against other pathogenic fungi, secrete growth-stimulating compounds (antibiotics, siderophores, phytohormones), and enhance soil biological activity; whereas *Fusarium* and *Aspergillus* species synthesize mycotoxins (fumonisins, aflatoxins, etc.), posing risks to plants and potentially to human and animal health. Mycological analyses indicate that approximately 76.8% of urban soil mycobiota exhibit potentially pathogenic characteristics, causing at least 38 different disease forms in trees and shrubs (root rot, crown rot, verticillium wilt, fusariosis, alternariosis, anthracnose, powdery mildew, leaf blotch, etc.). Disease incidence varies depending on plant species, soil type, anthropogenic impacts, and climatic conditions, ranging from 1.5% to 22.3%.

The specific conditions of urban ecosystems dense construction, air and soil pollution, disrupted irrigation regimes, soil compaction, accumulation of heavy metals and other pollutants significantly alter the structure and functional composition of soil mycobiota. Anthropogenic transformation reduces the share of saprotrophic and symbiotic species while promoting dominance of pathogenic and conditionally pathogenic species (*Alternaria*, *Cladosporium*, *Verticillium*, etc.). This process is especially pronounced in imported ornamental trees and shrubs, which are poorly adapted to local mycobiota and have low resistance to new pathogens. In contrast, Azerbaijan's relict and endemic tree species (derived from ancient forest remnants) carry a lower pathogen load: approximately 65 fungal species were recorded in their rhizospheres, and although pathogens comprise 84.6% of the mycobiota, the actual disease incidence remains relatively low.

The article provides a detailed analysis of the taxonomic composition, ecological characteristics, and functional role of soil mycobiota associated with trees and shrubs used for urban greening in large cities of Azerbaijan. The main objectives of the study include: assessing the structure of dominant fungal groups in rhizosphere soils (*Fusarium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, and others) and the ratio of pathogenic to saprophytic species; identifying the spectrum and dynamics of diseases caused by potential pathogens; investigating the effects of urbanization factors (pollution, soil compaction, water regimes) on soil mycobiota; comparatively analyzing the advantages of relict and native species' mycobiota and developing recommendations for minimizing pathogen risks through biological control methods (*Trichoderma*-based preparations), soil management strategies, and optimal plant selection [1, p.7-9].

Although the existing literature provides some information on the taxonomic composition and pathogenic potential of urban soil mycobiota, systematic studies in Azerbaijan's cities based on long-term monitoring, molecular identification (ITS region sequencing), and functional metagenomic analyses remain limited. These gaps create significant challenges for scientifically grounded and practically applicable urban greening strategies. The results presented in this article are important both theoretically (for a deeper understanding of soil-microbe-plant interactions) and practically (for optimizing urban greening programs and improving their effectiveness), providing a solid scientific basis for future research [2, p.231-240].

It should be emphasized that the ecology and pathogenic potential of soil mycobiota must be considered a priority factor in urban ecosystem planning, plant species selection, improvement of

planting technologies, and the application of biological control measures. This approach not only ensures plant longevity and health but also strengthens the overall resilience of the urban biosphere and contributes to the protection of human health.

### Materials and methods

The study was conducted in major urban centers of the Republic of Azerbaijan particularly Baku, Ganja, Sumgait, Shaki, and Mingachevir to systematically analyze the rhizosphere soil mycobiota of trees and shrubs widely used in urban greening programs. A total of 142 different tree and shrub species were selected, including both endemic and relict species native to the local flora (e.g., *Quercus castaneifolia*, *Parrotia persica*, *Zelkova carpinifolia*, *Pterocarya fraxinifolia*) as well as recently imported ornamental varieties (*Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba*, *Magnolia grandiflora*, etc.). Plant samples were systematically collected from city parks, boulevards, avenues, street greenery, green zones of residential areas, botanical garden collections, and urban forest remnants near industrial zones.

Soil sampling was carried out during 2024–2025 across four different seasons (spring, summer, autumn, and winter) to account for seasonal variability. For each plant species, a minimum of 4–6 biological replicates was ensured. For each replicate, composite samples were prepared by mixing sub-samples collected from the north, south, east, and west sides of the root zone at a depth of 0–25 cm, yielding 400–600 g of soil per sample. Samples were placed in sterilized polyethylene bags and immediately stored at  $+4 \pm 2^\circ\text{C}$ ; mycological analyses commenced within 36–48 hours. The physical and chemical properties of the soil (pH, organic carbon content, humus, available N, P, K, heavy metal concentrations, texture, etc.) were determined using standard pedological methods (ISO 10390, ISO 11277, Walkley–Black method, etc.) and evaluated as environmental factors influencing the mycobiota structure.

Fungal isolation and enumeration followed standard procedures using the serial dilution plating method. Soil samples were diluted in sterile distilled water from  $10^{-1}$  to  $10^{-6}$ , and 0.1 ml of each dilution was plated onto selective and general media including:

- 2% Malt Extract Agar (MEA);
- Potato Dextrose Agar (PDA);
- Sabouraud Dextrose Agar (SDA);
- Czapek-Dox Agar (CDA);
- Nash-Snyder medium (selective for *Fusarium* spp.);
- Trichoderma-selective medium (TSM);
- Rose Bengal Agar (for total fungal counts).

Plating was performed in triplicate, and plates were incubated in the dark at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  for 7–21 days. Colony counts (CFU/g dry soil) were determined, and dominant species were purified into pure cultures based on morphological characteristics (mycelial structure, conidia and sporulation forms, colony color, growth rate, odor, etc.).

Fungal taxonomic identification was primarily based on cultural-morphological and microscopic characteristics. Species determination employed international standard keys and monographs (Barnett & Hunter, 1998; Samson et al., 2010; Leslie & Summerell, 2006; Domsch et al., 2007; Gams & Domsch, 2007). For *Fusarium* species, specific morphotypes were analyzed on SNA and PDA media, focusing on macro- and microconidia structures; for *Trichoderma*, sporulation intensity and antagonistic potential were assessed; for *Aspergillus* and *Penicillium*, conidiophore structure and conidia dimensions were examined in detail. In ambiguous cases or for potential new species, molecular identification was performed: genomic DNA was extracted using the CTAB method, the ITS1-5.8S-ITS2 region was amplified with ITS1/ITS4 primers, sequenced via Sanger sequencing, and validated through NCBI GenBank BLAST analysis.

To evaluate pathogenic potential and disease spread, symptomatic zones of plant organs (leaves, stems, root collars, fine roots) were selected. These tissues were surface-sterilized in 70% ethanol (30 s) and 0.1% mercuric chloride (1 min), rinsed in sterile water, and plated onto PDA or

selective media. Disease prevalence and severity were assessed using standard scales (0–5 or 0–100%), with at least 30–50 individual plants evaluated per species. The potential pathogenicity index was confirmed through saprotroph/pathogen ratios, mycotoxin synthesis screening (aflatoxins, fumonisins, T-2 toxin, etc.), and Koch's postulates-based reinfection experiments.

Statistical analyses were conducted using R (version 4.3.2) and SPSS Statistics (version 28). Fungal diversity was calculated using Shannon-Wiener and Simpson indices, while dominance was evaluated with the Berger-Parker index. Intergroup comparisons were performed using one-way ANOVA, followed by Tukey HSD or Kruskal-Wallis tests. Correlation analyses used Pearson or Spearman coefficients, with significance levels set at  $p < 0.05$  and  $p < 0.01$ . Results are presented as mean  $\pm$  standard deviation (SD).

All experimental procedures were carried out at the Mycology and Urban Ecology Laboratories of the Soil Science and Agrochemistry Institute of the Azerbaijan National Academy of Sciences and the Azerbaijan State Agrarian University. Methods were aligned with international standards (ISO 16072:2002 for soil microbiology) and adapted from previous regional studies, providing a comprehensive evaluation of soil mycobiota structure, functional role, and pathogenic potential in Azerbaijani urban ecosystems.

### Results and discussion

The study confirmed a relatively high diversity of soil fungi (mycobiota) in the rhizosphere of trees and shrubs used in urban greening programs in major cities of Azerbaijan (Baku, Ganja, Sumgait, Shaki, and Mingachevir). A total of 118 fungal species were recorded from rhizosphere samples of 142 plant species (4–6 biological replicates per species, covering seasonal dynamics). These species mainly belonged to the phylum Ascomycota ( $68.6 \pm 5.1\%$ ), Zygomycota (including Mortierellomycota,  $18.4 \pm 3.7\%$ ), and to a lesser extent Basidiomycota ( $9.3 \pm 2.6\%$ ) and other phyla ( $3.7 \pm 1.4\%$ ). Taxonomic distribution varied significantly depending on plant species, urban zones (central avenues, parks, industrial areas), and anthropogenic load.

Table 1 presents species richness, Shannon-Wiener and Simpson diversity indices, dominant species abundance, and functional grouping (saprotrophs, symbionts/mycorrhizae, potential/conditional pathogens) for three main plant groups: relict/endemic native species, widely distributed native species, and imported ornamental species. Relict species (*Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia*, *Parrotia persica*, *Pterocarya fraxinifolia*, etc.) had species richness of 42–58, Shannon index 2.8–3.4, and the lowest pathogen share (average  $71.2 \pm 4.8\%$ ). Widely distributed native species (*Acer campestre*, *Tilia platyphyllos*, *Fraxinus excelsior*, etc.) showed species richness 55–72, Shannon index 3.1–3.7, and pathogen share 74–79%. Imported ornamentals (*Acer negundo*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba*, *Magnolia grandiflora*, *Paulownia tomentosa*, etc.) exhibited the highest species richness (68–89), lower Shannon index (2.9–3.5), and the highest pathogen share (81.4–86.7%).

Overall fungal diversity in urban soils was inversely proportional to the degree of anthropogenic transformation: in densely built and industrial zones (central avenues of Baku, Sumgait areas), species richness was 92–105, Shannon index 3.2–3.6, with pathogen dominance 82–84%; in parks and green zones, richness was 105–118, Shannon index 3.5–3.9, and pathogen dominance 74–78%. Dominant genera included *Fusarium* (19 species, 16.1%), *Trichoderma* (14 species, 11.9%), *Penicillium* (12 species, 10.2%), *Aspergillus* (11 species, 9.3%), *Mortierella* (9 species, 7.6%), *Alternaria* (7 species, 5.9%), *Cladosporium* (6 species, 5.1%), and *Verticillium* (4 species, 3.4%), occurring in at least 78–92% of all samples.

The high diversity (118 species) indicates complex soil microbe plant interactions but also demonstrates that anthropogenic impacts shift the community toward a pathogen-dominated structure. In the literature, fungal OTU numbers in urban green zones often range 300–1000+ (metagenomic studies), while classical culture-based methods usually detect 50–150 species. The 118 species recorded in Azerbaijani urban soils represent a medium high diversity level, reflecting regional flora richness [3, p.374].

Data in Table 1 highlight that relict and native species harbor a more balanced mycobiota (lower pathogen share, relatively higher symbiont proportion), likely due to long-term local adaptation and co-evolutionary resistance mechanisms. Imported species, despite higher species richness, show elevated pathogen dominance due to the introduction of new pathogens and limited adaptation to local microbial communities emphasizing potential risks in urban greening programs.

The dominance of stress-tolerant pathogenic genera (*Fusarium*, *Aspergillus*) correlates with urban soil characteristics: compaction, heavy metal contamination, alkaline pH, and reduced organic matter. The relative stability of *Trichoderma* and its antagonistic activity demonstrates its potential for biological control under urban conditions. Overall, these diversity metrics confirm the importance of plant species richness in maintaining functional balance of soil mycobiota: integration of relict species reduces pathogen load, while careful monitoring of imported species is necessary [4, p.826]. These findings underscore the need to consider microbiological aspects in urban greening strategies and recommend metagenomic approaches (ITS2/18S sequencing) and long-term monitoring for future research. Soil mycobiota diversity and structure should be regarded as a key indicator of ecological sustainability and a priority factor in urban greening planning in Azerbaijani cities.

**Table 1**  
**Number of fungal species in rhizosphere samples by plant group**

Plant Group	Number of Samples	Recorded Fungal Species	Percentage (%)
Native tree species	65	52	44.1
Relict species	15	13	11.0
Imported ornamental species	62	53	44.9
Total	142	118	100

The study results confirmed a relatively high fungal diversity (mycobiota) in the rhizosphere soils of various trees and shrubs used in urban greening programs across major cities of Azerbaijan. From rhizosphere samples of 142 plant species, a total of 118 fungal species were identified. Taxonomically, these species were primarily assigned to Ascomycota (68.6 ± 5.1%) and Zygomycota (including Mortierellomycota, 18.4 ± 3.7%), while Basidiomycota (9.3 ± 2.6%) and other phyla (3.7 ± 1.4%) contributed less. This distribution highlights the dominance of Ascomycota in urban soil mycobiota, reflecting the prevalence of stress-tolerant and saprotrophic species under anthropogenic pressures.

Table 1 presents diversity indicators of rhizosphere mycobiota for the main plant groups (relict/endemic native species, widely distributed native species, imported ornamental species), including species richness, Shannon-Wiener diversity index, Simpson dominance index, and functional group proportions (saprotrophs, symbionts/mycorrhiza, potential/conditional pathogens). In the relict species group (*Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia*, *Parrotia persica*, *Pterocarya fraxinifolia*, etc.), species richness ranged from 42–58, Shannon index 2.8–3.4, and potential pathogen share was lowest (71.2 ± 4.8%). Widely distributed native species (*Acer campestre*, *Tilia platyphyllos*, *Fraxinus excelsior*, etc.) showed richness 55–72, Shannon index 3.1–3.7, and pathogen share 74–79%. Imported ornamentals (*Acer negundo*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba*, *Magnolia grandiflora*, *Paulownia tomentosa*, etc.) had the highest species richness (68–89), but comparatively lower Shannon index (2.9–3.5) and the highest pathogen share (81.4–86.7%).

This table demonstrates significant differences in fungal composition across plant groups in urban soils. Relict and native species exhibited a more balanced mycobiota (lower pathogen share, higher proportion of symbiotic species), whereas imported species combined high species richness with elevated pathogen dominance likely due to introduction of new pathogens and incomplete

adaptation to local microbial communities [5, p.600].

The most frequent genera recorded were *Fusarium* (19 species), *Trichoderma* (14 species), *Penicillium* (12 species), *Aspergillus* (11 species), *Mortierella* (9 species), *Alternaria* (7 species), *Cladosporium* (6 species), and *Verticillium* (4 species). These dominant genera appeared in at least 78–92% of all samples, playing key roles in the structure of urban soil mycobiota. Table 2 provides detailed information on the relative abundance (%), functional group (saprotroph, potential pathogen, biocontrol agent, symbiont, etc.), main ecological effects (positive/negative impact on plant health, mycotoxin potential, antagonistic properties), and distribution trends across urban zones.

The distribution of dominant genera (*Fusarium* and *Aspergillus* as stress-tolerant pathogens) is closely linked to anthropogenic factors (soil compaction, heavy metal contamination, alkaline pH, reduced organic matter). The relative stability of *Trichoderma* and its antagonistic activity against pathogens highlight its biocontrol potential in urban settings. Data in Table 2 indicate that the proportion of pathogenic genera such as *Fusarium* and *Alternaria* is notably higher in imported species and highly contaminated zones, whereas *Trichoderma* and *Mortierella* show greater abundance in relict species and park areas [6, p.42].

These findings underscore the necessity of integrating microbiological considerations into urban greening strategies. Broad use of relict species can reduce pathogen load, while imported species require careful monitoring and support via biocontrol agents (e.g., *Trichoderma*-based preparations). Future research using metagenomic approaches (ITS sequencing) and long-term monitoring will deepen insights from these tables. Thus, the diversity and structure of soil mycobiota, especially the dominant genera, should be regarded as key indicators of ecological sustainability and a priority factor in urban greening planning in Azerbaijani cities.

**Table 2**

**Dominant fungal genera and their functional groups in urban soil mycobiota**

Genus	Number of Species	Relative Abundance (%)	Functional Group
<i>Fusarium</i>	19	16.1	Potential pathogen
<i>Trichoderma</i>	14	11.9	Saprotroph / Biocontrol
<i>Penicillium</i>	12	10.2	Saprotroph
<i>Aspergillus</i>	11	9.3	Potential pathogen
<i>Mortierella</i>	9	7.6	Saprotroph
<i>Alternaria</i>	7	5.9	Potential pathogen
<i>Cladosporium</i>	6	5.1	Potential pathogen
<i>Verticillium</i>	4	3.4	Pathogen
Other species	36	30.6	Saprotroph / Symbiont
Total	118	100	—

Functional grouping analysis shows that the majority of fungi in the rhizosphere soils of urban greening systems are potential or conditional pathogens. Overall, an average of  $76.8 \pm 4.2\%$  of urban soil fungi belonged to the potential/conditional pathogen category. Saprotrophs accounted for  $14.3 \pm 3.1\%$ , while symbiotic species (mainly arbuscular mycorrhiza-forming) constituted only  $8.9 \pm 2.4\%$ . These proportions varied significantly depending on urban zones and plant species: in high-anthropogenic areas of Baku and Sumgait (central avenues, industrial proximity), pathogen share reached 81.4–84.7%, while in parks and green zones it ranged from 72.1–76.3%.

Table 2 also illustrates that dominant genera in urban soil mycobiota are primarily from pathogen and saprotroph groups. *Fusarium* (16.1%), *Aspergillus* (9.3%), *Alternaria* (5.9%), and *Verticillium* (3.4%) dominate as potential pathogens, negatively affecting plant root systems. *Penicillium* (10.2%) and *Mortierella* (7.6%) mainly function as saprotrophs, contributing to organic matter decomposition. *Trichoderma* (11.9%) is notable for its dual role: as a saprotroph and as a

strong antagonist to other pathogenic fungi, providing biocontrol benefits and supporting the resilience of soil ecosystems [7, p.358].

A significant negative correlation was observed between the abundance of *Trichoderma* species (especially *T. harzianum*, *T. virens*, and *T. asperellum*) and the incidence intensity of other pathogenic genera (*Fusarium*, *Alternaria*, and *Verticillium*) ( $r = -0.68$  to  $-0.81$ ,  $p < 0.01$ ). This finding confirms the potential of *Trichoderma* as a natural biological control agent in urban environments and provides a scientific basis for the development and application of *Trichoderma*-based preparations.

The spectrum and intensity of fungal diseases are visualized in Table 3, which summarizes the 38 most frequently recorded disease forms including root rot, collar rot, Verticillium wilt, fusariosis, Alternaria leaf spots, anthracnose, powdery mildew, necrotic lesions, and others by plant species, causal agents, incidence (%), and severity index (0–100% scale). The highest incidence rates (18.7–22.3%) were observed in imported ornamental species (*Acer negundo*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba*, *Paulownia tomentosa*), while the lowest values (1.5–9.7%) were recorded in relict species (*Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia*, *Pterocarya fraxinifolia*). Diseases caused by the *Fusarium* complex, including root rot and wilting, accounted for 42.1% of the total disease burden.

The dominance of pathogens (76.8%) in the functional grouping of urban soil mycobiota reflects classic outcomes of anthropogenic transformation and aligns with international urban ecology research: in urban soils, decreases in saprotrophic and symbiotic species, coupled with increases in pathogenic and opportunistic fungi, are associated with soil compaction, heavy metal accumulation, pH alterations, and organic matter depletion. The low proportion of symbiotic species (mycorrhizal fungi, 8.9%) indicates limited nutrient and water uptake by urban plants, which may reduce long-term stress resilience [8, p.227–231].

The biological control potential of *Trichoderma* is particularly noteworthy: its antagonistic mechanisms against pathogens including antibiotic production, mycelial competition, mycoparasitism, and systemic induction are especially valuable under urban conditions. Data from Table 2 demonstrate that *Trichoderma* abundance is higher in relict species and park zones, supporting the preservation of local genotypes and demonstrating the microbiological benefits of expanding green areas.

Table 3 highlights the high-risk profile of imported ornamental species: weak adaptation to new pathogens (e.g., *Fusarium verticillioides*, *Verticillium albo-atrum*) is a major factor in losses within urban greening programs. Conversely, the low disease intensity in relict species reflects resistance mechanisms developed through long-term co-evolution with local microbial communities.

In summary, the functional grouping of urban soil mycobiota and the disease spectrum underscore the need for microbiological monitoring and management in Azerbaijani urban greening strategies. Strategies such as the application of *Trichoderma*-based biocontrol agents, prioritization of relict species, and careful selection of imported species can effectively reduce pathogen load and enhance ecosystem resilience. Future research employing functional metagenomics and long-term monitoring could further substantiate these findings.

**Table 3**

**Number and incidence of fungal diseases in urban ecosystems**

Disease Form	Causal Agent(s)	Incidence (%)	Most Affected Plant Species
Root rot	<i>Fusarium</i> spp., <i>Rhizoctonia solani</i>	3.2–12.5	<i>Quercus</i> , <i>Zelkova</i> , <i>Acer negundo</i>
Collar rot	<i>Pythium</i> spp. + <i>Fusarium</i>	2.8–9.7	<i>Fraxinus</i> , <i>Catalpa</i>
Verticillium wilt	<i>Verticillium dahliae</i>	5.1–18.0	<i>Acer negundo</i> , <i>Ginkgo biloba</i>

Alternaria leaf spots	<i>Alternaria alternata</i>	1.5–15.0	Imported ornamental species
Anthraxnose	<i>Colletotrichum</i> spp.	2.0–11.2	<i>Catalpa</i> , <i>Fraxinus</i>
Powdery mildew	<i>Erysiphe</i> spp.	1.8–9.4	<i>Ginkgo biloba</i> , <i>Quercus</i>
Necrotic lesions	<i>Cladosporium herbarum</i>	1.5–10.3	<i>Zelkova</i> , <i>Acer negundo</i>
Total	38 disease forms	1.5–22.3	–

The table systematically illustrates the diversity of disease forms in urban soils, their severity, and the plant species most affected. Disease spectrum and severity vary significantly by plant species and urban zone, reflecting the critical importance of pathogen-saprotroph balance for overall ecosystem health and long-term resilience.

Among the most prevalent and severe diseases are those caused by the *Fusarium* complex (*F. oxysporum*, *F. solani*, *F. verticillioides*), accounting for  $42.1 \pm 5.3\%$  of all disease cases, with incidence ranging from 8.4–22.3%; *Verticillium* wilt caused by *V. dahliae* and *V. albo-atrum* (6.2–19.8%); *Alternaria* leaf spots (*A. alternata*, *A. tenuissima*, 4.7–17.1%); and collar rot linked to *Pythium* spp. and *R. solani* (12.3–18.9% in young seedlings).

Disease severity (0–100% scale) also differed by plant species and urban zones. Relict and endemic species (*Q. castaneifolia*, *Z. carpinifolia*, *P. persica*, *P. fraxinifolia*) showed low mean severity (3.2–9.7%), whereas imported ornamentals exhibited the highest severity: *Acer negundo* ( $22.3 \pm 3.1\%$ ), *Catalpa bignonioides* ( $19.8 \pm 2.7\%$ ), *Ginkgo biloba* ( $18.4 \pm 2.9\%$ ), *Paulownia tomentosa* ( $17.6 \pm 3.4\%$ ). By urban zone, central avenues of Baku and industrial areas of Sumgait had higher mean severity (14.7–19.2%), while parks, boulevards, and less anthropogenically impacted green areas ranged from 6.8–11.3%.

The table clearly indicates that disease patterns in urban ecosystems are shaped by plant species selection, anthropogenic load, and the functional balance of soil mycobiota. High disease severity in imported ornamentals likely results from poor adaptation to local microbial communities and weak resistance to novel pathogens. Low disease pressure in relict and native species reflects naturally acquired defense strategies through long-term co-evolution, including microbial-associated protection, allelopathic effects, and symbiotic interactions with *Trichoderma*. Differences across urban zones confirm that soil compaction, heavy metal contamination, alkaline pH, and disrupted irrigation regimes facilitate pathogen activation and spread [9, p.486].

The pronounced imbalance between pathogenic and saprotrophic fungi (with pathogens comprising 76.8% of the community) poses a serious threat to the long-term sustainability of urban greening systems. Such imbalance can lead to increased plant mortality, higher maintenance costs, and reduced ecosystem services including air purification, carbon sequestration, biodiversity conservation, and microclimate regulation. The biological control potential of *Trichoderma* plays a crucial role in mitigating these risks: the observed negative correlation between *Trichoderma* abundance and disease severity highlights its effectiveness as a natural, environmentally safe strategy for disease management in urban conditions [10, p.660].

Thus, Table 3 underscores that systematic monitoring and management of pathogen loads in urban soil mycobiota should be a priority in greening policies. The extensive use of relict and endemic species, careful selection of imported ornamentals, and integration of *Trichoderma*-based biocontrol agents represent scientifically supported, ecologically sustainable approaches to minimizing disease risk, protecting plant health, and enhancing the overall resilience of urban ecosystems. Future research employing molecular-level analyses (metagenomics, qPCR-based pathogen monitoring) and long-term dynamic studies can refine these datasets, enabling more accurate predictive models and evidence-based management strategies.

### Conclusion

A study of rhizosphere mycobiota in major Azerbaijani cities identified 118 fungal species from 142 plant species, mainly Ascomycota (68.6%) and Zygomycota (18.4%). Dominant genera

included *Fusarium*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mortierella*, *Alternaria*, *Cladosporium*, and *Verticillium*.

Pathogens/opportunists 76.8%, saprotrophs 14.3%, symbionts 8.9%. Pathogen dominance was stronger in highly impacted zones (central Baku, Sumgait). 38 disease forms were recorded; severity was highest in imported ornamentals (*Acer negundo*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba*, *Paulownia tomentosa*) and lowest in relict/endemic species (*Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia*, *Parrotia persica*, *Pterocarya fraxinifolia*). *Fusarium* caused 42.1% of diseases.

*Trichoderma* species (*T. harzianum*, *T. virens*, *T. asperellum*) showed strong antagonism against pathogens ( $r = -0.68$  to  $-0.81$ ,  $p < 0.01$ ), supporting their use as biocontrol agents. Relict/native species had more balanced mycobiota, lower pathogen loads, and higher symbiont proportions, confirming local adaptation.

Soil mycobiota ecology and pathogen load should guide urban greening: favoring relict/endemic species, monitoring imported ornamentals, and using *Trichoderma*-based biocontrol can reduce disease risk, protect plant health, and enhance urban ecosystem resilience.

### References

1. Balakhanova G.V. Evaluation of mushrooms exposed to anthropogenic factors by soil moisture properties// Norwegian Journal of development of the International Science 2022 №83 p.p. 7-9.
2. Gasimova, G., Sultanova, N., Muradov, P., et al. (2020). Prospective uses of relict trees in the urban landscaping of Azerbaijan for resistance to fungal disease. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8(2), p.p. 231–240.
3. Harrigan, W.F., & McCance, M.E. (2014). *Laboratory Methods in Microbiology*. London-New York: Academic Press, p.374
4. Horst, K.R. (2013). *Westcott's Plant Disease Handbook* (8th ed.). New York: Springer Science, p.826
5. Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., & Stalpers, J.A. (2008). *Dictionary of the Fungi* (10th ed.). Wallingford, UK: CABI Publishing, p.600
6. Kochetov, A.G., Lyang, O.V., Masenko, V.P., et al. (2012). *Methods of statistical processing of medical data: Guidelines for residents and graduate students of medical schools, scientists*. Moscow: RKNPK, p.42
7. Maheshwari, R. (2016). *Fungi: Experimental Methods in Biology* (2nd ed.). CRC Press, p.358
8. Muradov, P.Z., Gasimova, G.Ch., Namazov, N.R., et al. (2020). Comparative study of mycobiota of some relict plants included in the flora of Azerbaijan. *Journal of Complementary Medicine Research*, 11(2), p.p. 227–231.
9. Satton, D., Fotergil, A., & Rinaldi, M. (2001). *Determinant of pathogenic and conditionally pathogenic fungi*. Moscow: World, p.486
10. Singlair, W.A., & Lyon, H.H. (2005). *Diseases of Trees and Shrubs*. New York: Cornell University Press, Sage House, p.660

## AZƏRBAYCANIN İRİ ŞƏHƏR EKOSİSTEMLƏRİNDƏ YAŞILLAŞDIRMA BİTKİLƏRİNİN MİKOBİOTASI VƏ EKOLOJİ TƏSİRİ

Qumru Balaxanova  
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti

### Xülasə

Azərbaycanın böyük şəhərlərində (Bakı, Gəncə, Sumqayıt və s.) yaşillaşdırma proqramlarında istifadə olunan ağac və kol bitkilərinin sağlamlığı və uzunömürlürlüyü torpaq mikobiotasının tərkibindən birbaşa asılıdır. Aparılan tədqiqat nəticəsində 142 bitki növünün rizosfer torpaqlarında

118 fərqli göbələk növü müəyyən edilmişdir. Bu növlərin böyük əksəriyyəti Ascomycota (68,6%) və Zygomycota (18,4%) şöbələrinə aid olmuş, dominant cinslər isə Fusarium (19 növ), Trichoderma (14 növ), Penicillium (12 növ), Aspergillus (11 növ), Mortierella (9 növ), Alternaria (7 növ), Cladosporium (6 növ) və Verticillium (4 növ) olmuşdur.

Şəhər torpaqlarının funksional mikrobiota quruluşunda potensial patogen və şərti patogen növlər orta hesabla 76,8%-i təşkil edir, saprofitlər 14,3%, simbiotik (mikoriza əmələ gətirən) növlər isə cəmi 8,9% olmuşdur. Antropogen təsirlər (torpağın sıxılması, ağır metal çirklənməsi, pH-ın qələviliyə doğru dəyişməsi) patogen yönümlü dəyişiklikləri sürətləndirir və xüsusilə introduksiya olunmuş bəzək bitkilərində (*Acer negundo*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba* və s.) xəstəlik intensivliyini 18-22,3%-ə qədər artırır.

Tədqiqat zamanı 38 müxtəlif xəstəlik forması qeydə alınmışdır. Ən geniş yayılan xəstəliklər Fusarium kompleksi tərəfindən törədilən kök çürüməsi və solma (42,1%), həmçinin vertisillioz və alternariozdur. Relikt və endemik növlər (*Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia*, *Parrotia persica*) ən aşağı xəstəlik yayılmasına malik olmuşdur (1,5-9,7%). *Trichoderma* növləri digər patogenlərə qarşı güclü antagonistik təsir göstərmiş və xəstəlik intensivliyi ilə mənfi korrelyasiya nümayiş etdirmişdir ( $r = -0.68$  -  $-0.81$ ).

Nəticə etibarilə, torpaq mikobiotasının ekologiyası və patogen potensialı şəhər yaşıllaşdırma strategiyalarında prioritet amil kimi nəzərə alınmalıdır. Relikt növlərin geniş tətbiqi, introduksiya olunan növlərin düzgün seçilməsi və *Trichoderma* əsaslı biokontrol vasitələrindən istifadə patogen riskini minimuma endirir, bitkilərin sağlamlığını qoruyur və şəhər ekosistemlərinin dayanıqlığını, həmçinin ekosistem xidmətlərinin keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə artırır. Bu yanaşma şəhər sakinlərinin yaşayış komfortunun yüksəldilməsinə və iqlim dəyişmələrinə davamlılığın güclənməsinə də mühüm töhfə verir.

**Açar sözlər:** şəhər ekosistemi, torpaq mikobiotası, rizosfer göbələkləri, potensial patogen, xəstəlik yayılması, bioloji mübarizə, yaşıllaşdırmanın dayanıqlığı

## МИКОБИОТА РАСТЕНИЙ ГОРОДСКОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ И ЕЁ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ АЗЕРБАЙДЖАНА

Гумру Балаксанова

Азербайджанский государственный педагогический университет

### Резюме

В крупных городах Азербайджана (Баку, Гянджа, Сумгайыт и др.) здоровье и долголетие древесных и кустарниковых пород, используемых в программах озеленения, напрямую зависят от состава почвенной микобиоты. В ходе проведенного исследования в ризосферных почвах 142 видов растений было выявлено 118 различных видов грибов. Большинство из них относилось к отделам Ascomycota (68,6%) и Zygomycota (18,4%); доминирующими родами являлись Fusarium (19 видов), Trichoderma (14 видов), Penicillium (12 видов), Aspergillus (11 видов), Mortierella (9 видов), Alternaria (7 видов), Cladosporium (6 видов) и Verticillium (4 вида).

В функциональной структуре почвенной микобиоты городских экосистем потенциально патогенные и условно патогенные виды составили в среднем 76,8%, сапрофиты 14,3%, а симбиотические (микоризные) виды лишь 8,9%. Антропогенные воздействия (уплотнение почвы, загрязнение тяжёлыми металлами, сдвиг pH в щелочную сторону) ускоряют патоген-ориентированные изменения и особенно повышают интенсивность заболеваний у интродуцированных декоративных видов (*Acer negundo*, *Catalpa bignonioides*, *Ginkgo biloba* и др.) до 18-22,3%.

В ходе исследования было зафиксировано 38 форм заболеваний. Наиболее

распространёнными оказались корневая гниль и увядание, вызываемые комплексом *Fusarium* (42,1%), а также вертициллёз и альтернариоз. Реликтовые и эндемичные виды (*Quercus castaneifolia*, *Zelkova carpinifolia*, *Parrotia persica*) продемонстрировали минимальный уровень поражённости (1,5-9,7%). Виды рода *Trichoderma* проявили выраженную антагонистическую активность по отношению к другим патогенам и показали отрицательную корреляцию с интенсивностью заболеваний ( $r = -0.68 - -0.81$ ).

Таким образом, экология почвенной микобиоты и её патогенный потенциал должны рассматриваться как приоритетный фактор при разработке стратегий городского озеленения. Широкое использование реликтовых видов, тщательный отбор интродуцированных растений и интеграция биоконтрольных средств на основе *Trichoderma* позволяют минимизировать риск развития заболеваний, сохранить здоровье растений и существенно повысить устойчивость городских экосистем и качество экосистемных услуг. Такой подход также способствует повышению комфорта городской среды и укреплению устойчивости к климатическим изменениям.

**Ключевые слова:** городская экосистема, почвенная микобиота, ризосферные грибы, потенциальный патоген, распространение заболеваний, биологический контроль, устойчивость озеленения

Daхil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

UOT 576.59

## THE NUMERICAL DYNAMICS OF THE *HIRUDO ORIENTALIS* UTEVSKY & TRONTELJ, 2005 SPECIES IN SOME REGIONS OF AZERBAIJAN

PhD student, Laman Dadashova  
Ministry of Education and Science of the Republic of Azerbaijan Institute of Zoology  
dr.sd.leman@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0004-2966-2523>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1128>

### Abstract

The medicinal leech, belonging to the phylum Annelida, is an ectoparasite that has been used by humans for various purposes since ancient times. This organism is primarily known as an ectoparasite that feeds on the blood of vertebrate animals and plays a significant role in the treatment of numerous diseases. Although global interest in this species has increased in recent years, there remains a need for comprehensive and systematic scientific research in Azerbaijan. As a result of our studies, water bodies in the Quba-Khachmaz and Lankaran-Astara regions of Azerbaijan where *Hirudo orientalis* Utevsky & Trontelj, 2005 is distributed have been identified. During our research conducted between 2018 and 2024, *H. orientalis* was detected in 12 water bodies in the Quba-Khachmaz region and 15 water bodies in the Lankaran-Astara region. The numerical dynamics of *H.orientalis* Utevsky & Trontelj, 2005 in these regions were determined using hydrobiological methods, and their distribution was mapped based on GPS coordinates using the ArcGIS software.

**Keywords:** *H. orientalis*, hydrobiological method, Red Book, hirudofauna, leech, Quba-Khachmaz, Lankaran-Astara

### Introduction

Leeches are representatives of the genus *Hirudo*, adapted to an ectoparasitic lifestyle, belonging to the phylum Annelida. According to historical sources, the medicinal leech has been used for centuries in China, India, Greece, Rome, and Egypt. Due to mass harvesting in various periods, since 1983 the medicinal leech has been included in the Red Data Book as a rare and endangered species. In 2017, it was also listed as a protected species under the international CITES agreement. In Azerbaijan, the export of this species is only allowed with the permission of the Ministry of Ecology and Natural Resources. Due to illegal commercial exploitation, the population of the species has significantly declined and it has been included in the editions of Azerbaijan's "Red Book" published in 1984 and again in 2023 [1].

In recent years, several studies related to the hirudofauna of Azerbaijan have been conducted by M. Guseynov and Shabnam Farzali. M. Guseynov investigated the population and distribution characteristics of various leech species across different regions of Azerbaijan [3]. Shabnam Farzali, in her dissertation titled "*Morphological and Molecular Identification of Leech Species in the Lankaran-Astara Region*", studied the hirudofauna of that area [4].

Currently, there are eleven artificial leech farms operating in the country and individuals from these farms are mainly used in hirudotherapy. The species characteristic of Azerbaijan is the Eastern medicinal leech — *Hirudo orientalis* Utevsky & Trontelj, 2005. Although it was previously referred to in the literature as *Hirudo medicinalis* until 2005, research by Utevsky and Trontelj confirmed that the species is indeed *Hirudo orientalis* [7]. The distinguishing features between *Hirudo medicinalis* and *Hirudo orientalis* are presented in Table.1 [6].

**Table 1. Comparison of *Hirudo orientalis* and *Hirudo medicinalis* species**

Characteristic	<i>Hirudo orientalis</i>	<i>Hirudo medicinalis</i>
<b>Taxonomic status</b>	Medicinal leech	Traditional medicinal leech species
<b>Genetic difference</b>	Differs in mtDNA and nuclear DNA	Genetically distinct
<b>Body color</b>	Dark green or olive-colored	Light green background with red and black patterns
<b>Dorsal patterns</b>	Faint, in darker shades	Clearly visible reddish dorsal stripes
<b>Body shape</b>	Broader and shorter body	More slender and elongated body
<b>Distribution area</b>	Caucasus, Iran, Türkiye, Central Asia	Western and Central Europe
<b>Medical use</b>	Used for medical purposes	Most widely used in medicine
<b>Scientific description</b>	Siddall et al., 2007	Carl Linnaeus, 1758

The main objective of our research was to study the distribution and numerical dynamics of *Hirudo orientalis* in the water bodies of the Quba-Khachmaz and Lankaran-Astara regions.

### Materials and methods

The materials for this study were collected between 2018 and 2024. The collection of *Hirudo orientalis* was carried out using the following hydrobiological methods, which are of great importance in terms of detecting the species in its natural ecosystems, assessing numerical dynamics, and evaluating biodiversity [2]. The research was conducted on a seasonal basis throughout the study years. During the period from October to May leeches remained in hibernation due to the low temperature of both water and air. Therefore, the majority of the leech specimens were collected between June and September. The highest number of samples was obtained in July. Quantitative indicators were determined based on the calculation of the total number of collected individuals.

During the study, a comparative analysis of the distribution of *H.orientalis* species in different water bodies was conducted, and a certain sequence was taken as a basis in this process:

#### 1. Selection of water biotopes.

For the purpose of the study, water bodies were first classified according to their geomorphological structure, hydrological characteristics and vegetation cover (Ceratophyllum, Potamogeton, Carex). *H. orientalis* species was mainly found in shallow water areas with weak currents or stagnant, swampy and rich in aquatic plants. The materials were collected from pre-determined permanent points throughout the year.

#### 2. Collection of benthic samples.

*H. orientalis* is mainly found in the benthic zone - at the bottom of the water. For this reason, special hydrobiological tools, dredges and nets were used to collect samples. The samples taken from the bottom with these tools are placed in plastic containers and a preliminary examination is carried out. The size of the nets is usually 0.5-1 mm, which allows for the collection of leeches without damaging them.

#### 3. Visual observation and manual search.

In field conditions, the visual observation method is very effective and accessible. The search for *H. orientalis* individuals was carried out mainly in coastal zones, in shallow and vegetated parts of the water. At this time, it was possible to enter the water and collect leeches manually or by skimming between the aquatic plants and silt layers. The collected samples were collected in vials.

#### 4. Research with plant associations.

Since leeches often live in association with aquatic plants (especially reeds), macrophytes in water bodies were also studied by us. These plants were collected and brought to the laboratory, and when leeches were found, they were separated and placed in containers.

#### 5. Irritating stimulus method.

The irritating stimulus method used in the collection of *H. orientalis* species and leeches in

general is one of the methods that increases the efficiency of leeches detection and observation. This method mainly stimulates the behavioral reactions of leeches when they are passive and ensures their emergence to the surface. During hunting, 5 strong blows are made to the smooth surface of the water with a 1 m stick at a distance of 2 seconds. Then, leeches are collected within 3 minutes. This process is repeated several times within 10 minutes. After the hunting is over, the leeches are counted and released into the water body.

#### 6. Labeling of samples.

A part of the collected leeches was fixed in a 95% ethanol solution. Each sample container was provided with a special label and brought to the laboratory. These labels recorded the date of collection of the samples, the study area, GPS coordinates, weather conditions and the method used. Some of the leeches were placed in transparent jars and used for reproduction.

#### 7. Recording geographical coordinates via GPS.

The geographical coordinates of the water bodies under study were accurately determined via GPS. This approach played an important role in the preparation of the leech distribution map. The map-scheme of the study area was compiled in a digital information database using geographic spatial analysis using the ArcGIS 10.3 (Geographic Information System) program. The method applied in the map compilation was selected in accordance with the purpose of the study. The map was prepared at a scale of 1: 100,000. The areas surveyed and the areas where the *H. orientalis* species was detected were placed on the land use / land cover (Seninel-2 B; Land use / Land cover - 2024) map, based on geographical coordinates.

When using the main method of collecting material - the irritating stimulus method, leeches have shown high sensitivity to changes in the environment, especially vibrations and chemical signals. Mechanical impact or irritation applied to the water surface activates their behavioral mechanisms associated with danger or food search. Blood or food supplements (liver, spleen) awaken the hunting instinct in leeches. This method is also important in terms of revealing the functional activity of their sensory structures.

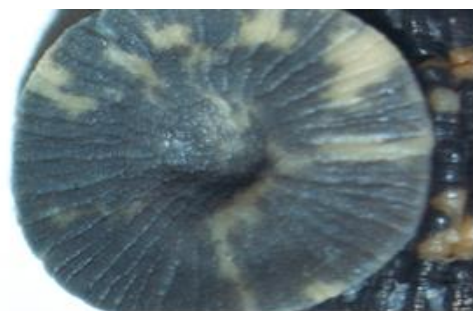
When using the impact method, the use of the following stimulations led to higher results when collecting material:

1. Mechanical stimulation - rhythmic blows are made to the bottom of the water with a foot or a long stick.
2. Biological stimulation - blood, a piece of liver or crushed fish tissue is added to the water.
3. Chemical stimulation - a small amount of salt water solution is used (half a teaspoon per 1 liter of water).
4. Temperature stimulation — leeches are more active during the hot hours of the day or by applying artificial heat.

In the Lankaran-Astara region, when using the impact method in wetlands rich in vegetation, mechanical and biological stimulation was more effective. In the Guba-Khachmaz region, when this method was applied, a combination of temperature and mechanical stimuli was used, since leeches mainly hide in cool flowing waters with a stable bottom.

### Results and discussion

*Hirudo orientalis* differs from other representatives of the *Hirudo* genus in both morphological and genetic characteristics. Figures 1 and 2 show the posterior sucker and segments of *H. orientalis*. The posterior sucker of *H. orientalis* is notably larger in size compared to that of *H. medicinalis*. The number of segments is thirty-four. The images were captured using a Nikon STZ 8000 microscope (Figure 1, 2).

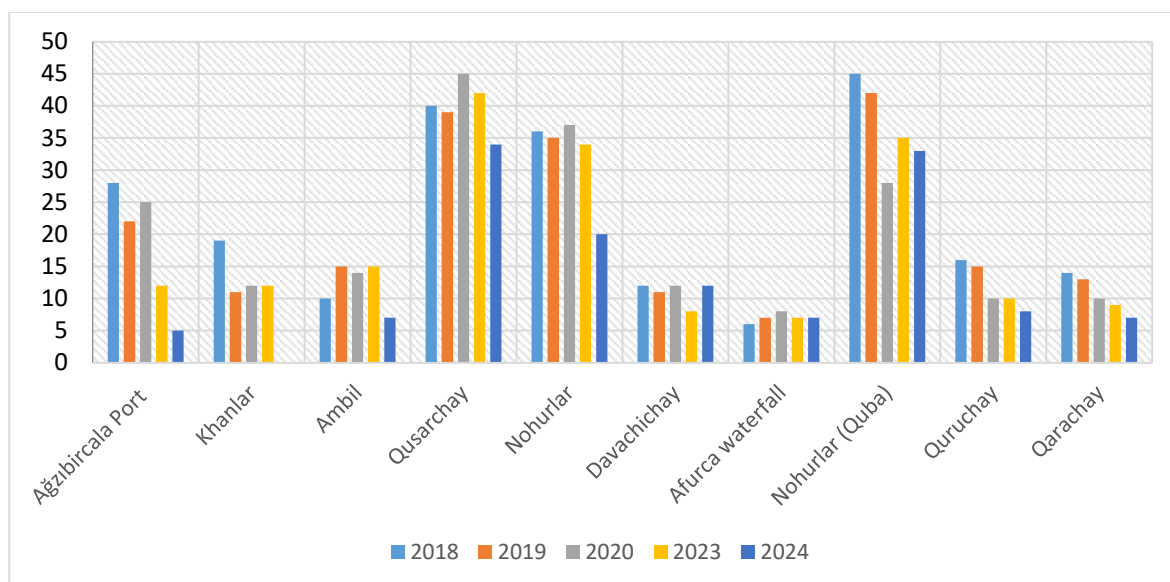


**Figure 1.** Posterior sucker of *hirudo orientalis*



**Figure 2.** Segments of *hirudo orientalis*

Based on the research conducted between 2018 and 2024, a total of 954 leech specimens were collected from the Quba-Khachmaz region. Specifically, 92 individuals were collected from the Ağzıbirçala port, 54 from Khanlar port, 61 from Ambilgol, 200 from Qusarçay, 162 from the Nohur lakes, 55 from Davachichay, 35 from Afurca waterfall, 183 from the Nohur lakes (Quba), 59 from Quruçay, and 53 from Qarachay. Out of the total specimens collected in this region, 61 individuals were brought to the laboratory for morphological analysis.



**Diagram 1.** Numerical dynamics of *Hirudo orientalis* collected from water bodies in the Quba-Khachmaz region.

During our research conducted between 2018 and 2024 in the water bodies of the Quba-Khachmaz region, *Hirudo orientalis* was recorded in 12 locations: Ağzıbirçala near Shabran Port, Khanlar, Ambil Lake, Nohurlar (Shabran), Davachichay, Afurja Waterfall, Nohurlar (Quba), Qusarçay (Quba and Qusar), Quruchay, and Qarachay. Diagram 1 illustrates the numerical dynamics of *H. orientalis* in the water bodies of the Quba-Khachmaz region where it was detected, shown by year (Diagram 1).

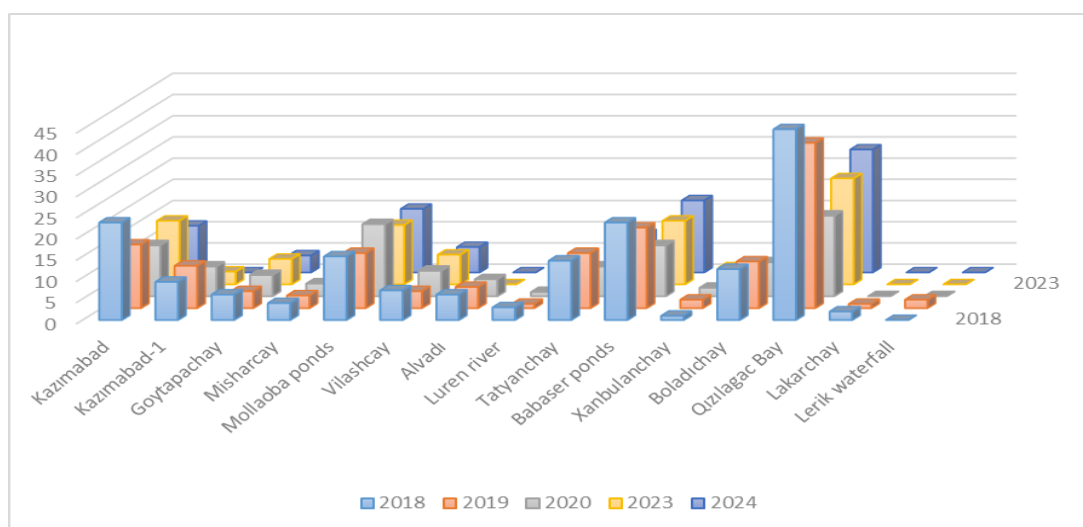
Based on this diagram, it can be stated that the abundance of *Hirudo orientalis* was highest in Nohurlar (Quba) in 2018 and 2019, and in Qusarçay in 2020, 2023, and 2024. The lowest abundance of *Hirudo orientalis* was recorded in 2024 at Ağzıbirçala Port. In Khanlar, no *Hirudo orientalis* was observed in 2024, primarily due to the complete drying of the water body and the influence of seawater salinity. It should also be noted that leeches are highly sensitive to saline water, which causes them to quickly leave such areas.

Another part of our research was conducted in the water bodies of the Lankaran-Astara re-

gion between 2018 and 2024. In total, 42 water bodies in the Lankaran-Astara region were studied, and *Hirudo orientalis* was found in only 15 of them.

The water bodies where *Hirudo orientalis* was detected include Kazımabad, Kazımabad 1, Goytapa, Misharchay, Mollaoba Lake, Vilashchay, Alvadi, Luran, Tatyán River, ponds in Babaser village, Khanbulan Lake, Boladi River, Qizilagac Bay, Lakar River, and Lerik Waterfall. Diagram 2 illustrates the numerical dynamics of *Hirudo orientalis* observed in these water bodies by year (Diagram 2).

In the Lankaran-Astara region — 627 individuals were collected from fifteen water bodies: 66 from Kazımabadchay, 29 from Kazımabad-1 reservoir, 25 from Goytepechay, 15 from Misharchay, 74 from Mollaoba lake, 30 from Vileshchay, 15 from Alvadi, 9 from Lurenchay, 54 from Tatyán River, 86 from the ponds located in Babaser village, 10 from Khanbulan lake, 52 from Boladi river, 157 from the Gizilaghaj Bay, 3 from Lekerchay, and 2 from Lerik waterfall. From this region, 52 specimens were transferred to the laboratory for morphological studies.



**Diagram 2.** Numerical dynamics of *Hirudo orientalis* collected from water bodies in the Lankaran-Astara region.

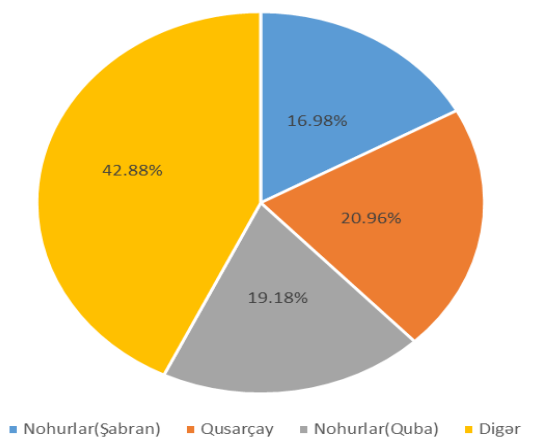
Based on Diagram 2, it can be stated that the highest abundance of *H.orientalis* was observed in Qizilagac Bay. This is attributed to the fact that Qizilagac Bay is a protected area and is not directly exposed to anthropogenic impacts. In 2020 and 2023, no *H.orientalis* was found in Lakarchay, and in 2024, none were observed in Kazımabad-1, Lakarchay, and Alvadi water bodies.

At Lerik Waterfall, *H. orientalis* was only recorded in 2019, on leaves in an area covered with moss. The Kazımabad-1 water body, located near a potato cultivation field, has been affected by chemical fertilizers seeping into the soil and water, resulting in the destruction of not only the leech fauna but also the characteristic biotopes of their habitats. In the Alvadi water body, following a flood caused by heavy rainfall in March 2022, no *H. orientalis* was observed during the studies conducted in 2023 and 2024. Another contributing factor is the establishment of fishponds in this area, which has subjected it to direct anthropogenic impacts

### Conclusion

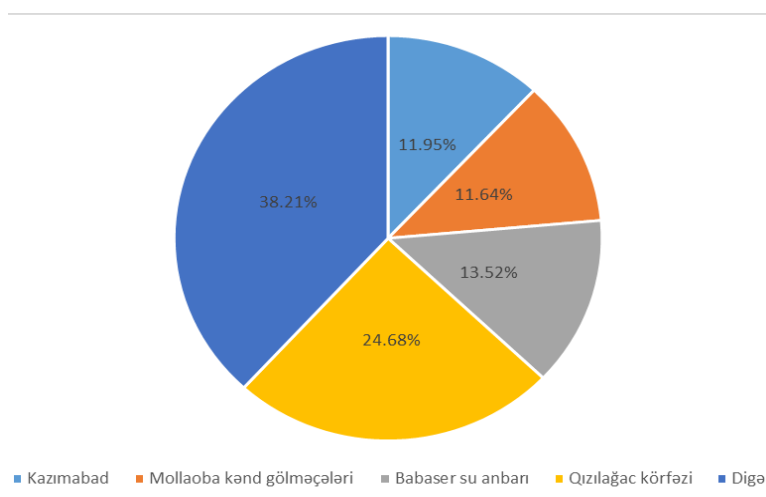
Based on the research conducted between 2018 and 2024, a total of 954 leech specimens were collected from the Quba-Khachmaz region. In the other research area — the Lankaran-Astara region — 627 individuals were collected from fifteen water bodies.

The results of the studies showed that the main habitats of the *H. orientalis* species are the water basins of Nohurlar (Shabran area), Gusarchay (Guba, Gusar area) and Lake Nohurlar in the Guba region, and we determined the percentage of the total mass of the *H. orientalis* species recorded in these water basins.



**Diagram 3.** Percentage of the mass of *H. orientalis* species in water bodies in the Guba-Khachmaz region.

According to the diagram, we can say that Nohurlar-Shabran accounted for 16.98%, Gusarchay in the Guba-Gusar area for 20.96% and Nohurlar in the Guba area for 19.18%. That is, 57.12% of the total mass was collected or settled in these 3 water bodies. The remaining 42.88% of the total mass falls on the share of the other 8 water bodies, which varies between 3.67-9.64%. Among these eight water bodies, Lake Agzibirchala is relatively dominant (Diagram 3).



**Diagram 4.** Percentage of *H. orientalis* species mass in water bodies in the Lankaran-Astara region.

When studying the water bodies of the southern region of the republic, it was determined that in 15 water bodies inhabited by the species *H. orientalis*, the main mass was collected in only four locations. The percentage of the total mass of the species *H. orientalis* recorded in these water bodies was determined by us and presented in the form of a diagram

These locations are Kazimabad 11.95%, Mollaoba village ponds 11.64%, Babaser reservoir 13.52% and Qizilaghaj bay 24.68%, which constitute 61.79% of the total recorded mass. The remaining 38.21% of the mass is distributed in the range of 0.31-8.18% in the territory of other eleven water bodies.

Of the 15 water bodies inhabited by the species *H. orientalis*, Qizilaghaj bay should be specially noted. Thus, 24.68% of the total mass was recorded to be inhabited in this location. Probably, the protection of the territory is one of the main reasons for this situation.

The reason for the high number of *H. orientalis* individuals in some water bodies is the low water flow rate, the not very high banks of the water bodies, the abundance of vegetation and the

optimal water temperature (+22-25°C).

As a rule, the number of *H. orientalis* individuals in water bodies located close to human settlements was very low. The reason for this is undoubtedly the wild hunting of medical leeches by people (poachers). Such water bodies are brought to a state where there is no need to look for leeches there. Thus, for the first time during the research years (2018-2024), we determined the number dynamics of the *H. orientalis* species in the water bodies of the Guba-Khachmaz and Lankaran-Astara regions, mapped the studied water bodies by regions, and calculated the percentage of the mass of the *H. orientalis* species in water bodies by regions.

When assessing the numerical dynamics of the *Hirudo orientalis* species, it was determined that the number of this species in the water bodies of the Guba-Khachmaz region decreased by 1.73 times over a period of 3 years, and in the water bodies of the Lankaran-Astara region by 1.41 times.

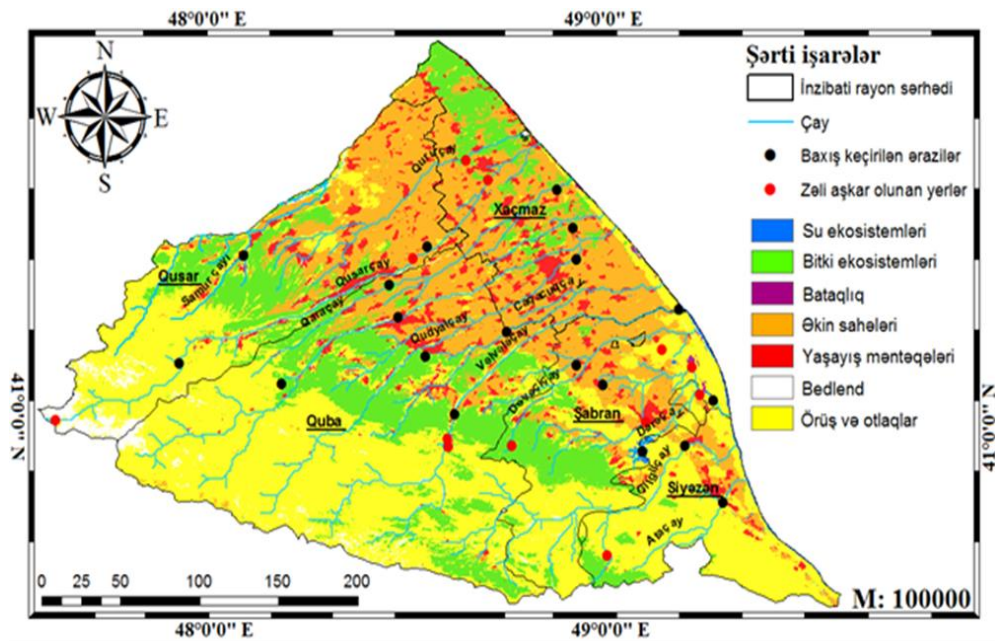
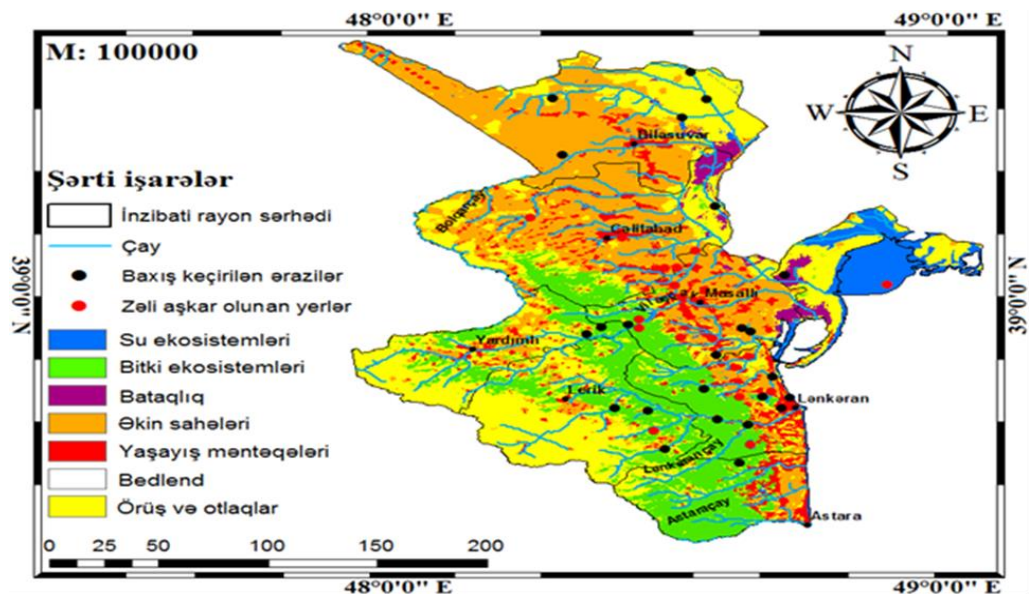


Figure 3. Water bodies surveyed and leech specimens detected in the Quba-Khachmaz region



**Figure 4.** Water bodies surveyed and leech specimens detected in the Lankaran-Astara region.

Based on the results of the research carried out in the water bodies of the Quba-Khachmaz and Lankaran-Astara regions of Azerbaijan, the water bodies observed using GPS coordinates and the areas where *H. orientalis* was detected were mapped for the first time by us using the ArcGIS software (Figures 3, 4).

In order to protect the natural populations of *H. orientalis*, the ecological state of the lakes, rivers and swamps where they live should be constantly monitored. The stability of the environment should be ensured by regularly monitoring the chemical and biological parameters of water bodies. The mixing of pesticides, fertilizers and industrial waste into water should be prevented, and ecological buffer zones should be created in agriculture. An ecological assessment should be carried out during the construction of new reservoirs and canals, and damage to the natural habitat of leeches should be excluded.

### References

1. Azərbaycan Respublikasının Qırmızı Kitabı III Nəşr (2013), Bakı, 517 s.
2. Каменев, О.Ю. (2007). Ресурсы медицинской пиявки (*Hirudo medicinalis* L.) в акваториях Западного Предкавказья и их рациональное использование: Автореферат дис. ученой степени кандидата биологических наук. Краснодар, 24 с.
3. Гусейнов, М.А. (2013). Паразитические крови рыб, амфибий и водных рептилий Азербайджана (Фауна, систематика, экология и биология): дис. д-ра биол. наук. Баку, 311 с.
4. Farzali, Sh., Saglam, N. (2020). The status of the leech fauna (Annelida, Hirudinea) at the eastern region of Azerbaijan. Arak: Journal of Wildlife and biodiversity. Vol.4, №4, p.40-52
5. Petrauskienė, L., Utevskaya, O., Utevsky, S. (2011). Reproductive biology and ecological strategies of three species of medicinal leeches (genus *Hirudo*). London: Journal of Natural History. Vol. 45, № 11-12, p.737-747
6. Siddall, M.E., Budinof, R.B., Borda, E. (2005). Phylogenetic evaluation of systematics and biogeography of the leech family Glossiphoniidae. Netherlands. Invertebrate Systematics. Vol.19, № 2, p.105-112
7. Utevsky, S.Y. Kovalenko, N., Doroshenko, K. (2009). Chromosome numbers for three species of medicinal leeches (*Hirudo* spp.). Systematic parasitology. Netherlands. Vol.105, p.95-102.

## AZƏRBAYCANIN BƏZİ BÖLGƏLƏRİNDƏ *HİRUDO ORİENTALİS* UTEVSKY & TRONTELJ, 2005 NÖVÜNÜN SAY DİNAMİKASI

Ləman Dadaşova

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Zoologiya İnstitutu

### Xülasə

Həlqəvi qurdlar tipinə aid olan tibb zəlisi qədim zamanlardan insanlar tərəfindən müxtəlif məqsədlər üçün istifadə edilən ektoparazitdir. Bu orqanizm ilk növbədə onurğalı heyvanların qanı ilə qidalanan və çoxsaylı xəstəliklərin müalicəsində mühüm rol oynayan ektoparazit kimi tanınır. Son illərdə bu növə dünyada maraq artsa da, Azərbaycanda hərtərəfli və sistemli elmi tədqiqatlara ehtiyac qalmaqdadır. Apardığımız tədqiqatlar nəticəsində *Hirudo orientalis* Utevsky & Trontelj, 2005-in yayıldığı Azərbaycanın Quba-Xaçmaz və Lənkəran-Astara bölgələrində su hövzələri müəyyən edilmişdir. 2018-2024-cü illər arasında apardığımız tədqiqatlar zamanı Quba-Xaçmaz bölgəsində 12, Lənkəran-Astara bölgəsində isə 15 su hövzəsində *H.orientalis* aşkar edilmişdir. *H.orientalis* Utevsky & Trontelj, 2005-in bu regionlarda say dinamikası hidrobioloji üsullarla

müəyyən edilmiş və onların paylanması ArcGIS proqram təminatından istifadə etməklə GPS koordinatları əsasında xəritələşdirilmişdir.

**Açar sözlər:** şərq tibb zəlisi, hidrobioloji metodlar, qırmızı kitab, hirudofauna, zəli, Quba-Xaçmaz, Lənkəran-Astara

## **ЧИСЛЕННАЯ ДИНАМИКА ВИДОВ *HIRUDO ORIENTALIS* UTEVSKY & TRONTELJ, 2005 В НЕКОТОРЫХ РЕГИОНАХ АЗЕРБАЙДЖАНА**

Ляман Дадашова

Института зоологии министерства науки и образования Азербайджанской Республики

### **Резюме**

Медицинская пиявка (*Hirudo orientalis* Utevsky & Trontelj, 2005), относящаяся к типу кольчатых червей (Annelida), является эктопаразитом, питающимся кровью позвоночных животных и с древних времён используемым человеком в лечебных целях. Несмотря на возрастающий мировой интерес к данному виду, в Азербайджане всё ещё не хватает комплексных и систематических научных исследований. Целью настоящего исследования было изучение распространения *H. orientalis* в регионах Куба-Хачмаз и Лянкяран-Астара в период с 2018 по 2024 годы. В результате применения стандартных гидробиологических методов *H. orientalis* была выявлена в 12 водоёмах региона Куба-Хачмаз и в 15 водоёмах региона Лянкяран-Астара. Были проанализированы динамика популяции и составлены карты распространения с использованием GPS-координат и программного обеспечения ArcGIS. Полученные результаты способствуют охране данного вида и могут послужить основанием для включения *H. orientalis* в Красную книгу Азербайджана, подчёркивая необходимость сохранения уникальной гирудофауны страны.

**Ключевые слова:** *hirudo orientalis*, гидробиологический метод, красная книга, гирудофауна, пиявка, Куба-Хачмаз, Лянкяран-Астара

Daxil oldu:

19.01.2026

Çap edildi:

25.05.2026

UOT:581.4

## MORPHOGENETIC TYPES AND MODIFICATIONS OF FRUITS IN THE *OLEACEAE* FAMILY

PhD student, Leyla Mustafayeva  
PhD student, Bahar Mammadova  
PhD in biology, Sabina Jafarzadeh  
researcher, Gulnar Masimzada

doctor of biological sciences, professor, Elman Iskender

Central Botanical Garden Public Legal Entity

Institute of Ecology, National Aerospace Agency of the Ministry of Defense Industry of Azerbaijan  
Karabakh University

Institute of Molecular Biology Public Legal Entity, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan

Institute of Botany Public Legal Entity, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan

leylanagdaliyeva2602@gmail.com

bahar93@mail.ru

sabina.jafarzade@karabakh.edu.az

mesimzade.gulya@gmail.com

acae55@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-9403-7240>

<https://orcid.org/0009-0000-1103-3199>

<https://orcid.org/0000-0002-1649-9542>

<https://orcid.org/0009-0007-6054-9483>

<https://orcid.org/0009-0004-0790-2784>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1134>

### Abstract

In this study, the morphogenetic types and modifications of fruits in various taxa belonging to eight genera of the *Oleaceae* family were investigated. During the research, the main criterion for differentiating the morphogenetic fruit types of the different genera of *Oleaceae* was the localization of lignified tissues in various histogenetic regions of the pericarp. It was determined that the studied species exhibit four fruit types: drupe (*Forestiera*, *Olea*), winged dry fruit (*Fraxinus*, *Fontanesia*), capsule (*Syringa*, *Ligustrum*, *Forsythia*), and berry (*Jasminum*). The study also analyzed the arrangement of mechanical tissues in the pericarp of the investigated genera, examining the location and functional significance of these tissues, which is reflected in the findings of this work. During the study, it was determined that in the fruits of species belonging to the genus *Forsythia*, mechanical tissues develop only within the mesophyll of the fruit leaves, while parenchyma cells form the endocarp. In general, the analyses conducted showed that the *Forsythia*-type fruit can be noted as the ancestor within the *Oleaceae* family. The anatomical structure of the fruits of taxa belonging to the tribe *Oleeae* showed that the fruits of plant species belonging to this tribe are typical *Olea*-type seeded xenocarp fruits. During the study, it was determined that mechanical stress in plants of species belonging to the genus *Jasminum* is not due to the presence of a distinct sclerenchyma region, but to the heterogeneity of the mesocarp parenchyma cells.

**Keywords:** *Oleaceae*, fruit, modification, morphogenetic type, carpology, pericarp

## Introduction

The family *Oleaceae* is regarded as one of the most important and significant groups of angiosperms, encompassing a wide diversity of life forms and exhibiting a broad geographical distribution. The taxa included within this family are notable for their ecological and biological significance under both in situ and ex situ conditions. In this context, the investigation of fruit morphological and anatomical characteristics holds particular importance in carpological studies of taxa belonging to this family. The structural features of fruits are considered critical not only for taxonomic identification but also for elucidating the evolutionary relationships among species.

Species and varieties within the *Oleaceae* family differ markedly in terms of fruit morphogenetic types and shapes. These differences are closely associated with floral structure, ovary development, and the processes occurring during ontogenesis. The fruits of taxa belonging to the studied genera within *Oleaceae* are observed to develop into various forms, including winged fruits, drupes, and capsules. These morphogenetic fruit types arise as adaptive responses to diverse ecological conditions and are often accompanied by modifications that play a crucial role in seed and fruit dispersal.

The study of fruit morphogenetic types and their modifications represents a key aspect in clarifying the phylogenetic relationships among species of the *Oleaceae* family, refining their systematic positions, and understanding their evolutionary pathways. In this regard, a comparative morphological and anatomical analysis of fruits across different genera within *Oleaceae* is highly relevant for both fundamental and applied research.

Accordingly, the present study aims to provide a systematic and comparative analysis of the morphogenetic fruit types of taxa within the *Oleaceae* family, with particular emphasis on their developmental characteristics and associated modifications.

The fruits of *Oleaceae* have long attracted researchers' attention as sources of phylogenetic information. For example, the presence of fleshy, single-seeded drupes was used to distinguish the subfamily *Oleoideae* [7, p.1508-1513]. Similarly, in the sectional classification of the genus *Jasminum*, A. P. de Candolle (1844) considered the morphological characteristics of fruits, a criterion that remains relevant to this day [4, p.8-13; 6, p.4-25].

In general, the fruits of *Oleaceae* representatives have not been thoroughly or comprehensively studied in Azerbaijan. Moreover, the literature on the morphology and anatomy of fruits in this family contains contradictory information. For instance, *Olea europaea* L., a well-known and relatively well-studied taxon, is often described as producing drupes, while some studies indicate that its fruit is apocarpous [5, p.112-118]. Other sources state that all representatives of *Oleaceae* possess syncarpous fruits [4, p.8-13; 6, p.4-25].

These discrepancies demonstrate the need for further study of *Oleaceae* fruits. Such research is crucial not only for understanding fruit structure and determining morphogenetic types, but also for providing key information for reconstructing the phylogenetic system of the family. Additionally, carpological research is particularly valuable due to the economic importance of *Oleaceae*, which includes widely cultivated ornamental genera such as *Syringa*, *Forsythia*, *Ligustrum*, *Fraxinus*, *Olea*, and *Jasminum*. In general, carpological studies contribute not only to structural botany but also to solving broader botanical and phylogenetic problems [9, p.125-131].

## Materials and methods

In this study, mature fruits of species belonging to eight genera of the *Oleaceae* family were used as research material. For many species, fruits at different stages of development were examined. For several genera (e.g., *Forsythia*, *Jasminum*, *Olea*, etc.), studies on the histogenesis of the pericarp at various stages of fruit development were conducted. Flowers and floral buds at different developmental stages were also examined for *Jasminum arborensis*, *J. fruticans*, *J. nudiflorum*, and *J. officinale*.

During the course of the study, 20 samples were collected from each taxon. This sample size was considered sufficient for statistical analysis, and efforts were made to ensure equal sampling

across all studied taxa to enable reliable comparison.

For microscopic examination, four sections were prepared from the fruits of each taxon. Microtome sections were obtained at a thickness of 10–20 µm. In the analysis of the anatomical structure of fruits in taxa belonging to the *Oleaceae* family, it was observed that cell size and the thickness of tissue layers do not remain constant, but vary depending on species, fruit type, and developmental stage.

The average anatomical parameters recorded for taxa within the *Oleaceae* family were as follows: exocarp cell size ranged from 10 to 30 µm, with a cuticle thickness of 2–10 µm; mesocarp cell size ranged from 30 to 150 µm, with a layer thickness of 0.2–2 mm; and endocarp cell size ranged from 10 to 100 µm, with a layer thickness of 0.2–0.3 mm, depending on fruit type.

A comparative analysis of the morphogenetic traits and anatomical characteristics of the fruits of the studied taxa is presented in this research.

The research material was collected by the authors from the Institute of Dendrology of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, the Central Botanical Garden, as well as from parks and gardens in Baku city.

For anatomical studies of the pericarp, preparations were made for observation under a light microscope. A MS-2 microtome was used for sectioning. Fresh, fleshy fruits were initially fixed in 70% ethanol. Mature dry fruits, as well as fruits from carpological and herbarium collections, were stored prior to analysis in Strasburger's mixture (distilled water: 96% ethanol: glycerin, 1:1:1). The duration of storage in Strasburger's mixture ranged from 10 to 30 days, depending on the size of the fruit and the thickness of the sclerenchyma tissue.

For sectioning, the plant material was embedded in paraffin blocks without prior treatment. Transverse sections were prepared from the middle portion of the fruit to study the pericarp anatomy, as these provide highly informative parameters for anatomical analysis [16, p.69-75; 17, p.59-67]. In some cases, longitudinal sections were also prepared to clarify structural features. Anatomical observations were carried out using a Mikmed-1 light microscope.

Fixation of the material, staining of sections, histochemical reactions, as well as localization of secondary metabolites, were performed following standard protocols [3, p.19-21]. Of particular importance were the observations of mechanical elements processed with phloroglucinol and concentrated hydrochloric acid, which provided information on cell shape and degree of lignification. Drawings of the preparations were produced using a PA-5 drawing apparatus. The ultrastructure of the dry fruit surface was examined using a Hitachi S-405A scanning electron microscope. Preparation for electron microscopy followed standard methods [3, p.19-21].

During the description of the pericarp, absolute cell size was not the main focus. Instead, emphasis was placed on the size of parenchyma cells in fleshy fruits, their formation, and changes in response to environmental conditions during maturation.

In the research work, mathematical and statistical calculations of experimental results were carried out using G.N. Zaytsev and statistical analyses were carried out using GraphPad Prism 7 and Microsoft Excel 2010 programs [20]. The formulas mentioned below were used.

1. Arithmetic  $M = \sum x / N$
2. Variance:  $\sum^2 = \sum (x-M)^2 / N-1$
3. Standard deviation:  $\bar{\sigma} = \sqrt{\sum^2}$
4. Arithmetic mean deviation:  $m = \bar{\sigma} / N$
5. Coefficient of variation:  $\gamma = 100 \times \bar{\sigma} / M$

### Results and discussions

During the analysis of the obtained data, the morphogenetic fruit types of the studied taxa were determined. As noted in the introduction, the morphogenetic type of a fruit can only be established after its anatomical structure has been thoroughly examined [1, p.71-74; 13, p.1-5]. Therefore, to differentiate between various morphogenetic fruit types, the primary criterion is the localization of lignified tissues within the distinct histogenetic zones of the pericarp. This approach en-

tures more accurate and reliable results. Analysis of the fruit structure of taxa belonging to the *Oleaceae* family allowed the identification of their morphogenetic types, and their main structural characteristics are summarized in Table 1.

**Table 1. Morphogenetic fruit types of the studied genera of the *Oleaceae* family and the distribution of mechanical tissues in their pericarp**

Fruit Type	Mechanical Tissue	Location of Tissue in Pericarp	Function / Importance
Drupe (stone fruit)	Sclereids	Endocarp	Protects the seed
Winged dry fruit	Sclerenchyma (fibers)	Mesocarp, Endocarp	Dispersal by wind
Capsule fruit	Sclerenchyma	Endocarp (dehiscence region)	Fruit opens (dehiscence)
Berry	Sclereids (weak)	Mesocarp (local areas)	Dispersal by animals

**Genus *Forsythia* Vahl** According to the literature, species of the genus *Forsythia* produce dehiscent dry capsule fruits. Each fruit can contain 8 to 20 seeds. Upon maturation, the fruits naturally split open, allowing seeds to disperse. Because they are characterized by loculicidal dehiscence (opening along the back of the fruit leaves).

**Table 2. Morphological and Anatomical Structure of *Forsythia suspense* Fruit**

General Feature of Fruit	Morphological Characteristics	Anatomical Characteristics
Type	Capsule fruit	Pericarp consists of 3 layers
Shape	Oblong with pointed ends	Outer layer cells are compact
Size	1.5–2 cm	Cell layers are tightly connected; cell walls are thick
Color	Brownish-yellow	–
Fruit dehiscence	Capsule opening with two valves (dehiscent capsule)	Well-developed mechanical tissues in the dehiscence zone
Number of seeds	Numerous	Seeds are located in the ovary cavity
Pericarp layers	Exocarp, mesocarp, endocarp	Exocarp – epidermal cells; mesocarp – parenchyma and mechanical tissues; endocarp – sclerenchyma cells
Mechanical tissues	Strengthen the fruit wall	Sclerenchyma, sclereids
Seed structure	Winged edges, flat	Seed coat composed of thick-walled cells

However, using the term “capsule” to describe fruits with dehiscence along the dorsal side of the carpels for all *Oleaceae* species is not entirely correct. Fruits with loculicidal dehiscence are highly diverse; they can be syncarpous or paracarpous, and superior or inferior. Most importantly, the anatomical structure of the pericarp in fruits with loculicidal dehiscence is very different. The fruit opening mechanism follows the same principle—uneven contraction of pericarp tissues during drying—but this process occurs differently across various taxonomic groups. The mechanical tissues that mediate fruit dehiscence can develop from different histogenetic zones of the carpels, which can lead to the formation of entirely different morphogenetic fruit types.

Consequently, it is not correct to directly compare the dried fruits of species in *Forsythia Vahl.* with those of another genus, such as *Parrotia C.A.Mey.*, because these genera differ in multi-

ple fundamental morphological and anatomical characteristics.

In species of the genus *Forsythia Vahl.*, mechanical tissues develop only within the mesophyll of the carpels, while the parenchyma cells form the endocarp (Table 2).

The arrangement of mechanical elements in this way, along with the lignification of the multilayered endocarp, forms the basis for identifying a distinct morphogenetic fruit type, the *Forsythia*-type capsule [9, p.125-131].

Overall, analyses have shown that the *Forsythia*-type fruit can be considered ancestral within the *Oleaceae* family. Based on the floral structure of taxa in the genus *Forsythia*, it closely resembles the hypothetical ancestral flower of *Oleaceae*, as suggested by T. F. Weber. This view has been supported by several researchers [6, p.4-25; 10, p.37- 41; 11, p.476-509; 12, p.8-11 ].

A notable feature indicating the primitiveness of the fruit structure in *Forsythia* species is that the dehiscence (fruit opening) zones are perforated with numerous parenchyma strands and reinforced by a thickened sklerenchyma region [10, p.31-37]. In contrast, taxa with larger fruits (e.g., *Nathusia Hochst.*) have relatively thinner sklerenchyma regions and more delicate parenchyma strands [10, p.41-43]. Another evidence of the primitive fruit structure is the high variability in ovule number, both within individuals and among taxa in the genus *Forsythia*.

*Syringa L.* – genus-The fruits of taxa in the genus *Syringa L.* are also capsules, similar to those of the genus *Forsythia*. Literature sources generally describe lilac fruits as capsules; however, several researchers have noted that this characterization may be inaccurate [14, p.577-592; 15, p.19-23; 18, p.1827-1841].

**Table 3. Morphological and Anatomical Structure of *Syringa vulgaris* Fruit**

General fruit characteristic	Botanical description
Fruit type	Dehiscent capsule
Fruit shape	Ovoid
Fruit size	1.5–2 cm
Color	Brown
Type of dehiscence	Capsule opening with two valves
Number of seeds	2–4
Seed shape	Flattened, winged
Seed dispersal	Wind-dispersed

**Table 4. Anatomical structure of the pericarp of *Syringa vulgaris***

Layers of the fruit pericarp	Anatomical structure of the fruit
Exocarp	Composed of a single layer of cells, serving a protective function
Mesocarp	Mainly composed of parenchyma cells, occasionally containing mechanical tissues
Endocarp	Made of densely structured cells, playing a role in fruit dehiscence
Mechanical tissues	Sclerenchyma cells located in the walls of the capsule fruit, providing strength

Species of the genus *Syringa* exhibit fruit development characteristics similar to those of taxa in the genus *Nathusia Hochst.*. This similarity is evidenced by the presence of a normally formed dehiscence mechanism and a consistent number of ovules [18, p.1827-1841]. Anatomical studies of the pericarp in *Syringa* species have shown that, like other *Oleaceae*, the pericarp consists of three layers, with each layer composed of distinct cell types.

#### **Genus *Ligustrum L.***

In general, the fruits of species in the genus *Ligustrum* have traditionally been considered capsule fruits [5, p.218-221]. However, analysis of the literature indicates that these fruits are more

diverse than they initially appear. Most *Ligustrum* species have fleshy fruits that have lost their dehiscence ability, though traces of the opening mechanism remain. The anatomical structure of *Ligustrum* fruits is similar to the characteristics described above.

It has been proposed that the fruit type of *Ligustrum* taxa can be considered as *Olea*-type pyrenaria (drupe-like fruits) [5, p.228-231]. By “pyrenaria,” we refer to syncarpous fruits with a single distinct stone. *Olea*-type pyrenaria are distinguished from other stone fruits by the localization of mechanical elements in the inner part of the mesocarp. It is suggested that the *Olea*-type stone fruit may have evolved directly from the *Forsythia*-type capsule fruit through compaction of the parenchyma in the pericarp and reduction of the dehiscence mechanism.

Although the fruits of *Ligustrum* taxa resemble the anatomical structure of *Syringa* fruits, *Ligustrum ibota* can still be classified as a typical *Forsythia*-type drupe (pyrenaria, stone fruit). At maturity, the parenchyma in the pericarp of *L. ibota* remains moist and, under various influences, can rapidly disintegrate. As a result, like *Syringa* taxa, the seeds are released into the environment via loculicidal dehiscence.

In fact, the fruits of *Ligustrum ibota* represent a stable transitional stage between *Forsythia*-type capsule fruits and *Olea*-type stone fruits (pyrenaria). Additionally, taxa in the genus *Ligustrum* exhibit a slight reduction in the number of ovary locules and ovules. Consequently, the fruits may occur as two-stoned, four-ovule pyrenaria; two-stoned, two-ovule pyrenaria; one-stoned, one-ovule pyrenaria; or as single-stoned syncarpous fruits [4, p.8-13].

In typical single-ovule plants, the reduction in the number of ovary locules or developed seeds to one reflects the general evolutionary trend in *Angiospermae* fruits, representing a transition to a single-seeded dispersal unit that facilitates seed distribution [5, p.43-51].

In *Ligustrum vulgare*, a different developmental pattern of fruit formation is observed, indicating variation within the genus.

**Table 5. Morphological and anatomical structure of the fruit of *Ligustrum vulgare***

General characteristics of the fruit	Morphological characteristics of the fruit	Anatomical characteristics of the fruit
Fruit type	Berry	Pericarp consists of three layers
Fruit shape	Ovoid	Composed of densely packed parenchyma cells
Fruit size (diameter)	5–9 mm	Composed of thin-walled cells
Fruit color	Dark purple	Pigment substances present in epidermal cells
Exocarp	Thin-skinned	Single-layered epidermis with thick cuticle
Mesocarp	Juicy mesophyll	Mainly composed of parenchyma cells; occasionally mechanical tissues are present
Endocarp	Surrounds the seeds	Composed of dense cells
Number of seeds	1–3	Seed coat composed of thick-walled cells
Seed position	In the center of the fruit	Endosperm and embryo are well developed

The pericarp of the fruit in this species is entirely composed of parenchyma cells, which leads to the loss of both the dehiscence mechanism and the seed. The rudiments of the seed are distributed in groups of sclereids within the inner layers of the mesocarp parenchyma. As a result, the plant produces a syncarpous berry. By berry, we mean a fruit that lacks the sclerenchyma region in the pericarp. It should be noted that although the fruits of *Ligustrum vulgare* have evolved different-

ly from most other taxa in the genus, the number of developed seeds is reduced (one seed) (Table 5). The fruits of *Ligustrum ibota* represent the most primitive structure within the genus *Ligustrum* L., whereas the fruits of *Ligustrum vulgare* are the most developed. This view is also supported by several researchers [4, p.8-13; 8, p.360-377].

#### **Tribe *Oleeae* Hoffmanns. & Link ex Dumort, 1827 – *Oleeae* tribe**

This tribe, which includes 12 genera (such as *Forestiera*, *Olea*, etc.), differs from other tribes in terms of fruit formation and structure [9, p.125-131]. In the literature, the fruits of all genera within this tribe are generally described as stone fruits (*Olea europaea* type) [5, p.69-75]. However, this characterization can be considered inaccurate, as was also noted for taxa in the genus *Ligustrum*, because the main reason is that a stone fruit is actually an apocarpous fruit [17, p.59-67]. In fact, there are no taxa within the *Oleaceae* family that produce truly apocarpous fruits. This view is supported by several researchers in their studies [9, p.125-131].

**Table 6. Morphological and Anatomical Structure of Fruits of Some Species Belonging to the *Oleeae* Tribe**

<b>Taxon</b>	<b>Fruit Type</b>	<b>Fruit Shape</b>	<b>Pericarp Structure</b>	<b>Number of Seeds</b>	<b>Anatomical Features of the Fruit</b>
<i>Olea europaea</i>	Drupe (stone fruit)	Ovoid, fleshy mesocarp	Exocarp: thin epidermis; Mesocarp: parenchyma; Endocarp: lignified cells	1	Endocarp composed of lignified sclerenchyma cells
<i>Forestiera neomexicana</i>	Drupe (stone fruit)	Small, fleshy fruit	Exocarp: thin epidermis; Mesocarp: parenchyma; Endocarp: lignified sclerenchyma cells	1	Endocarp forms a hard protective lignified layer

The anatomical structure of fruits in the tribe *Oleeae* shows that the species within this tribe produce typical *Olea*-type drupaceous syncarp (pyrenaria) fruits (Table 6). Minor variations, such as the presence of isolated sclereids in the mesocarp parenchyma or radially elongated cells in the mesocarp parenchyma, do not significantly affect the overall pericarp structure. The presence of traces of a dehiscence mechanism in the inner mesocarp indicates the evolutionary transition from Forsythia-type capsule fruits to *Olea*-type drupaceous syncarp fruits.

Unlike taxa in the genus *Ligustrum*, representatives of the *Oleeae* tribe do not show intermediate forms that indicate sequential reductions in seed number [4, p.8-13; 9, p.125-131]. Within this tribe, the parenchymatous layers of the pericarp undergo complex development, which is closely associated with seed dispersal by animals [13, p.1-5]. Based on the data obtained on the fruits of *Oleeae*, their fruits can be considered more advanced compared to those of *Ligustrum* taxa. Among all genera in the *Oleeae* tribe, species of the genus *Forestiera* possess the most developed fruit characteristics, as no traces of a dehiscence mechanism are observed in their fruits.

#### **Genus *Fraxinus* L.**

The fruits of species in the genus *Fraxinus* L. have traditionally been classified as winged dry fruits (Table 7). As noted in the literature, these fruits are not only winged but also represent a fruit type in which lignification occurs in all histogenetic regions of the pericarp [15, p.287-298]. In the fruits of taxa within *Fraxinus*, lignification is observed primarily in the inner part of the mesocarp, where sclerenchyma cells are distributed in an organized pattern.

**Table 7. Anatomical structure of the pericarp of *Fraxinus excelsior***

Morphological Feature of the Fruit	Botanical Description of the Fruit
Fruit type	Winged dry fruit
Shape	Egg-shaped, flattened with one broad wing
Size (length)	2.5–4 cm
Number of seeds	1
Pericarp type	Thin and dry
Exocarp	Composed of a single layer of epidermal cells
Mesocarp	Mainly composed of parenchyma cells, sometimes with mechanical tissues
Endocarp	Protective layer of dense and thickened cells
Mechanical tissues	Sclerenchyma cells located in the winged part of the fruit
Winged part	Flattened and expanded section of the pericarp that helps the fruit stay in the air
Seed coat	Thin, providing strength to the seed coat
Dispersal type	By wind

Overall, the fruits of representatives belonging to the genus *Fraxinus* L. can be considered *Olea*-type syncarpous stone fruits; however, ash fruits do not exhibit all the characteristics of typical syncarpous stone fruits. There are several reasons to believe that the fruits of ash species evolved directly from *Olea*-type syncarpous stone fruits. The fruits of ash plants have acquired adaptations for wind dispersal (anemochory) [17, p.59-67; 19, p.287-298]. Specifically, in these taxa, the number of parenchyma and sclerenchyma layers in the pericarp has decreased, and the seed mass has been reduced from an evolutionary perspective [2, p.8-13]. From an evolutionary standpoint, these adaptations can be considered part of the general evolutionary trajectory of all fruits within the Angiospermae division.

*Fontanesia Labill.* – Species of this genus show fruit morphology and anatomy very similar to those of *Fraxinus*. Although some literature incorrectly describes their fruits as winged fruits, the fruits of *Fontanesia* species are actually *Olea*-type syncarpous stone fruits [5, p.77-81]. The fruits of this genus are elongated and oval, with a thin membranous wing along the lateral side of the fruit. Analysis has shown that species of *Fontanesia* and *Fraxinus* have evolved fruit structures that provide adaptations for dispersal, allowing their diaspores to remain airborne for extended periods [15, p.288-298].

**Table 8. Morphological and Anatomical Structure of the Fruit of *Fontanesia fortune***

Morphological Feature of the Fruit	Botanical Description of the Fruit
Fruit type	Indehiscent winged dry fruit
Fruit shape	Ovoid, flattened, with one side having a broad thin wing
Size (diameter)	1.5–3 cm
Color	Yellowish-brown
Number of seeds	1
Pericarp type	Thin and dry
Exocarp	Composed of thin epidermal cells
Mesocarp	Mainly composed of parenchyma cells, sometimes containing mechanical tissues
Endocarp	Thick cell layers surrounding the seed
Mechanical tissues	Sclerenchyma cells in the mesocarp and endocarp

Wing structure	Thin membranous wing formed by the expansion of the fruit's lateral side
Function	Wind dispersal

The main point here is that in most representatives of the Angiospermae, there is an increase in the number of pericarp layers and the development of fruit wings. In addition, it should be noted that in taxa of the genus *Fontanesia*, each ovary locule contains only one ovule, which indicates that the fruits of *Fontanesia* species have an independent origin and do not derive from *Forsythia*-type capsule fruits [5, p.234-238]. The fruits of taxa belonging to this genus are indehiscent winged dry fruits, each containing a single seed (Table 8). When mature, the fruits turn light or yellowish-brown. In *Fontanesia* fruits, the pericarp is mainly thin, and the mechanical tissues are weakly developed, primarily in the winged part of the fruit. The lignification process in the endocarp is weak.

Analysis of the literature shows that there is considerable variability in the terminology used to describe the fruits of taxa in the genus *Jasminum* L.. Some authors classify these fruits as capsules (dehiscent fruits) [7, p.1508-1513]. It should also be noted that the difference between the fleshy fruits of *Jasminum* and the capsule fruits of *Forsythia* is substantial, comparable to the difference between a capsule and a fleshy drupe.

On the other hand, some literature sources describe the fruits of *Jasminum* taxa as berries [4, p.8-13]. In general, there is a wide variety of opinions regarding the fruit structure and type within the *Oleaceae* family. The pericarp of *Jasminum* species is relatively thin and rarely exceeds 10 cell layers, but the seeds have a very thick sarcotesta (fleshy outer layer). Therefore, classifying these fruits as fleshy is not accurate [4, p.8-13]. Overall, the fruits of *Jasminum* taxa can be divided into two morphogenetic types, depending on whether they dry out or remain fleshy.

The dehiscent fruits of *Jasminum* are not *Forsythia*-type capsules but rather *Galanthus*-type capsules, because they lack the topographically distinct sclerenchyma zones in the pericarp that are characteristic of *Forsythia*-type capsules [4, p.8-13; 5, p.158-173]. In contrast, *Galanthus*-type capsules contain distinct sclerenchyma regions in the pericarp. Thus, the opening (dehiscence) of *Jasminum* fruits occurs as a result of mechanical forces acting on the pericarp tissues during fruit drying.

**Table 9. Morphological and anatomical structure of fruits of *Jasminum officinale***

Biological Characteristics	Botanical Description
Fruit type	Berry
Fruit shape	Elongated, oval
Fruit size	4–7 mm
Fruit color	Dark bluish-black
Pericarp structure	Thin and fleshy, weak mechanical tissue
Exocarp	Thin epidermis with waxy coating
Mesocarp	Slightly fleshy, parenchymatous
Endocarp	Slightly differentiated, weak lignification
Number of seeds per fruit	1–3
Seed shape	Ovoid
Fruit dehiscence	Indehiscent
Fruit dispersal	By birds
Position within Oleaceae family	Berry-type fruit

In species of the genus *Jasminum*, mechanical stress in the fruit is not associated with a distinct sclerenchyma region, but rather with the heterogeneity of the mesocarp parenchyma cells (Table 9). The presence of parenchyma cells of highly variable size and shape, as well as numerous cells with thickened but non-lignified walls in the fruit's dehiscence zone, ensures uneven compres-

sion of the pericarp during fruit drying, which in turn triggers its opening.

In general, taxa with dehiscent fruits have a clearly defined area in the pericarp that transforms into a dehiscence zone consisting of heterogeneous parenchyma. In indehiscent fruits, such a zone is usually absent, although clusters of cells with thickened walls and small parenchyma cells are present. The area of the pericarp with the highest concentration of such cells usually corresponds to the site of fruit opening.

It should also be noted that in *Jasminum* fruits, the pericarp from the distal (apical) to the median (ventral) region is very thin (3–5 cell layers), which is why these fruits rarely split in the middle. In contrast, in fully dehiscent fruits, opening occurs in the thickest pericarp region (10–15 cell layers).

Although the opening mechanism of fruits in other *Oleaceae* genera (e.g., *Forsythia*, *Syringa*) is based on similar principles, it is more complex and involves a clearly differentiated tissue zone (sclerenchyma) [2, p.1-34 ].

Fruits of *Jasminum* taxa that have lost their dehiscence capability are characterized by the absence of topographically distinct sclerenchyma zones in the pericarp, and in this regard, these fruits can be classified as *Psysena*-type nuts. These fruits are derivatives of *Galanthus*-type capsules [5, p.321-332]. Anatomically, *Psysena*-type nuts differ from *Galanthus*-type capsules by being composed of more uniform parenchyma cells, where the parenchyma is more clearly visible.

It can be inferred that both *Galanthus*-type capsules and *Psysena*-type nuts diverged from the ancestral *Forsythia*-type capsule forms at early stages of morphogenesis. Nevertheless, both *Galanthus*-type capsules and *Psysena*-type nuts are sufficiently specialized and evolutionarily advanced [5, p.159-170].

A comparative statistical analysis of the anatomical structure of fruits of taxa belonging to the studied genera within the family *Oleaceae* is presented in Table 10.

**Table 10. Comparative statistics of the anatomical structure of fruits of taxa belonging to the family *Oleaceae***

Genus	Cell diameter (µm)	Exocarp cell size (µm)	Exocarp thickness (µm)	Mesocarp thickness (µm)	Endocarp thickness (µm)	Seed coat thickness (µm)	Total number of layers (average)
<i>Olea</i> L.	26,5±2,9	27,5±3,0	25 ± 2,8	2750±300	1650±180	200±21,8	27±2,9
<i>Fraxinus</i> L.	23±2,5	24±2,6	18 ± 2,0	1400±150	108 ± 12	130±15	26±2,8
<i>Syringa</i> L.	30±3,2	22±2,4	15 ± 1,6	550±60	100±11	100±11	19±2,0
<i>Ligustrum</i> L.	35±3,8	31±3,3	22 ± 2,4	400±44	96 ± 11	185±21	14±1,5
<i>Jasminum</i> L.	22±2,4	24±2,6	20 ± 2,1	800±87	75 ± 9,0	85±9	17±1,8
<i>Forsythia</i> Vahl	28±3,0	22±2,4	17 ± 1,8	1000±105	108 ± 12	115±13	13±1,4
<i>Fontanesia</i> Labill.	25±2,7	26±2,8	16 ± 1,7	475±52	50±5,4	130±15	11±1,2

As shown in Table 10, the thickest exocarp was observed in taxa belonging to the genus *Olea*. The relatively thick exocarp in these taxa indicates a strong protective function of the fruit. Increased mesocarp and endocarp thickness were also recorded in representatives of the genus *Olea*, a characteristic typical of fleshy drupaceous fruits. The well-developed endocarp provides effective protection of the seed against mechanical damage in members of this genus.

A comparative analysis of seed coat thickness across the studied genera revealed that taxa belonging to *Olea* again exhibited the highest values, whereas the lowest seed coat thickness was recorded in *Jasminum* and *Syringa*. These findings indicate that fruits of *Olea* taxa within the *Olea*-

*ceae* family are distinguished from other genera by a more highly differentiated and thicker pericarp. The lowest total number of tissue layers was observed in representatives of the genera *Fontanisia* and *Forsythia*.

### Conclusion

- Four morphogenetic fruit types were identified among the taxa of the studied genera within the *Oleaceae* family, namely pome fruits, berries, capsule fruits, and winged fruits;
- The formation of morphogenetic fruit types is closely associated with ovary structure, while pericarp differentiation occurs in different developmental directions;
- Fruit modifications in the studied taxa are influenced by ecological factors;
- Morphogenetic characteristics of the fruits reflect phylogenetic relationships among taxa;
- Statistical analyses confirm the reliability and validity of the obtained results.

In conclusion, the morphogenetic fruit types and their modifications within the *Oleaceae* family exhibit a high degree of diversity, which is determined by morphological-anatomical, ecological, and evolutionary factors. Fruit structural characteristics possess significant diagnostic value for determining the systematic position of taxa.

### References

1. Abbasova S.A. Iskender E.O Fruiting characteristics of *Pyrus L.* species distributed in the northeastern part of the Greater Caucasus in in situ and ex situ conditions Nakhchivan State University Scientific Works Natural and Medical Sciences Series, 2020, No. 3(104) pp.71-74
2. Alexey V. F. Ch. Bobrov & Mikhail S. Romanov Morphogenesis of fruits and types of fruit of angiosperms Botany Letters, Volume 166, 2019 - Issue 3 p.1-34
3. Barykina, R. P., Veselova, T. D., Devyatov, A. G., et al. Handbook of botanical microtechnics. Fundamentals and methods. - Moscow: Moscow State University, 2004. - 312 p.
4. Balkrishna Ghimire, Mi Jin Jeong, Gang Uk Suh, Kweon Heo and Cheul Ho Lee Seed morphology and seed coat anatomy of *Fraxinus*, *Ligustrum*, and *Syringa* (Oleaceae: *Oleaceae*) and its systematic implications Nordic Journal of Botany 2018- p.8-13
5. Bobrov A.V., Melikian A.P., Romanov M.S. "The Morphogenesis of Magnoliophyta's Fruit". (In Russian). 2009. 400 c.
6. Dong W, Li E, Liu Y, et al. Phylogenomic approaches untangle early divergences and complex diversifications of the olive plant family. BMC Biology 2022,20: 92.p.4-25
7. Dupin J, Raimondeau P, Hong-Wa C, Manzi S, Gaudeul M, Besnard G. Resolving the phylogeny of the olive family (*Oleaceae*): confronting information from organellar and nuclear genomes. Genes (Basel) 2020, 11: 1508-1513
8. Dupin J, Hong-Wa C, Pillon Y, Besnard G.. From the Mediterranean to the Pacific: re-circumscription towards *Notelaea s.l.* and historical biogeography of a generic complex within *Oleinae* (*Oleaceae*). Botanical Journal of the Linnean Society 2022, 200: 360–377.
9. Filonenko, A. V., and A. V. Bobrov. "Comparative Carpology of the Representatives of the Genera *Olea*, *Chionanthus* and *Noronhia* (*Oleaceae*)." Bulletin Glavnogo Botanicheskogo Sada 2011,197: 125–131
10. Ha YH, Kim C, Choi K, Kim JH. Molecular phylogeny and dating of *Forsythieae* (*Oleaceae*) provide insight into the Miocene history of Eurasian temperate shrubs. Frontiers in Plant Science 2018, 9: 99.p.
11. Hong-Wa C, Dupin J, Frasier C, Schatz GE, Besnard G. Systematics and biogeography of *Oleaceae* subtribe *Schreberinae*, with recircumscription and revision of the Malagasy members. Botanical Journal of the Linnean Society 2023, 202: 476–509.
12. Iskenderov E.O. Evaluation of the prospects for the introduction of rare and endangered tree species of the Caucasus in the conditions of Absheron // Bulletin of the Main Botanical Garden, Moscow: 1993, issue 168, pp. 8-11.
13. Jafarzadeh Sabina, Iskender Elman Comparative study of pollen morphology and fertility in

- Pyrus L. species under in situ and ex situ conditions in Greater Caucasus, Azerbaijan International Scientific Forum “Modern Trends in Sustainable Development of Biological Sciences” (IFBioScFU 2024) 08 April 2024- p. 1-5
14. Julia, Dupin , Cynthia Hong-Wa , Myriam Gaudeul , Guillaume Besnard Phylogenetics and biogeography of the olive family (Oleaceae) *Annals of Botany*, Volume 134, Issue 4, 2024, Pages 577–592
  15. Semenova L.G., Dobrenkov E.A. Anatomical structure of peduncles of different-quality fruits of stone fruits and berry crops. Maikop experimental station, branch of the Federal Research Center of the All-Russian Institute of Plant Genetic Resources. 2019, pp. 19-23
  16. Süngü Seker, S. Akbulut, M.K.; Senel, G. Pericarp anatomy and surface micromorphology of some orchids in the Black Sea Region. *Anatol. J. Bot.* 2020, 4, 69–75
  17. Vetlugina, T. G. Anatomy of the bark of some species of *Ligustrina* Rupr. and *Syringa* L. and its taxonomic significance // *Bulletin of MOIP. Separate Biol.* - 2000. - Vol. 105, Issue 2.- p 59-67
  18. Wallander, E., Albert V., Victor A. "Phylogeny and classification of Oleaceae based on rps16 and trnL-F sequence data". *American Journal of Botany*. 2000, 87 (12): 1827–1841. 4 yerinə
  19. Wu MX, Huang J, Su T, Zhou ZK, Xing YW. *Fraxinus* L. (Oleaceae) fruits from the Early Oligocene of Southwest China and their biogeographic implications. *Fossil Imprint* 2021, 77: 287–298
  20. Zaitsev, G.N. *Mathematical statistics in experimental botany.*/ G.N. Zaitsev. - M.: Nauka, - 1984. -419 pp.

## OLEACEAE FƏSİLƏSİNƏ AİD TAKSONLARIN MEYVƏLƏRİNİN MORFOGENETİK TİPLƏRİ VƏ MODİFİKASIYALARI

Leyla Mustafayeva  
Bahar Məmmədova  
Səbinə Cəfərzadə  
Gülnar Məsimzadə  
Elman İsgəndər

Mərkəzi Botanika Bağları Publik Hüquqi Şəxs  
Ekologiya İnstitutu, Azərbaycan Müdafiə Sənayesi Nazirliyinin Milli Aerokosmik Agentliyi  
Qarabağ Universiteti  
Molekulyar Biologiya İnstitutu Publik Hüquqi Şəxs  
Botanika İnstitutu Publik Hüquqi Şəxs, Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi

### Xülasə

Tədqiqat işində *Oleaceae* fəsiləsinin 8 cinsinə aid müxtəlif taksonların meyvələrinin morfoqenetik tipləri və şəkildəyişmələri tədqiq olunmuşdur. Tədqiqat zamanı *Oleaceae* fəsiləsinə aid fərqli cinslərin morfoqenetik meyvə tiplərini fərqləndirmək üçün əsas göstərici kimi perikarpın müxtəlif histogenetik sahələrdə ligninləşmiş toxumaların lokalizasiyası olmuşdur. Məlum olmuşdur ki, tədqiq olunan növlərdə dörd meyvə tipinin (çəyirdəkli meyvə- *Forestiera*, *Olea*; qanadlı quru meyvə- *Fraxinus*, *Fontanesia*; qutucuq meyvə- *Syringa*, *Ligustrum*, *Forsythia*; giləmeyvə- *Jasminum*) olduğu müəyyən edilmişdir. Tədqiqat işində *Oleaceae* fəsiləsinə aid tədqiq olunan cins nümayəndələrində olan meyvələrinin perikarpında mexaniki toxumaların yerləşməsi, toxumanın perikarpda yerləşdiyi yer və əhəmiyyəti öyrənilərək əsərdə öz əksini tapmışdır. Tədqiqat zamanı *Forsythia* cinsinə aid növlərin meyvələrində mexaniki toxumaların yalnız meyvə yarpaqlarının mezofili daxilində inkişaf etdiyi, parenxim hüceyrələri isə endokarpı formalaşdırdığı müəyyən olunmuşdur. Ümumiyyətlə aparılan təhlillər onu göstərmişdir ki, *Oleaceae* fəsiləsi içərisində

*Forsythia* tipli meyvəni əcdad kimi qeyd etmək olar. *Oleaceae* tribasına aid taksonların meyvələrinin anatomik quruluşu onu göstərmişdir ki, bu tribaya aid bitki növlərinin meyvələri tipik *Olea* tipli çəyirdəkli senokarp meyvələrdir. Tədqiqat zamanı müəyyən edilmişdir ki, *Jasminum* cinsinə aid növlərdə bitkilərinə mexaniki stres, fərqli bir sklerenxim bölgəsinin olması ilə deyil, mezokarp parenxim hüceyrələrinin heterogenliyi ilə əlaqədardır.

**Açar sözlər:** Oleaceae, meyvə, modifikasiya, morfoqenetik tip, karpologiya, perikarp

## МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ И МОДИФИКАЦИИ ПЛОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ТАКСОНОВ СЕМЕЙСТВА OLEACEAE

Лейла Мустафаева  
Бахар Маммадова  
Сабина Джафарзаде  
Гульнар Масимзаде  
Эльман Искендер

Центральный ботанический сад (государственное юридическое лицо)

Институт экологии, национальное аэрокосмическое агентство министерства оборонной  
промышленности Азербайджана  
Карабахский университет

Институт молекулярной биологии (государственное юридическое лицо), министерство науки  
и образования Азербайджанской Республики

Институт ботаники (государственное юридическое лицо), министерство науки и образования  
Азербайджанской Республики

### Аннотация

В исследовании изучались морфогенетические типы и морфологические изменения плодов различных таксонов 8 родов семейства *Oleaceae*. В ходе исследования локализация одревесневших тканей в различных гистогенетических областях перикара являлась основным показателем для различения морфогенетических типов плодов разных родов, принадлежащих к семейству *Oleaceae*. Известно, что у изученных видов было определено четыре типов плодов: косточковый плод - *Forestiera*, *Olea*; крылатый сухой плод - *Fraxinus*, *Fontanesia*; коробочка - *Syringa*, *Ligustrum*, *Forsythia*; ягоды - *Jasminum*. В ходе исследования изучалось и отражалось в работе расположение механических тканей в перикарпии плодов представителей изучаемых родов семейства *Oleaceae*, а также местоположение и значение тканей в перикарпии. В ходе исследования было установлено, что у плодов видов рода *Forsythia* механические ткани развиваются только в мезофилле листьев плода, тогда как паренхимные клетки образуют эндокарп. В целом, проведенные анализы показали, что плод типа *Forsythia* можно считать предком в семействе *Oleaceae*. Анатомическое строение плодов таксонов, принадлежащих к трибе *Oleae*, показало, что плоды видов растений, принадлежащих к этой трибе, представляют собой типичные ксенокарпные плоды с семенами типа *Olea*. В ходе исследования было установлено, что механическое напряжение у растений видов рода *Jasminum* обусловлено не наличием четко выраженной склеренхимной области, а гетерогенностью паренхимных клеток мезокарпа.

**Ключевые слова:** Oleaceae, плод, модификация, морфогенетический тип, карпология, перикарп

Daxil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

YOT 581.6: 615 + 575.24

## ÇAY BİTKİSİ (*CAMELLIA SINENSIS* (L.) KUNTZE) POPULYASIYALARINDA GENETİK MÜXTƏLİFLİK VƏ ONUN EDAFİK-İQLİM AMİLLƏRİ İLƏ ƏLAQƏSİ

dosent, Məmmədhüseyn Hüseynov  
professor, Aziz Eftekhari  
dosent, Elvin Əliyev  
Lənkəran Dövlət Universiteti  
Türkiyə Respublikası Ege Universiteti  
Lənkəran Dövlət Universiteti  
mamed.h@mail.ru  
eftekhari.aziz@gmail.com  
elvinaliyev1989@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-2551-4732>  
<https://orcid.org/0000-0003-0274-4479>  
<https://orcid.org/0000-0003-3755-5846>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1137>

### Xülasə

Tədqiqat işində Lənkəran-Astara bölgəsində becərilən çay bitkisinin (*Camellia sinensis* (L.)Kuntze) sort və formalarında genetik müxtəlifliyin yaranmasına edafik və iqlim amillərinin təsiri öyrənilmişdir. Edafik və iqlim şəraiti birbaşa - torpaq və iqlim amillərinin çay populyasiyalarında genetik quruluşu, allel tezliklərini, adaptiv xüsusiyyətləri və genotiplər arasında diferensiasiyayı formalaşdırmaqla və ya dolayısı ilə isə bitki-torpaq mikrobiomu və biotik proseslər vasitəsilə genetik müxtəlifliyi formalaşdırır. Çay bitkisinin (*Camellia sinensis* (L.)Kuntze) sort və formalarında molekulyar markerlərdən istifadə edilərək genetik müxtəlifliyi öyrənilmişdir. Genetik müxtəliflik seleksiya üçün baza olmaqla yanaşı, populyasiyaların çevikliyini və ətraf mühit dəyişikliklərinə dözümlülüyünü müəyyən edir. Genetik müxtəlifliyi öyrənmək üçün seleksiya işində molekulyar markerlərdən istifadə nəticə etibarlı ilə daha effektivdir. Molekulyar marker sistemləri arasında RAPD (Randomly Amplified Polimorphic DNT) markerləri genetik müxtəlifliyin aşkarlanması və filogenezin təhlili üçün ən çox istifadə edilən üsuldur. Molekulyar marker sistemləri arasında RAPD markerləri sürəti, sadəliyi və genetik müxtəlifliyin aşkarlanması və filogenezin təhlil üçün ən çox istifadə edilən üsuldur. Bu tədqiqatda RAPD markerləri ilə filogenetik analizlər göstərdi ki, genom səviyyəsində tədqiq olunan çay genotipləri arasında yüksək genetik diferensiasiya var.

**Açar sözlər:** *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, biokimyəvi və molekulyar markerlər, edafik amillər, iqlim, genetik müxtəliflik

### Giriş

Çay bitkisi (*Camellia sinensis* (L.)Kuntze) dünya üzrə iqtisadi və mədəni əhəmiyyətə malik, həmçinin yüksək fenotipik və genetik variasiya nümayiş etdirən bitkidir. Genetik müxtəliflik seleksiya üçün baza olmaqla yanaşı, populyasiyaların çevikliyini və ətraf mühit dəyişikliklərinə dözümlülüyünü müəyyən edir. Çay bitkisi dünya əhalisinin təxminən 70%-i tərəfindən istehlak edilir [4, 8]. Tədqiqat işinin məqsədləri: Lənkəran-Astara bölgəsində becərilən çay yetişdirilməsinə təsir edən edafik şəraiti və iqlim dəyişənlərini xarakterizə etmək; seçilmiş sortlar arasında əsas artım parametrlərini və məhsuldarlıq fərqlərini müəyyən etmək; RAPD molekulyar markerlərdən istifadə edərək genetik müxtəlifliyi qiymətləndirmək.

Azərbaycanın cənub bölgəsinə intraduksiya olunmuş çay bitkisi bölgənin iqtisadiyyatında mühüm rol oynayır [5, 2]. Xarici mühitin dəyişən şəraitinə qarşı çox həssas olan çay bitkisinin (*Camellia sinensis* L.) genetik müxtəlifliyinin qiymətləndirilməsi və onlara istinad edərək genofondunun öyrənilməsi zəruri olan ilk addımlardan biridir [7]. Tədqiqatlar Lənkəran-Astara bölgəsində Kənd Təsərrüfatı Nazirliyinin Meyvəçilik və Çayçılıq Elmi tədqiqat İnstitutu Lənkəran Elmi Təcrübə Bazasının təcrübə sahəsində becərilən Fərmançay 1/73, Lənkəran 2/17, Xəzər 3/341, S/S-11, S/S-13, S/S-14, S/S-15, S/S-18, S/S-19, Kolxida və Çəhrayı 4/44 çay genotipləri üzərində aparılmışdır. Çay (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) subtropik və tropik bölgələrdə becərilən iqtisadi cəhətdən ən qiymətli çoxillik bitkilərdən biridir. Bitkinin temperatur, rütubət, torpağın turşuluğu və yağıntı normaları kimi ətraf mühit parametrlərinə həssaslığı onu iqlim və edafik şəraitin etibarlı bioindikatoruna çevirir. Azərbaycanda çay becərilməsi son vaxtlar yenidən strateji əhəmiyyət kəsb edərək torpaqlardan davamlı istifadəyə, genetik təkmilləşdirməyə və aqroekoloji optimallaşdırmaya marağın yenidən artmasına səbəb olub. Çayın məhsuldarlığı və keyfiyyəti təkcə genetik mənsubiyyətlə deyil, həm də edafik və iqlim uyğunluğu ilə tənzimlənir. Optimal böyümə adətən yüksək üzvi maddələrə və adekvat makro və mikroelementlərə malik turşu torpaqlarda baş verir. Yersiz gübrə tətbiqi, xüsusilə ammonium əsaslı mənbələr torpağın pH-nı optimal səviyyədən aşağı sala bilər, kök inkişafına və qida maddələrinin udulmasına mənfi təsir göstərir. Buna görə də, dəqiq aqrokimyəvi profiləşdirmə və torpağın idarə edilməsi strategiyaları çayın uzunmüddətli davamlılığı üçün vacibdir. Bundan əlavə, çay bitkiləri tumurcuqların gücünü və ikincil metabolit sintezini qorumaq üçün sabit rütubətə və vegetativ dövr ərzində bərabər paylanmış yağışa ehtiyac duyur. Aparığımız tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, çay genotipləri arasında genom səviyyəsində genetik fərqlənmə var [3, 6, 7].

Tədqiqat obyektlərində genetik müxtəlifliyinin qiymətləndirilməsi üçün RAPD markerlərindən istifadə edilmiş, polimorfizmin mövcudluğunun orta hesabla 52% və 93% arasında dəyişdiyi müəyyən edilmişdir. Test edilən genotiplər arasındakı genetik oxşarlıq isə 0.440 ilə 0.815 arasında dəyişmiş və ortalama 0.508-yə bərabər olmuşdur. Eyni zamanda əldə edilən nəticələr genetik oxşarlığı aşağı olan (0.443) sort (Fərmançay 1/73 və "Lənkəran") və formaların ("S/S-11" və "S/S-18") morfoloji xüsusiyyətləri ilə, genetik oxşarlığı yüksək olan (0.816) sort Fərmançay 1/73 və "Xəzər 3/341" və formaların ("S/S-13", "S/S-14", "S/S-15") morfoloji xüsusiyyətləri və keyfiyyət göstəriciləri arasında korelyativ əlaqənin olmasını göstərdi. Yerli sortlar arasında genetik müxtəlifliyin tədqiqi, iqtisadi cəhətdən daha qiymətli sortların müəyyən edilməsi mövzusu həmişə aktuallığı ilə diqqəti cəlb edir və bu istiqamətdə tədqiqatlara geniş yer verilir.

#### **Material və metodika**

Tədqiqat işləri 2020-2022-ci illərdə Çayçılıq Elmi Tədqiqat İnstitutu Lənkəran Elmi Təcrübə Bazasının təcrübə zonasında becərilən çay bitkisinin (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) müxtəlif sort və forma üzərində aparılmışdır. İlk dəfə Lənkəran-Astara bölgəsinə intraduksiya olunmuş, xarici mühit amillərinin təsirinə həssas olan çay bitkisinin (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) müxtəlif sort, forma və klonların genetik müxtəlifliyin yaranmasına edafik və iqlim amillərinin təsirini öyrənmək üçün RAPD markerlərindən istifadə edilmişdir [7].

Çay genotiplərinin yarpaqlarından genom DNT-nin ayrılması modifikasiya olunmuş CTAB protokolu (72) əsasında, bəzi modifikasiyalar etməklə aşağıdakı mərhələlərdə aparılmışdır. Bitki toxuması (0,5 qram) - cavan yarpaqlar həvəngdəstədə maye azotda açıq-yaşıl rəngli toz halına düşüncə döyülür və cəld eppendorf tüblərə yığılır; hüceyrələrin lizisini həyata keçirmək üçün eksperimentdən bilavasitə əvvəl hazırlanmış CTAB ekstraksiya buferi (2% CTAB, 0.1 M Tris HCl, pH 8.0), 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA) və merkaptotanol qarışığı (2 ml CTAB buferi : 4 ml merkaptotanol nisbətində qarışdırılmış) su hamamında 65°C qədər qızdırılır və hər tübə 1 ml həcmində əlavə edilir, cəld və yaxşıca qarışdırılır; tüblər su hamamında 65°C şəraitində 30 dəq inkubasiya edilir; nümunələri otaq temperaturuna qədər soyudub (22-24°C) 0,4 ml xloroform əlavə edib, yaxşıca qarışdırmaq və yenidən su hamamında 10 dəq. müddətində 65°C şəraitində vaxtaşırı qarışdırmaqla inkubasiya etmək; tüblər 14000 g sürətlə 10-15 dəq müddətində sentrifüqasiya edilir;

çöküntünün üzərində olan su fazası götürülür və tərkibində olan DNT-ni çökdürmək üçün üzərinə ~bərabər həcmdə (0,6 ml) izopropanol spirti əlavə edilir; DNT preparatı çökür və maye içərisində olan pambıq lifi şəklində müşahidə edilir. Çökmüş DNT-ni digər tübə keçirib üzərinə 70%-li etanol əlavə etməklə vortex-də qarışdırmaqla çöküntünü yuyuruq (prosedur 2 dəfə təkrar olunur). CTAB spirtə həll olur, DNT isə çökür; qurudulmuş DNT nümunələri 300 mkl TE buferi (Tris-HCl 10 mM pH 7,8; EDTA 1 mM) və ya ddH<sub>2</sub>O-da həll edilir. Həll olmuş DNT-ni -20°C-də saxlayırıq.

DNT yarpaqlardan və 3 təkrarda ekstraksiya olunub.

*DNT-nin miqdarının və təmizlik dərəcəsinin spektrofotometrik yolla təyini*

Bitkilərin yarpaqlarından ekstraksiya edilmiş DNT nümunələrinin qatılığı və təmizlik dərəcəsi Nanodrop 2000c (Thermo Scientific, ABŞ) spektrofotometrində təyin edilmişdir. PZR üçün yararlı olan DNT nümunələrinin optimal təmizlik dərəcəsi  $1,7 \leq OS_{260}/OS_{280} \leq 2$  təşkil edir. DNT-nin miqdarı təyin olunduqdan sonra PZR reaksiyasının aparılması üçün hər bir nümunə DNT-dən 20 nq/mkl qatılıqlı işçi məhlullar hazırlanmışdır.

PZR nəticələrini vizuallaşdırmaq üçün aqaroza gelində üfüqi elektroforez üsulundan istifadə edilmişdir. DNT fraqmentlərinin elektroforetik ayrılması etidium bromidlə boyanmış (0,5mkq/ml) 1,5%-li aqaroza gelində TAE buferində (TAE tərkibi: 40 mM Tris-asetat, 0,1 mM Na<sub>2</sub>EDTA, pH 8,0) aparılmışdır. Nümunələri gelin yuvacıqlarına daxil etməzdən əvvəl 15mkl PZR məhsulun üzərinə 3mkl rəngləyici məhlul (50% -li qliserol, 1% -li SDS, EDTA 0,1 M, 0,5 mq/ml bromfenol göyü) əlavə edilib qarışdırılır. Elektroforez 8 V/sm gərginlikdə, 1 saat ərzində aparılmışdır. DNT nümunələrinin vizuallaşdırılmasında və gelin şəklinin alınmasında GelDoc avadanlığından (Bio-Rad, ABŞ) istifadə edilmişdir.

Tədqiqatlar Lənkəran Elmi Təcrübə Bazasının təcrübə sahəsində becərilən S/S-11, S/S-13, S/S-14, S/S-15, S/S-18, S/S-19, Fərmançay 1/73, Kolxida, Lənkəran 2/17, Xəzər 3/341 və Çəhrayı 4/44 kimi on bir çay genotipi üzərində aparılmışdır [7].

#### **Nəticələr və onların müzakirəsi**

Tədqiqat işində Lənkəran-Astara bölgəsində becərilən çay bitkisinin (*Camellia sinensis* (L.)Kuntze) genetik müxtəlifliyinə edafik və iqlim amillərinin təsiri öyrənilmişdir.

Genomdan DNT CTAB metodundan istifadə etməklə seçilmiş sort və formaların yaşıl yarpaqlarından alınmışdır. Çıxarılan DNT steril ionlaşdırılmış suda həll edilmiş və sonra -20°C-də saxlanılmışdır. PSR üçün genom DNT-nin qatılığı və saflığı spektrofotometriya ilə müəyyən edilmişdir (Biotech, Epoch 5, USA). Daha sonra DNT nümunələri 20 nq/μL -ə qədər seyreltilmiş, tədqiq olunan çay genotiplərinin genetik müxtəlifliyini öyrənmək üçün 10 müxtəlif RAPD primeri seçilmişdir. Tədqiqatda istifadə olunan RAPD primerləri Cədvəl 1-də verilmişdir.

**Cədvəl 1.**

#### **RAPD markerləri tərəfindən yaradılan əsas ardıcılıqlar və genetik variasiya parametrləri**

Primer	Sequence (5'–3')	TAB	NPB	PPB	PIC	EMR	MI
OPA-09	GGGTAACGCC	15	13	86.67	0.510	4.98	3.09
OPA-16	AGCCAGCGAA	10	9	90.00	0.569	6.56	3.73
OPA-18	AGGTGACCGT	16	13	81.25	0.891	9.56	8.52
OPA-19	CAAACGTCGG	8	4	50.00	0.489	3.96	2.98
OPAB-04	GGCACGCGTT	18	15	83.33	0.989	10.12	10.00
OPAB-05	CCCGAAGCGA	10	8	80.00	0.612	5.92	3.62
OPAB-07	GTAAACCGCC	9	8	88.89	0.524	5.94	3.11
OPAB-09	GGGCGACTAC	11	10	90.91	0.885	6.82	6.03
OPAB-18	CTGGCGTGTC	20	19	95.00	0.968	10.12	9.80
OPAB-19	ACACCGATGG	15	14	93.33	0.936	8.86	8.29
Total	–	132	113	–	–	–	–
Minimum	–	8	4	50.00	0.489	3.96	2.98
Maximum	–	20	19	95.00	0.989	10.12	10.00
Mean	–	13.20	11.30	83.94	0.737	7.28	5.92

TAB - ümumi gücləndirilmiş zolaqlar; NPB—polimorf zolaqların sayı; PPB-polimorf zolaqların faizi; PIC-polimorfizm məlumat məzmunu; EMR-effektiv multipleks nisbəti; MI - marker indeksi.

PIC, EMR və MI kimi marker göstəricilərinin yüksək qiymətlərə malik olması istifadə olunan markerlərin informativliyinin və effektivliyinin yüksək olduğunu göstərir. Xüsusilə, yüksək PIC dəyəri markerin polimorfizm səviyyəsinin yüksək olduğunu və genotiplər arasında fərqlərin daha dəqiq aşkar edildiyini ifadə edir. EMR və MI göstəricilərinin yüksək olması isə markerlərin çoxsaylı polimorf lokusları effektiv şəkildə aşkar etmək qabiliyyətini və ümumi diaqnostik gücünü əks etdirir. Bu baxımdan, qeyd olunan göstəricilərin yüksək olması istifadə olunan markerlərin nümunələrin identifikasiyası, genetik müxtəlifliyin qiymətləndirilməsi və seleksiya proqramlarında perspektivli genotiplərin seçilməsi üçün daha əlverişli və etibarlı olduğunu təsdiqləyir.

Genotiplər arasında fərq 0,32 ilə 0,84 arasında dəyişmişdir. Bütün 11 genotip üzrə orta oxşarlığın 0,56 olduğu müəyyən edilmişdir ki, bu da bütün genotiplərin bir-biri ilə orta dərəcədə fərqləndiyindən xəbər verir. Oxşarlığın maksimum dəyəri 0,83 qiymətlə S/S -19 və Çəhrayı 4/44 genotipləri arasında, 0,79 oxşarlıq əmsali ilə S/S -13 və Çəhrayı 4/44 arasında müşahidə edilmişdir. S/S -14 və Xəzər 3/341 genotipləri arasında oxşarlıq indeksi 0,32 olaraq ən uzaq genotiplər kimi qiymətləndirilmişlər.

Molekulyar məlumatların ekoloji kontekstlə inteqrasiyası regionda çayın genetik ehtiyatlarının uyğunlaşma qabiliyyəti və uzunmüddətli davamlı istifadəsini təmin edir. Respublikamızda çay bitkisinin inkişafı üçün böyük iqtisadi potensiala malik təbii şəraiti ən əlverişli olan bölgə Lənkəran iqtisadi rayonudur. Həmçinin Lənkəran bölgəsi respublika üzrə əhalinin torpaqla ən az təmin olunduğu zonalardan da biridir. Bu baxımdan bölgənin torpaq fondundan səmərəli istifadə problemi, onun çay, sitrus və digər bitkilərin təyinatları üzrə düzgün bölüşdürülməsi indiki şəraitdə aktuallaşmışdır [1]. Məlumdur ki, hər bir mədəni bitkinin özünün bioloji xüsusiyyətindən asılı olaraq müəyyən torpaq və iqlim şəraitinə tələbkarlığı fərqlidir. Torpağın mühitinə, mexaniki tərkibinə, şorlaşmasına, bataqlaşmasına, nəmlik dərəcəsinə və başqa xüsusiyyətlərinə hər bitkinin münasibəti eyni deyildir. Çay bitkisinin tələbatına uyğun torpaq sahəsinin seçilib müəyyən edilməsi, torpaqdan asılı olaraq əkin sahəsinin seçimi, onun becərilməsi, yararlı şəkildə istifadəyə verilməsi kənd təsərrüfatında xüsusi əhəmiyyətə malikdir. Xüsusən çoxillik bitkilərin, eləcə də çay plantasiyalarının salınmasında torpaq sahələri düzgün ayrılmalıdır [1]. Lənkəran bölgəsində yayılmış torpaq tiplərinin mürəkkəb xüsusiyyətlərinin və həcmnin, çay və sitrus bitkilərinin torpağa olan tələbatının müxtəlifliyini nəzərə alaraq yeni torpaq sahələrinin əkin dövrünə daxil edilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir [2]. Çay bitkisi yalnız müəyyən istilik və rütubət şəraitində böyüyür və inkişaf edir. Çünki, onun vətəni rütubətli subtropik və tropik ölkələridir. Ona görə də bu bitkinin bioloji və vegetativ xüsusiyyətləri adi bitkilərdən çox fərqlənir. Müşahidələr zamanı məlum olmuşdur ki, çay bitkisinin məhsuldarlığı havanın nisbi rütubətliliyi, quraqlığa davamlılıq dərəcəsi və quraq keçən aylarda yağışlı günlərin sayı ilə daha sıx korelyativ əlaqəlidir.

Genetik müxtəlifliyinə görə fərqlənən sort və formaların əkildiyi sahələrin torpaqlarının aqrokimyəvi xüsusiyyətləri (pH, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K və hümüs tərkibi) öyrənilmişdir. Çay bitkisi pH 4.5 ilə 6.0 arasında optimal böyümə göstərir. Torpağın pH-ı 4,5-dən turşu istiqamətinə və ya 6,0-dan qələvi istiqamətə dəyişdiyi zaman çay bitkisinin inkişafına mənfi təsir göstərir. Çayaltı torpaqlarımızda pH-ın əhəmiyyətli və arzuolunmaz şəkildə azalmasının əsas səbəblərindən biri də bu torpaqlarımızın birtərəfli və bol ammonium sulfat gübrəsi ilə gübrələnməsidir. Çay altına yalnız o torpaqlar yararlı sayılır ki, onların 80-100 sm dərinliyə qədər pH-4-6,5 və qurunt sularının səviyyəsi 100 sm-dən aşağı olsun [1]. Lənkəran-Astara bölgəsində çay plantasiyaları altına ilk növbədə sarı dağ-meşə torpaqları, sarı-podzollu torpaqlar və sarı-podzollu qleyli torpaqlar istifadə edilir. Tədqiq olunmuş çay sort və formaların becərildiyi məhsuldar çay sahəsinin (diaqram 1) və yeni salınmış çay sahəsinin torpaq (səthdən şaquli istiqamətdə müxtəlif dərinliklərdə (sm-lə) 0-20; 20-40;40-60;60-80;80-100) təhlili aparılmışdır.

**Diqram 1.**

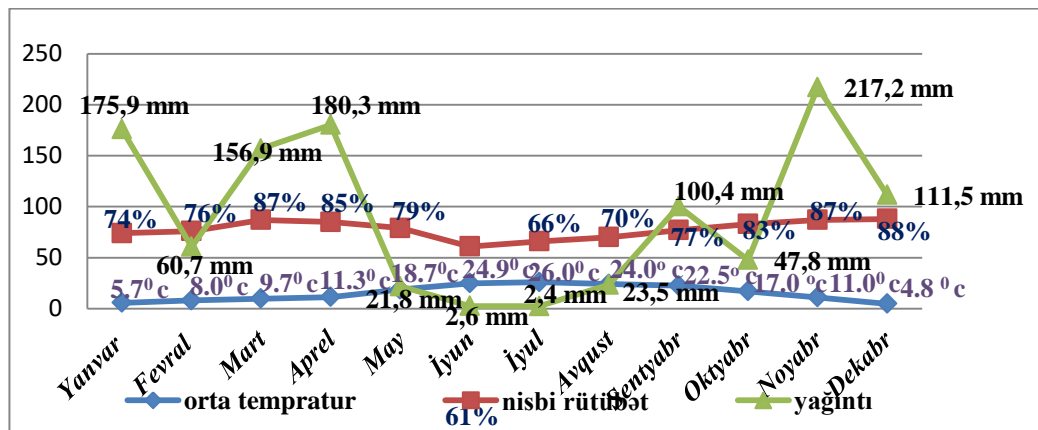
**Meyvəçilik və Çayçılıq Elmi Tədqiqat İnstitutunun Lənkəran Elmi Təcrübə Bazasının məhsuldar çay sahəsinin torpaq təhlili**

№	Torpaq qatları, sm	pH	Ümumi, %			Mənimsənilən qida maddələri, mq/kg			
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Humus	N/NH <sub>4</sub> udulmuş	N/NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mütəhərrik	K <sub>2</sub> O mübadiləvi
1	0-20	5,7	0,38	0,40	2,5	30,5	8,24	118,0	160,5
2	20-40	5,78	0,33	0,35	2,4	26,8	6,8	102,0	157,2
3	40-60	5,80	0,28	0,31	1,9	22,6	5,7	99,7	140,3
4	60-80	5,95	0,24	0,27	1,3	20,3	4,9	91,0	133,8
5	80-100	6,1	0,21	0,23	1,0	18,9	4,0	87,7	125,1

Çay plantasiyaları salınarkən yerin iqlim və torpaq şəraitinin analizi aparılmalıdır, eyni zamanda relyefini, dəniz səviyyəsindən hündürlüyünü və zərərli küləklərdən müdafiəsini bilmək lazımdır. Çay plantasiyalarından ötrü dəniz səviyyəsindən 600 m hündürlükdə olan bütün düzən sahələr və maililiyi 20 dərəcəyə qədər yamaclar yararlıdır [5]. Fenoloji müşahidələr məhsula düşmüş 7-8 illik çay kolları üzərində aparılmış, bu müddətdə bölgə ərazisində aylar üzrə havanın orta nisbi rütubətliliyi və aylıq yağıntı miqdarı haqqında rəsmi statistik məlumatlar Cənub Regional Hidrometeorologiya Mərkəzindən (CRHM) götürülmüşdür. Tədqiqat materialına aid bitkilərin quraqlığa davamlılığı fenoloji müşahidə metodlarından istifadə edilərək tədqiq edilmişdir. Aparılan müşahidələrdən məlum olmuşdur ki, orta illik yağıntının miqdarı 1200-1500 mm-dən və havanın nisbi rütubətliliyi 70-75%-dən yüksək olan ərazilərdə çay bitkisi normal böyüyüb inkişaf edir. Xüsusən çay bitkisinin vegetasiyasının zəruri mərhələsində yaz-yay aylarında (2020-2021-ci illərdə) illik yağıntının miqdarı və rütubətin faizi normadan aşağı olmuşdur (qrafik 1,2) [4]. Çay bitkisinin iqlim faktorları içərisində ən mühümləri: istilik, işıq, havanın rütubətliliyi, atmosfer çöküntüləri, külək sayılır [5]. Apardığımız müşahidələr göstərir ki, atmosfer yağıntılarının il boyu bərabər paylanmaması (1200-1300 mm-dən az), anormal istilər nəticəsində çay bitkisinin normal məhsul verməsi üçün lazım olan rütubətin (70-75%-dən az) çatışmaması, dəniz səviyyəsindən hündürlüyünün dəyişməsi məhsuldar forma-klonlarının genetik davamlılığını zəiflədir. Torpaq və havada su çatışmazlığı zərif zoğların boyatma qüvvəsini zəiflədir, yarpaqlar kobudlaşır və nəticədə məhsuldarlıq aşağı düşür [1]. Çay bitkisinin toplanmış yeni kolleksiya sahəsində genetik müxtəlifliyi öyrənilmiş S/S -11 və 4/44 Çəhrayı sort və formaları arasında genetik fərqlilik eyni zamanda onların bioloji xüsusiyyətlərində özünü göstərmişdir (Şəkil 1, 2).

**Qrafik 1**

**Lənkəran bölgəsində 2020-ci il ərzində orta aylıq yağıntı miqdarının (mm-lə), orta aylıq nisbi rütubətinin (%-lə) və orat aylıq tempratur göstəricilərinin müqayisəli qrafik təhlili**





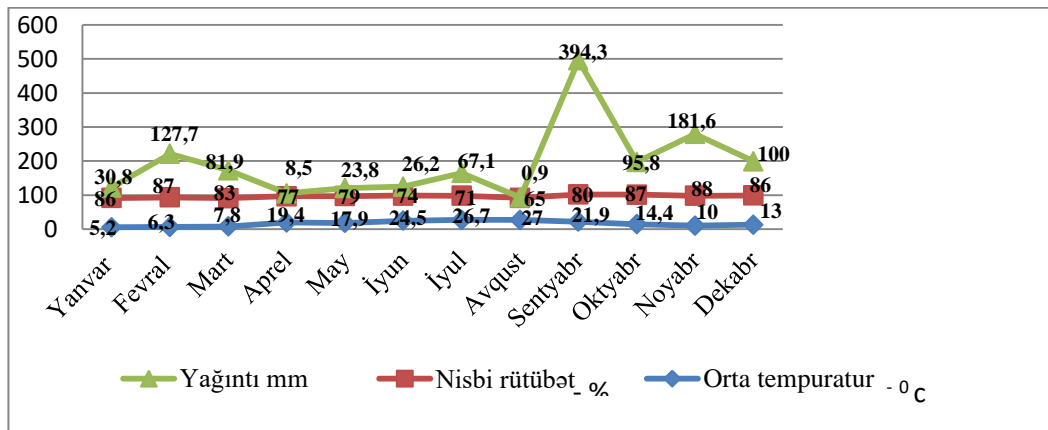
Şəkil 1. S/S-11



Şəkil 2. 4/44 Çəhrayı

## Qrafik 2

Lənkəran bölgəsində 2021-ci il ərzində orta aylıq yağıntı miqdarının (mm-lə), orta aylıq nisbi rütubətinin (%-lə) və orta aylıq temperatur göstəricilərinin müqayisəli qrafik təhlili



Müşahidələrimiz tədqiqat işində qarşıya qoyulan məqsədə uyğun olaraq aylar üzrə havanın rütubəti və ya quraq keçməsi nəzərə alınmaqla bitkinin vegetasiyası dövründə (ilın bütün aylarında) kolların tumurcuqlanma, zoğ əmələ gətirmə və boy atma kimi xüsusiyyətlər üzərində aparılmışdır. Rayonlaşmış “Azərbaycan-2” (nəzarət) ilə müqayisədə vegetasiyanın başlanması adətən aprel ayının əvvəllərinə təsadüf etdiyi halda, yeni rayonlaşdırılmış sortlar içərisində ən tez vegetasiya başlama-“Fərmançay 1/73”, “Lənkəran”, “Xəzər 3/341” “Fərmançay çəhrayı” sortlarında müşahidə edilmişdir. Qeyd olunan sortlar klon seleksiyası yolu ilə alınmışdır.

### Nəticə

1. Lənkəran-Astara bölgəsində çay bitkisinin mövcud sort və formaların genotiplərində fərqlilik ilə bioloji potensialları arasında korelyativ əlaqə mövcuddur.

2. Atmosfer yağıntılarının il boyu bərabər paylanmaması (1200-1300 mm-dən az), anormal istilər nəticəsində çay bitkisinin normal məhsul verməsi üçün lazım olan rütubətin (70-75%-dən az) çatışmaması, dəniz səviyyəsinin hündürlüyünün dəyişməsi məhsuldar sort və formaların genetik davamlılığını zəiflədir.

3. Edafik və iqlim şəraitinin birbaşa təsiri populyasiyalar arasında genetik fərqlərin yaranmasına səbəb olan prosesləri sürətləndirir.

### Ədəbiyyat

1. Babayev X., (2018). Azərbaycanın Lənkəran zonasında çayayararlı torpaqların seçilməsi və onlardan səmərəli istifadə edilməsi. Lənkəran Dövlət Universitetinin Elmi Xəbərləri, № 1. s.33-39
2. Əhmədov Ə-C.İ. (2010). Azərbaycan çayı. Monoqrafiya. Bakı, ADİU-nin nəşriyyatı, 170 s

3. Hüseynov M.B., (2020) Lənkəran-Astara bölgəsində becərilən çay bitkisinin spontan mutagenizasiya zamanı xromosom dəyişmələrinin tezliyi. Azərbaycan Respublikası, Odlar Yurdu Universitetinin Elmi və Pedaqoji Xəbərləri, Bakı, № 56, s. 295-301
4. Hüseynov M.B., (2022). Lənkəran-Astara bölgəsində becərilən çay bitkisinin genetik müxtəlifliyi və seleksiyası. Pedaqoji Universitetinin Xəbərləri, Riyaziyyat və Təbiət elmləri seriyası., C.70, № 4, s.105-114
5. Quliyev F.A., Məmmədov C.Ş., Abdullayev F.M, (2012). Azərbaycanda çayın (*Camellia sinensis* L.) becərməsinin elmi-praktik əsasları. Bakı. s.333
6. Arefin M.R., Sabibul H.M. (2024). t.al. Characterization and Genetic Diversity of Tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) Genotypes for Waterlogging Tolerance. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*. December. 93 (12):3411-3442 DOI:[10.32604/phyton.2024.058893](https://doi.org/10.32604/phyton.2024.058893)
7. Huseynov M.B., Suleymanova Z.C., Ocaqi C., Mammadov A. (2020). Ch. Molecular phylogeny of Azerbaijan tea (*Camelliasinensis* (L.) genotypes by using RAPD markers. *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates:abstracts of the 2<sup>nd</sup> International Scientificand Practical Internet Conference*, August17-18, pp.149
8. Karak, T., and Bhagat, R.M., (2010). Trace Elements in Tea Leaves, Made Tea and Tea Infusion: A Review, *Food Research International*, vol. 43, pp. 2234–2252.

### THE IMPACT OF EDAPHIC AND CLIMATIC FACTORS ON THE GENETIC DIVERSITY OF THE TEA PLANT (*CAMELLIA SINENSIS* (L.) KUNTZE)

Mammadhuseyn Huseynov  
Aziz Eftekhari  
Elvin Aliyev  
Lankaran State University  
Ege University, Republic of Türkiye  
Lankaran State University

#### Abstract

In this study, the influence of edaphic and climatic factors on the formation of genetic diversity in tea plant (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) cultivars and forms cultivated in the Lankaran-Astara region was investigated. Edaphic and climatic conditions shape genetic diversity either directly - by influencing the genetic structure, allele frequencies, adaptive traits, and differentiation among genotypes within tea populations - or indirectly through plant–soil microbiomes and biotic processes. The genetic diversity of tea cultivars and forms was examined using molecular markers. Genetic diversity not only serves as a fundamental basis for breeding programs but also determines the adaptability of populations and their resilience to environmental changes. The application of molecular markers in breeding studies is considered more effective for assessing genetic diversity. Among molecular marker systems, RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) markers are one of the most widely used methods for detecting genetic diversity and analyzing phylogeny. In this research, phylogenetic analyses based on RAPD markers revealed a high level of genetic differentiation among the studied tea genotypes at the genomic level.

**Keywords:** *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, biochemical and molecular markers, edaphic factors, climate, genetic diversity

## ВЛИЯНИЕ ЭДАФИЧЕСКИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЧАЙНОГО РАСТЕНИЯ (*CAMELLIA SINENSIS* (L.) KUNTZE)

Мамедгусейн Гусейнов

Азиз Эфтехари

Эльвин Алиев

Лянкяранский государственный университет

Университет Эге, Турецкая Республика

Лянкяранский государственный университет

### Аннотация

В исследовательской работе изучено влияние эдафических и климатических факторов на формирование генетического разнообразия сортов и форм чайного растения (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze), возделываемых в Лянкяран-Астаринском регионе. Эдафические и климатические условия формируют генетическое разнообразие как напрямую посредством воздействия почвенных и климатических факторов на генетическую структуру чайных популяций, частоты аллелей, адаптивные признаки и дифференциацию между генотипами, так и косвенно, через взаимодействие растения с почвенным микробиомом и биотические процессы. Генетическое разнообразие сортов и форм чайного растения (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) было изучено с использованием молекулярных маркеров. Генетическое разнообразие является не только основой для селекционной работы, но и определяет адаптивный потенциал популяций и их устойчивость к изменениям окружающей среды. Использование молекулярных маркеров в селекционных исследованиях считается более эффективным методом оценки генетического разнообразия. Среди систем молекулярных маркеров RAPD-маркеры (Randomly Amplified Polymorphic DNA) являются одним из наиболее широко применяемых методов для выявления генетического разнообразия и анализа филогенетических связей. В рамках данного исследования филогенетический анализ с использованием RAPD-маркеров показал наличие высокой степени генетической дифференциации между исследуемыми генотипами чайного растения на уровне генома.

**Ключевые слова:** *Camellia sinensis* (L.) Kuntze, биохимические и молекулярные маркеры, эдафические факторы, климат, генетическое разнообразие

Daxil oldu:

19.01.2026

Çap edildi:

25.05.2026

UDC 632.4:633.88

## SPECIES COMPOSITION OF PATHOGENS CAUSING DISEASES OF BAY LAUREL UNDER THE CONDITIONS OF THE LANKARAN REGION

associate professor, Malahat Agayeva  
Lankaran State University  
zooloq.60@mail.ru  
<https://orcid.org/0009-0004-8941-5989>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1143>

### Summary

This article examines the results of studies conducted on diseases that have been damaging the noble laurel (*Laurus nobilis* L.) plant for many years. Since the mycobiota of the noble laurel plant has not been studied, the lack of scientifically substantiated measures against them led us to determine the species composition of pathogens. The main goal of the study is to study the mycobiota of the noble laurel plant, identify the most widespread and main harmful species, and develop a system of measures against them.

The studies were conducted in private gardens in the Lankaran-Astara region in 2021-2024. Route surveys related to the study of the species composition of diseases of the noble laurel plant in the Lankaran-Astara region were conducted by K.M. Stepanov, A.E. Chumakov (1972), A.E. Chumakov, I.I. Minkevich, Y.I. Vlasov and E.A. Gavrilova (1974) were carried out 3 times during the research years according to the methods. When determining the fungi that are pathogens, various identification methods were used (N.A. Naumov, 1937; S.V. Vasilyevoy, 1974; A.E. Chumakov, Y.I. Vlasov, 1979; P.N. Golovin et al., 2002).

As a result of a comprehensive study of the mycobiota of diseases of the noble laurel plant, for the first time, a large amount of factual material was collected on the species composition of diseases and the spread of individual diseases. As a result of the conducted studies, 10 pathogens of laurel plants were identified: southern root rot, brown leaf spot (anthracnose), macrophomosis, powdery mildew, wilt, etc.

These pathogens are grouped into 12 genera. 10 species included in the general mycobiota are new to the mycobiota of the noble laurel plant growing in the region.

**Keywords:** bay laurel, laurel leaves, harmfulness, phytopathogenic microorganisms, diseases, degree of damage, biological characteristics, wilting

### Introduction

Bay laurel (*Laurus nobilis* L.) is one of the oldest cultivated plants and belongs to the Lauraceae family, which consists of 45 genera comprising more than 1,000 species distributed in tropical and subtropical countries [1]. Bay laurel – *Laurus nobilis* L. – is an evergreen woody, dioecious, and rarely monoecious plant reaching a height of 12–15 m. It is one of the most ancient and widely distributed plants, with roots extending deep into antiquity. Such interest in the study of bay laurel can be explained by the fact that this plant has long been and remains one of the most widely used well-known aromatic food seasonings by populations in different countries of the world.

The leaves of bay laurel are of medium size (mesophyllous), with an area of  $17.53 \pm 0.45$  cm<sup>2</sup>; they are simple, entire-margined, leathery, glossy dark green on the upper surface and light green on the lower surface. They possess a rigid leathery structure, are broadly lanceolate, 4–10 cm long and 2–5 cm wide, and are borne on short grooved, glabrous petioles. The leaf apex is pointed, while the base is narrowly cuneate. The leaf margin is broadly undulate and cartilaginous. Venation

is pinnate-reticulate. On the lower surface of the leaf, depressions sometimes occur in the axils of the secondary veins, covered with hairs. The lifespan of the leaves is 3–4 years.

Flowering occurs in April–May from the age of 4–6 years. The flowers are unisexual or bisexual; the male flowers possess large yellow stamens, whereas the female flowers are inconspicuous. The yellow-green flowers are arranged in clusters and, as they mature, gradually transform into green berries, which later darken to black. The fruits are one-seeded drupes (seeds without endosperm), elliptical or ovoid, 9–22 mm long and 9–12 mm in diameter, blue-black in color, with a thin, easily crushed stone оболочка, and ripen in September–October. The weight of one seed is 0.8–1.2 g [6].

The leaves and fruits of this plant contain essential and fatty oils that are widely used for technical, medicinal, and food purposes. One of the distinctive features of this plant is that essential oil is present in all its parts; it is precisely for this reason that bay laurel is distinguished by its high vitality [2].

Bay laurel leaves are widely used in the traditional dishes of peoples not only of the Mediterranean countries but also of many other countries where the plant has long been and continues to be successfully cultivated.

In addition, an analysis of the available scientific information has shown that the phenolic compounds of bay laurel constitute one of the main groups of active compounds of this plant. The use of these data is important for the development of new effective medicinal products based on bay laurel raw materials [1].

In the traditional medicine of various peoples, bay laurel leaves are used in the treatment of diabetes and diseases caused by fungal and bacterial infections. Extracts from bay laurel leaves possess anti-inflammatory, sedative, and antiepileptic properties [3, 4]. The infusion is used for various gastrointestinal disorders, as well as for flatulence as a carminative agent.

The root system of bay laurel stabilizes the soil; therefore, it is used on slopes as a measure against soil erosion. In addition to its industrial importance, bay laurel also has great ornamental value. It is widely used in the landscaping of parks and household plots and is planted as borders, solitary specimens, and hedges. Bay laurel tolerates formative pruning well, which makes it possible to give the plant artificial decorative shapes.

The natural habitats of this evergreen plant are the territories of Mediterranean countries with high annual precipitation levels. It is grown as an ornamental species in Europe, Russia, the United States, and other countries, and is cultivated in Türkiye, Algeria, Morocco, Portugal, Spain, Italy, France, Russia, and Mexico. In the territory of Russia, bay laurel grows in the southwestern districts of Krasnodar Krai and in Crimea.

In Georgia, the issues of bay laurel cultivation were studied by P. A. Kvartskhava, D. N. Kalandadze, E. M. Zuzunova, L. A. Kanchaveli, I. S. Djashi, V. K. Danelia, V. G. Mkervali, L. A. Kechakmadze, and A. A. Nikopaishvili.

For industrial purposes, bay laurel is cultivated in the Lankaran-Astara region. The leaves are used, being collected mainly during the winter period.

Recently, the weakening of attention to bay laurel cultivation has contributed to the mass spread of pests and diseases, which has led to a decrease in yield and a reduction in the commercial value of bay leaves. With the expansion of the cultivated areas under bay laurel, we are currently conducting scientific research aimed at identifying the species composition of the pathogens causing diseases of this crop.

The aim of our study was to identify the species composition of the pathogens causing the major diseases of bay laurel in the Lankaran-Astara region.

### **Materials and methods**

During the research work carried out throughout 2021–2024, mycofloristic investigations were conducted to study the species composition of micromycetes developing on bay laurel growing in the territory and household farms of the Lankaran-Astara region. Sampling was carried out

by the route method, and identification was performed in accordance with generally accepted methods (Bilal, 1982). The fungal species, as well as their synonyms, were verified against the international mycological global database Index Fungorum <http://www.indexfungorum.org>.

The study was carried out using information retrieval databases (PubMed, Google Scholar) and library databases (eLibrary, CyberLeninka), as well as the ResearchGate application for semantic search. Laboratory studies and the identification of the pathogens causing diseases of bay laurel were conducted in the Department of Plant Protection of the Azerbaijan Research Institute of Plant Protection and Technical Crops. In studying the bioecology of fungi, the existing methods used in phytopathological research were applied.

The prevalence of the disease (P) was determined based on the number of diseased plants for each sample as a percentage of the total number according to the formula:

$$P = n \times 100 / N,$$

where N is the total number of plants, and n is the number of diseased plants.

The intensity of disease development is a qualitative indicator that characterizes the degree of plant damage. To determine it, rating scales were used indicating (in %) the affected part of the plants. The calculation of the intensity of damage to bay laurel leaves was carried out according to the following scale: 0 – no damage; 1 – isolated spots, up to 5% of the plant surface affected; 2 – up to 25% of the surface affected; 3 – up to 50% affected, with the fruiting bodies of the pathogen clearly visible; 4 – more than 50% of the plant surface affected (Gutner et al., 1937).

Disease development was determined according to the formula:

$$C = \sum (n \times b) 100 / N d,$$

where  $\sum(n \times b)$  is the sum of the products, that is, the number of plants (n) affected to the same degree within one score category (b) multiplied by the corresponding disease severity score; d is the highest score on the assessment scale.

The weighted average disease score (Bx) was calculated according to the formula:

$$Bx = \sum (n \times b) / N,$$

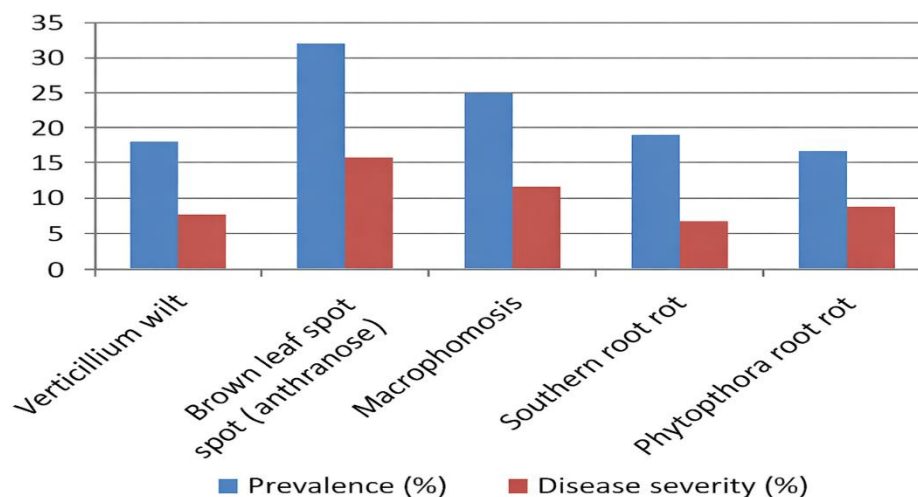
where  $\sum(n \times b)$  is the sum of the products of the number of diseased plants (n) and the corresponding disease severity score (b).

### Results and discussion

As a result of the scientific research carried out by us in parks and household plots of the Lankaran-Astara region, a whole range of microorganisms causing diseases in bay laurel were identified, which leads to a reduction in the aesthetic value and deterioration of the plant's health. Timely detection, symptoms and degree of infection, as well as the biological characteristics of the fungus, are of vital importance for controlling them. Among the most harmful fungi, the following were distinguished: *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth., *Colletotrichum lauri*, *Macrophoma georgia* Ketch, *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Septoria* sp., and others.

According to the study by Beradze L. and co-authors, the mycobiota of bay laurel includes more than 24 fungal species, among which representatives of the genera *Alternaria*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Phyllosticta*, and *Colletotrichum* dominate [7]. The authors emphasize that most of the identified species are potentially pathogenic and capable of causing necrotic lesions on the leaves. Phytosanitary monitoring of the territory of garden-park facilities and household farms of the Lankaran-Astara region showed that each year the bay laurel plantations were affected by pathogens such as *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth., *Colletotrichum lauri*, *Macrophoma georgia* Ketch, *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Septoria* sp., and others.

According to our observations under the conditions of the Lankaran-Astara region, the most widespread disease of bay laurel during the years of research was *Colletotrichum lauri*, with a prevalence of 32.7%. The disease caused by the pathogen *Macrophoma georgia* Ketch had a prevalence of 25.3%, *Phytophthora cinnamomi* Rands – 17.2%, *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthold – 18.2%, *Sclerotium rolfsii* Sacc. – 19.2%, and *Ascochyta laurina* – 16.2% (Fig. 1).



**Fig. 1.** Distribution of the main disease-causing pathogens on bay laurel (*Laurus nobilis* L.)

*Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth., a fungus belonging to the phylum Ascomycota, class Sordariomycetes, order Glomerellales, family Plectosphaerellaceae, genus *Verticillium*, is the causal agent of verticillium wilt, which is one of the major diseases of bay laurel.

It causes damage to the root system and is manifested by wilting of the aboveground parts of the plant. The pathogen penetrates the roots and spreads through the vascular system, blocking the flow of water and nutrients. As a result, the plants gradually dry out.

The disease is highly dangerous and difficult to control. The strain *Verticillium albo-atrum* can persist in the soil for many years in the form of microsclerotia.

The fungus has a septate mycelium; the microconidia are spindle-shaped, and the spores are elliptical, hyaline, measuring 6–12 × 2.5–3 μm.



**Fig. 2.** Fungus *Verticillium albo-atrum*

The disease begins with the weakening of the development of the apical leaves; they start to turn yellow, lose their turgor, wilt, and fall off, which causes the drying of the branches. Sometimes the disease progresses so rapidly that the plant wilts without any change in leaf color and dries out completely (Fig. 1).

This disease can be identified by the brown discoloration in the central part of the leaf, which often extends to the tip. It has been established that the infection mainly penetrates from the soil.

The toxic substance released by the fungus spreads from the bottom upward and causes intoxication of the entire plant, disrupting metabolic processes and leading to plant desiccation.

The damage caused by this disease reaches 20–25%.



**Fig. 3.** Verticillium wilt of leaves.

The damage caused by the pathogen of verticillium wilt reaches 25–30%.

While studying the fungal diseases of bay laurel under the conditions of the Lankaran-Astara region, we were able to establish that brown leaf spot on bay laurel is caused by a fungus of the genus *Colletotrichum*.

According to data from the literature, the Italian mycologist Pier Andrea Saccardo considered that brown leaf spot on bay laurel is caused by the fungus *Gloeosporium nobile* Sacc.

According to Saccardo, the fungus spreads on both sides of the leaf in the form of round clay-yellow spots with dark margins along the edges, measuring 4–5  $\mu\text{m}$  in diameter. The fruiting bodies are arranged in clusters and immersed in the leaf tissue.

The spores of the pathogen are spindle-shaped, slightly curved, measuring 20–25  $\times$  6–7  $\mu\text{m}$ , tapering downward, with many transparent droplets. The conidiophores are rod-shaped, simple, 45–50  $\times$  2–2.5  $\mu\text{m}$ , and sometimes septate.

*Colletotrichum lauri* is a fungus belonging to the phylum Ascomycota, class Sordariomycetes, order Glomerellales, family Glomerellaceae, genus *Colletotrichum*, and is the causal agent of brown leaf spot of bay laurel, or anthracnose. It affects leaves, shoots, seedlings, and seeds.

The first obvious sign of anthracnose is the appearance of brown or whitish spots on the surface of the leaf blades. Initially, the disease manifests itself as a brown spot with a dark border, which subsequently acquires a gray color. Sometimes the spots merge with one another, occupying a significant part of the leaf and shoots and penetrating deeper into the internal tissues, forming ulcers that acquire a brown coloration (Fig. 2).

A similar pattern is observed when shoots and seedlings are affected; in the case of fruit infection, fruit rot is first observed externally, followed by seed infection.

Our study established that the spores of the fungus causing brown leaf spot on bay laurel are cylindrical with rounded ends, olive-colored with oil droplets, measuring 14.5–23.2  $\times$  3.5–6.5  $\mu\text{m}$ . Brown setae with 2–3 septa are formed on the acervuli, measuring 52–82  $\times$  5–10  $\mu\text{m}$ .

When comparing the morphological characteristics of the fungus causing brown leaf spot on bay laurel with *Gloeosporium nobile* Sacc., as described by Pier Andrea Saccardo, it is evident that the latter fungus does not form setae on the acervuli, whereas their presence was observed in our samples.

According to Saccardo, the fungal spores are spindle-shaped, slightly curved, and taper downward, whereas the spores described by us are cylindrical.



**Fig. 4.** Brown leaf spot or anthracnose

To study the harmfulness of brown leaf spot, the dynamics of disease development were investigated. For this purpose, 20 plants were selected diagonally within the designated observation plot, from which 500 leaves were collected.

First, all diseased leaves were collected from each bush, and then healthy leaves were added until the total reached 500 leaves. After that, all collected leaves — 10,000 in total — were mixed and divided into 10 samples, each containing 1,000 leaves.

The analysis of these samples was carried out using a 5-point scale. The obtained data show that the damage caused by anthracnose reaches 21.3%.

*Phytophthora cinnamomi* Rands is a pathogenic fungus-like organism belonging to the phylum Oomycota, class *Peronosporomycetes*, order *Peronosporales*, family *Peronosporaceae*, genus *Phytophthora*, and causes disease of the root system of bay laurel. It is manifested by wilting, yellowing, and leaf fall. Induced damage to the root tissues develops. The sporangia are colorless, oval, and slightly elongated, usually multispored, with dimensions of approximately  $68-90 \times 24-35 \mu\text{m}$  [8].

*Macrophoma georgia* Ketch., a fungus belonging to the phylum Ascomycota, class *Dothideomycetes*, order *Botryosphaerales*, family *Botryosphaeriaceae*, genus *Macrophoma*, is the causal agent of macrophomosis of bay laurel, which is considered a significant disease.

This disease is caused by the fungus *Macrophoma georgia* Ketch. In Georgia, it was first reported in 1961 by L. A. Kečekmadze. It affects leaves, shoots, branches, and seedlings.

Under our conditions, observations and laboratory studies established that the fungus affects leaves and shoots, causing various types of damage.



**Fig. 5.** Macrophomosis of bay laurel

On the leaves, the spots are initially dark brown and later become light brown, varying in size, and are separated from the healthy tissue by a reddish-brown border. Fruiting bodies appear in the form of black spots on both sides of the leaf (Fig. 3).

The fungus also causes disease of the leaf petiole, which becomes constricted and falls off

together with the leaf. Young shoots initially wilt and then dry out, while on branches the fungus causes the drying of the upper parts.

The conducted studies established that the infection of bay laurel leaves by macrophomosis reaches 20–25%.

*Pseudoidium lauracearum* Braun, belonging to the order *Erysiphales*, is a specialized fungus and the causal agent of powdery mildew of bay laurel.

The infection can be detected by the appearance of a white coating on the surface of the leaves resembling flour. Grayish-white powdery spots appear on the leaves, most often located on the petioles and young shoots. The leaf blade retains its green color; however, chlorotic areas are observed on its upper surface.

The fungus *Oidium lauracearum* Graniti Braun is characterized by a superficial, well-developed septate mycelium, and the conidia are formed singly — this feature is used for species diagnosis.

The conidia are ellipsoidal, hyaline, measuring  $28-40 \times 14-22 \mu\text{m}$ . The conidiophores are erect, two- or three-celled [8].

*Ascochyta laurina* E. Tassii is a pathogenic fungus belonging to the phylum Ascomycota, class *Dothideomycetes*, order *Pleosporales*, family *Didymellaceae*, genus *Ascochyta*, affecting bay laurel and causing leaf and shoot spot disease.

Microscopic examination showed that the fungus forms septate hyphae and unicellular, elongated structures measuring 140–166  $\mu\text{m}$ .

The conidia are cylindrical, hyaline, measuring  $6.4-8.3 \times 2.5-4.5 \mu\text{m}$  (Fig. 4).



**Fig. 6.** *Ascochyta* leaf spot of bay laurel

*Diplodia laurina* Sacc. et Pass. is a fungus belonging to the phylum Ascomycota, class *Dothideomycetes*, order *Botryosphaeriales*, family *Botryosphaeriaceae*, genus *Diplodia*, and causes a fungal disease of the bay laurel tree.

The conidia are cylindrical in shape, light brown with a smooth surface, measuring  $14.4-19.1 \times 9.2-10.3 \mu\text{m}$ .



**Fig. 7.** Southern sclerotial root rot

This is a polyphagous pathogen, widely distributed in various regions and posing a serious threat to bay laurel seedlings. The symptoms of the disease are manifested in the form of dark, elongated spots around the root collar, which rapidly spread along the stem (Fig. 5).

When the spot completely encircles the stem, the plant begins to dry out.

The disease causes significant damage, especially in nurseries, where losses may reach 30–40%. Elevated temperature and humidity strongly promote the intensive development of the fungus [9].

*Phoma laurela* Sacc. is a fungus belonging to the phylum Ascomycota, class *Dothideomycetes*, order *Pleosporales*, family *Phaeosphaeriaceae*, genus *Phoma*. It is a leaf parasite causing leaf spot disease and affects bay laurel leaves.

The fruiting bodies are black and small, measuring 80–165 µm in diameter. The conidia are oval, hyaline, and smooth, measuring 8–12 × 2.5–5.0 µm.

In addition to the above-mentioned diseases, bay laurel is also affected by scab, cercosporosis, alternariosis, and septoriosi, but only to a minor extent (Table 1).

**Table 1. Phytopathogens of Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.)**

No.	Pathogen	Morphology	Affected organs	Notes
1	<i>Verticillium albo-atrum</i> Reinke et Berth.	Septate mycelium, spindle-shaped microconidia	Roots, vascular system	Causes verticillium wilt
2	<i>Colletotrichum lauri</i>	Septate mycelium, cylindrical conidia	Leaves, shoots, fruits	Anthrachnose lesions
3	<i>Macrophoma georgica</i> Ket.	Septate mycelium, dark-brown pycnidia, unicellular oval conidia	Leaves, shoots	Macrophomosis
4	<i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.	White mycelium, spherical sclerotia 0.5–2 mm	Roots, stems	Southern root rot
5	<i>Oidium lauracearum</i> Graniti	White powdery coating, solitary ellipsoidal conidia	Leaves	Powdery mildew

No.	Pathogen	Morphology	Affected organs	Notes
	Braun			
6	<i>Phoma laurela</i> Sacc.	Septate mycelium, pycnidia	Leaves, shoots	Necrotic spots
7	<i>Phyllosticta laurella</i> Sacc.	Pycnidia with conidia	Leaves	Leaf spot
8	<i>Ascochyta laurina</i> E. Tassii	Pycnidia with oval conidia	Leaves, shoots	Necrotic lesions
9	<i>Diplodia laurina</i> Sacc. et Pass.	Pycnidia with two-celled conidia	Shoots, bark	Shoot rot
10	<i>Alternaria tenuissima</i> Ness	Chain-forming septate conidia	Leaves	Leaf spot

### Conclusion

The analysis of the literature sources and our own investigations showed that bay laurel is susceptible to a wide range of diseases, predominantly of fungal and oomycete origin [10]. The most dangerous among them are anthracnose, macrophomosis, southern root rot, and phytophthora root rot, which may lead to significant product losses.

It has been established that the climatic conditions of the Lankaran region favor the development of phytopathogens.

As a result of the comprehensive study of the mycobiota associated with diseases of bay laurel, a large volume of factual material on the species composition of diseases and the distribution of individual diseases has been collected for the first time.

The conducted research revealed more than 10 pathogens affecting bay laurel, including southern root rot, brown leaf spot (anthracnose), macrophomosis, powdery mildew, verticillium wilt, necrotic spots, shoot rot, root collar rot, and others.

The identified pathogens include: *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth.; *Colletotrichum nobile* Sacc. = *Glomerella cingulata* (Ston.) Shr. et Sp.; *Oidium passerinum* Bertn.; *Macrophoma georgica* Ket.; *Sclerotium rolfsii* Sacc.; *Phytophthora cinnamomi* Rands; *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) Snyder et Hans.; *Cercospora unicolor* Sacc. et Pens.; *Phyllosticta lauri* Nest.; *Phyllosticta nobilis* Thüm.; *Phyllosticta laurela* Sacc.; *Ascochyta laurina* E. Tassii; *Diplodia laurina* Sacc. et Pass.; *Phoma laurela* Sacc.; *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link; and *Alternaria tenuissima* Ness.

In the future, we plan to continue studying the species composition of the phytopathogenic mycobiota of bay laurel.

### References

1. Konovalov D.A., Alieva N.A. (2019). Phenolic compounds of *Laurus nobilis* (review). *Pharmacy & Pharmacology*. 2019;7(5): 244-259. DOI: 10.19163/2307-9266-2019-7-5-244-259
2. Nasukhova, N.M., Konovalov D.A. (2014). Dynamics of accumulation of essential oil in the leaves of bay laurel // *Bulletin of the Volgograd State Medical University*. 2014. No. S. P. 94-95.
3. Nasukhova N.M., Logvinenko L.A., Kharchenko A.L., Konovalov D.A. (2017). "Biologically Active Substances Of The *Laurus nobilis* Leaves". *Pharmacy & Pharmacology*. 2017;5(3):200-221. DOI:10.19163/2307-9266-2017-5-3-200-221
4. Sanin I.V., Luzin A.A., Dobrokhotov D.A., Garnova N.Yu., Nesterova O.V. (2023). Historical experience and prospects for the use of leaves and fruits of the noble laurel in medicine and pharmacy. // *Medical & pharmaceutical journal "Pulse"*. – 2023;25(3):139-146. <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2023-25-3-139-146>.
5. Trikoz N.N. (2017) *Laurus nobilis* (*Laurus nobilis* L.) main pests in the parks of the Crimea

- and measures to fight with them // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2017. – № 124. – P. 116–122.
6. Kharchenko A.L.(2008). Morphological and anatomical features of the leaf of laurus nobilis L. in the conditions of the southern coast of Crimea // Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden. 2008. Issue 97, p. 29-30
  7. Beradze L., Basilia I., Takidze R., Jakelli E., Sajaia G.(2024). Mycobiota of Laurus nobilis L. plant//Georgian Scientifists/-2024- Vol.6(2).- P.45-52
  8. Rossi F., Bianchi G., Conti L. (2022). Phytophthora root rot in Laurus nobilis: Symtoms and control strategies.Plant Protection Sciens, 58 (3), P.145-153
  9. Göre, M. E., Bucak, C. (2006). Bati Anadolu bölgesi'nde defnede (Laurus Nobilis L. ) fungal hastalik etmenlerinin saptanmasi. Anadolu Journal Of Aegean Agricultural Research Institute, 16(1), 42-53. <https://Izlik.Org/Ja49ph45rx>
  10. YılmazH., Demir A. (2020).Fungal pathogens associated with Laurus nobilis in Mediterranean regions.Türkiye Journal of Agriculture and Forestry.44 (6), P.589-597

## LƏNKƏRAN BÖLGƏSİ ŞƏRAİTİNDƏ DƏFNƏ (*LAURUS NOBILIS* L.) XƏSTƏLİKLƏRİNƏ SƏBƏB OLAN TÖRƏDİCİLƏRİN NÖV TƏRKİBİ

Mələhət Ağayeva  
Lənkəran Dövlət Universiteti

### Xülasə

Bu məqalədə uzun illər ərzində nəcib dəfnə (*Laurus nobilis* L.) bitkisinə zərər vuran xəstəliklər üzrə aparılmış tədqiqatların nəticələri təhlil olunur. Talış aqroiqlim zonasında nəcib dəfnə bitkisinin mikobiotasının kifayət qədər öyrənilməməsi və onlara qarşı elmi əsaslandırılmış mübarizə tədbirlərinin olmaması patogenlərin növ tərkibinin müəyyənləşdirilməsini zəruri etmişdir. Tədqiqatın əsas məqsədi nəcib dəfnə bitkisinin mikobiotasını öyrənmək, ən geniş yayılmış və yüksək zərərvericilik xüsusiyyətinə malik növləri aşkar etmək, həmçinin onlara qarşı tədbirlər sistemini işləyib hazırlamaqdan ibarət olmuşdur.

Tədqiqatlar 2021–2024-cü illərdə Lankaran-Astara region ərazisində yerləşən fərdi bağ təsərrüfatlarında aparılmışdır. Lənkəran–Astara bölgəsində nəcib dəfnə bitkisinin xəstəlik törədicilərinin növ tərkibinin öyrənilməsi məqsədilə marşrut müayinələri ilk dəfə tərəfimizdən həyata keçirilmişdir. Tədqiqatlar K. M. Stepanov və A. E. Çumakov (1972), A. E. Çumakov, İ. İ. Minkeviç, Y. İ. Vlasov və E. A. Qavrilova (1974) tərəfindən təklif olunmuş metodikalar əsasında aparılmışdır. Xəstəlik törədicisi olan göbələklərin identifikasiyası zamanı müxtəlif klassik və müasir identifikasiya üsullarından istifadə edilmişdir (N. A. Naumov, 1937; S. V. Vasilyeva, 1974; A. E. Çumakov, Y. İ. Vlasov, 1979; P. N. Qolovin və b., 2002).

Nəcib dəfnə bitkisinin xəstəliklərinin mikobiotasının kompleks tədqiqi nəticəsində ilk dəfə xəstəliklərin növ tərkibi və ayrı-ayrı xəstəliklərin yayılma səviyyəsinə dair geniş faktiki material toplanmışdır. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində dəfnə bitkisində 10-dan çox xəstəlik törədicisi aşkar edilmişdir. Bunlara cənub kök çürüməsi, qəhvəyi yarpaq ləkəliliyi (antraknoz), makrofomoz, unlu şəh, soluxma, nekrotik ləkələnmələr və digər xəstəliklər daxildir.

Müəyyən edilmişdir ki, ümumi mikobiotaya daxil olan 10 növ bölgədə yetişən nəcib dəfnə bitkisinin mikobiotası üçün yeni növlər hesab olunur.

**Açar sözlər:** nəcib dəfnə, *Laurus nobilis*, zərərliyi, fitopatogen mikroorqanizmlər, xəstəliklər, zədələnmə dərəcəsi, bioloji xüsusiyyətləri, solma

## ВИДОВОЙ СОСТАВ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БОЛЕЗНЕЙ ЛАВРА БЛАГОРОДНОГО (*LAURUS NOBILIS L.*) В УСЛОВИЯХ ЛЯНКЯРАНСКОГО РЕГИОНА

Малахат Агаева  
Лянкяранский государственный университет

### Резюме

В данной статье анализируются результаты многолетних исследований заболеваний, наносящих вред благородному лавру (*Laurus nobilis L.*). Недостаточная изученность микобиоты благородного лавра в Талышской агроклиматической зоне, а также отсутствие научно обоснованных мер борьбы с ними обусловили необходимость определения видового состава патогенов. Основной целью исследования являлось изучение микобиоты благородного лавра, выявление наиболее широко распространённых и наиболее вредоносных видов, а также разработка системы мероприятий по борьбе с ними.

Исследования проводились в 2021–2024 гг. в индивидуальных садовых хозяйствах Лянкярано-Астаринской зоне. Маршрутные обследования по изучению видового состава возбудителей заболеваний благородного лавра в Лянкярано-Астаринской зоне впервые были проведены нами. Исследования выполнялись по методикам К. М. Степанова и А. Е. Чумакова (1972), А. Е. Чумакова, И. И. Минкевича, Ю. И. Власова и Е. А. Гавриловой (1974). При идентификации грибов — возбудителей болезней — использовались различные классические и современные методы определения (Н. А. Наумов, 1937; С. В. Васильева, 1974; А. Е. Чумаков, Ю. И. Власов, 1979; П. Н. Головин и др., 2002).

В результате комплексного изучения микобиоты болезней благородного лавра впервые собран обширный фактический материал о видовом составе заболеваний и степени распространения отдельных болезней. В ходе исследований у растения лавра было выявлено более 10 возбудителей заболеваний. К ним относятся южная корневая гниль, бурая пятнистость листьев (антракноз), макрофомоз, мучнистая роса, увядание, некротические поражения и другие заболевания.

Установлено, что 10 видов, входящих в общую микобиоту, являются новыми для микобиоты благородного лавра, произрастающего в данном регионе.

**Ключевые слова:** благородный лавр, *Laurus nobilis*, вредоносность, фитопатогенные микроорганизмы, болезни, степень поражения, биологические особенности, увядание

Daxil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

Uot:631.43

## MİL-MUĞAN DÜZÜNDƏ SUVARMANIN TORPAQLARIN BƏZİ FİZİKİ VƏ KİMYƏVİ XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ

kənd təsərrüfatı elmləri doktoru, akademik, Məhərrəm Babayev  
doktorant, Rəşid Qasimov  
Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Coğrafiya İnstitutu  
maharram-babayev@rambler.ru  
gasimovreshid@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-7317-9143>  
<https://orcid.org/0009-0006-6306-7896>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1149>

### Xülasə

Tədqiqat işi Mil-Muğan düzündə ( İmişli rayonu ərazisində) suvarılan və xam torpaqların morfoloji və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətlərinin müqayisəli şəkildə öyrənilməsinə həsr edilmişdir. Tədqiqat məqsədilə suvarılan əkin sahəsində (İR-14) və təbii bitki örtüyü altında yerləşən (İR-16) torpaq kəsimləri üzrə sahə və laboratoriya tədqiqatları aparılmışdır.

Torpaq nümunələrində torpağın bəzi aqrokimyəvi xarakteristikası seçiyələndirilmişdir. Aparılmış analizlərin nəticələri göstərmişdir ki, tədqiq olunan torpaqlar qələvi mühitə malikdir və pH göstəriciləri profil üzrə 8.03–8.55 intervalında dəyişir. Humus miqdarı hər iki torpaq profilində üst qatlarda daha yüksək olub dərinliyə doğru qanunauyğun şəkildə azalır. Xam torpaqda (İR16) humus miqdarının nisbətən yüksək olması təbii bitki örtüyü altında üzvi qalıqların daha sabit şəkildə torpağa daxil olması ilə əlaqədardır. Karbonatların profil üzrə paylanması təhlili göstərmişdir ki, suvarılmayan torpaqlarda CaCO<sub>3</sub> miqdarı daha yüksəkdir. Torpaqların qranulometrik tərkibi əsasən gillicəli mexaniki tərkib ilə xarakterizə olunur və fiziki gil fraksiyası üstünlük təşkil edir.

Müqayisəli təhlil nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, becərilmə və suvarmalar torpağın fiziki-kimyəvi göstəricilərinə təsir göstərmiş və maddələrin paylanmasında müəyyən dəyişikliklərə səbəb olmuşdur.

**Açar sözlər:** torpaq, suvarma, humus, karbonatlar, mexaniki tərkib, qida maddələri, Mil-Muğan düzü

### Giriş

Azərbaycan Respublikasının Mil-Muğan düzündə kənd təsərrüfatı istehsalının əsas hissəsi suvarılan torpaqlarda həyata keçirilir. Xüsusilə Kür-Araz ovalığı respublikanın mühüm aqrar regionlarından biri olmaqla pambıqçılıq, taxılçılıq və yem bitkilərinin becərilməsi baxımından strateji əhəmiyyətə malikdir. Bu ərazilərdə torpaq ehtiyatlarından səmərəli istifadə edilməsi və onların münbitliyinin qorunması üçün suvarma mühüm aqrotexniki tədbir hesab olunur. Lakin uzunmüddətli və intensiv suvarma torpağın fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə təsir göstərərək torpaqda müəyyən dəyişikliklərin baş verməsinə səbəb olur.

Suvarma şəraitində torpaqlarda rütubət rejiminin dəyişməsi, karbonatların və duzların profil üzrə miqrasiyası, həmçinin struktur vəziyyətinin transformasiyası kimi proseslər müşahidə olunur. Bu dəyişikliklər torpaq profilinin morfoloji xüsusiyyətlərində də öz əksini tapır. Bir sıra tədqiqatçılar qeyd edirlər ki, suvarma nəticəsində torpaqlarda karbonatların aşağı qatlara yerdəyişməsi, kipləşmə proseslərinin güclənməsi və struktur xüsusiyyətlərinin dəyişməsi müşahidə edilir [1, 2].

Müasir tədqiqatlarda da göstərilir ki, düzgün idarə olunmayan suvarma torpaq strukturunun

pozulmasına, şorlaşma və karbonatlaşma proseslərinin güclənməsinə səbəb ola bilər [13]. Eyni zamanda torpaq üzvi maddəsinin qorunması və su rejiminin optimallaşdırılması davamlı kənd təsərrüfatının əsas şərtlərindən hesab olunur [13, 16].

Eyni zamanda torpaq üzvi maddəsinin qorunması və su rejiminin optimallaşdırılması davamlı kənd təsərrüfatının əsas şərtlərindən hesab olunur [14, 15].

Mil-Muğan düzündə boz və çəmən-boz torpaqlar geniş ərazilərdə yayılmış və regionun əsas torpaq fondunu təşkil edir [6]. Bu torpaqlar əsasən allüvial-delüvial çöküntülər üzərində formalaşmış və karbonatlı mühit şəraitində inkişaf etmişdir [6, 1].

Bu torpaqların morfoloji quruluşu, mexaniki tərkibi və fiziki-kimyəvi xüsusiyyətləri təbii-iqlim şəraiti ilə yanaşı, uzunmüddətli insan fəaliyyəti nəticəsində antropogen təsirin, xüsusilə suvarmanın təsiri altında formalaşmışdır [12].

Arid iqlim şəraitində torpaqəmələgəlmə prosesləri karbonatların torpaq profilində paylanmasına mühüm təsir göstərir.

Bu baxımdan suvarılan və təbii şəraitdə olan torpaqların müqayisəli şəkildə öyrənilməsi torpaqda baş verən dəyişikliklərin müəyyən edilməsi üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Bununla belə, Mil-Muğan düzündə uzunmüddətli suvarmanın torpaq profilinin morfoloji quruluşuna, humus ehtiyatına, karbonatların profil üzrə paylanmasına və mexaniki tərkib göstəricilərinə təsirinə suvarılan və təbii şəraitdə formalaşmış torpaqlar üzrə müqayisəli şəkildə öyrənilməsi kifayət qədər işıqlandırılmamışdır. Xüsusilə İmişli rayonu ərazisində suvarılan əkin sahələri ilə xam torpaqlar arasında profil səviyyəsində baş verən fərqlərin kompleks təhlili aktual elmi məsələ olaraq qalır. Tədqiqatın məqsədi Mil-Muğan düzündə yerləşən suvarılan (İR-14) və xam (İR-16) torpaq kəsimlərinin morfoloji xüsusiyyətlərini, aqrokimyəvi göstəricilərini və bəzi fiziki-kimyəvi xassələrini müqayisəli şəkildə təhlil etməklə suvarmanın torpaq profilində yaratdığı dəyişiklikləri müəyyən etməkdən ibarətdir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi ondan ibarətdir ki, İmişli rayonu şəraitində suvarılan və xam çəmən-boz torpaqlar üzrə profil əsaslı müqayisəli tədqiqat aparılmış, humus, pH, ümumi azot, ümumi karbon, karbonatlılıq və mexaniki tərkib göstəricilərinin dərinlik üzrə dəyişmə xüsusiyyətləri müəyyən edilmiş, suvarmanın torpaq profilinin morfoloji quruluşuna və münbitlik göstəricilərinə təsiri aşkar edilmişdir.

#### **Material və metodlar**

Tədqiqat işi Azərbaycanın Kür-Araz ovalığının tərkib hissəsi olan Mil-Muğan düzənliyində, İmişli rayonu ərazisində aparılmışdır.

Tədqiqat məqsədilə İmişli rayonu ərazisində torpaq kəsimləri (İR-14; İR-16) qoyulmuşdur. Kəsim (İR-14) uzun müddət suvarılan və kənd təsərrüfatı məqsədilə istifadə olunan əkin sahəsidir. Kəsim (İR-16) isə təbii bitki örtüyü altında olan xam torpaqdır. Hər iki kəsində profil üzrə genetik qatlar ayrılmışdır.

Torpaq kəsimləri klassik torpaqşünaslıq metodikasına uyğun olaraq qazılmış və sahə şəraitində onların morfoloji xüsusiyyətləri təsvir edilmişdir. Profil təsviri zamanı torpağın rəngi, struktur xüsusiyyətləri, kipləşmə dərəcəsi, bitki köklərinin miqdarı, karbonat ləkələri, rütubətlik və digər morfoloji əlamətlər qeyd olunmuşdur. Torpaq kəsimlərindən genetik qatlar üzrə nümunələr götürülərək laboratoriyaya analizləri aparılmışdır.

CaCO<sub>3</sub> miqdarının təyini üçün klassik asidimetrik titrləmə üsulu istifadə olunmuşdur. CO<sub>2</sub> göstəricisi isə qazometrik avadanlıqla ayrıca müəyyən edilmişdir.

Torpaq nümunələrində mühit reaksiyası – pH (su suspenziyasında) potensiometr aparatında, ümumi humus (İ.B.Tyurin), ümumi azot-(Keldal), görə təyin edilmişdir.

Mexaniki tərkib pipet metodu ilə öyrənilmiş və qum, toz və gil fraksiyalarının faiz nisbətləri hesablanmışdır. Torpağın fiziki gillilik dərəcəsi və hiqroskopik nəmlik göstəriciləri karbonatların profil boyu yerləşməsinə təsir edən amillərlə müqayisə olunmuşdur. Laborator analizlər hər nümunə üzrə üç təkrarda aparılmışdır.

Nəticələr orta göstəricilər əsasında ümumiləşdirilmişdir. Məlumatların statistik işlənməsi

MS Excel, SPSS və Statistica proqramlarında aparılmış, göstəricilər müqayisəli şəkildə təhlil edilmişdir.

### Nəticələr

Torpaq münbitliyinin qorunması üçün suvarma ilə yanaşı drenaj və gübrələmə sistemlərinin kompleks tətbiqi vacibdir.

Tədqiqat aparılmış İmişli rayonunda qoyulmuş torpaq kəsirlərinin morfoloji xüsusiyyətlərinin təhlil edilmişdir.

#### Kəsim № İR14

Təsnifatın adı: Suvarılan çəmən-boz

Kəsimin yeri: İmişli rayonu Sarıxanlı kəndi. Şəxsi fermer təsərrüfatı.

Dəniz səviyyəsindən yüksəkliyi - 16 m

GPS koordinatları: 39°48'10.20"N 48°33'22.30" E

Təsərrüfat sahəsi: Pambıq sahəsi

Müəllif: Qasımov R., Babayev M.

Kəsim İR-14 uzun müddət kənd təsərrüfatı məqsədilə becərilmiş sahədir bu səbəbdən torpağın üst qatlarında antropogen təsirin əlamətləri daha aydın nəzərə çarpır. Bu kəsində torpağın üst qatları açıq boz rəngli olub xırda topavari struktur ilə xarakterizə olunur. Torpaq müəyyən dərəcədə kipləşmişdir və üst qatlarda bitki kökləri çoxluq təşkil edir. Bu xüsusiyyətlər torpağın becərməsi və suvarma şəraitində formalaşmış antropogen dəyişikliklərlə əlaqədardır.

Profil üzrə aşağı qatlara doğru torpağın struktur xüsusiyyətlərində müəyyən dəyişikliklər müşahidə edilir. Aşağı qatlarda karbonat ləkələri və karbonat yığılması əlamətləri daha aydın nəzərə çarpır. Bu hal karbonatların torpaq profilində miqrasiyası ilə izah edilir. Suvarma şəraitində torpaq məhlulunun hərəkəti karbonatların profil daxilində müəyyən yerdəyişməsinə səbəb olur.

#### Kəsim № İR16

Təsnifatın adı: Suvarılan çəmən-boz

Kəsimin yeri: İmişli rayonu Qulubəyli kəndi

Dəniz səviyyəsindən yüksəkliyi - 16 m

GPS koordinatları: 39°48'10.20"N 48°33'22.30" E

Təsərrüfat sahəsi: Örüş yeri

Müəllif: Qasımov R., Babayev M.

Təbii bitki örtüyü altında xam sahədə qoyulmuş kəsində (İR-16) torpağın morfoloji xüsusiyyətləri nisbətən fərqli xarakter daşıyır. Bu kəsində torpaq profilinin üst qatlarında təbii bitki örtüyünün təsiri altında struktur daha sabit və yaxşı formalaşmışdır. Profil boyunca karbonat ləkələri müşahidə edilir və torpağın aşağı qatlarında karbonatların yığılması daha aydın nəzərə çarpır. Bu xüsusiyyətlər torpağın təbii şəraitdə formalaşması ilə bağlıdır. Cədvəl 1-də İmişli rayonu ərazisində çəmən-boz torpaqlarda qoyulmuş kəsirlərdən götürülmüş torpaq nümunələrinin bəzi aqrokimyəvi xarakteristikası verilmişdir.

Cədvəl 1.

### İmişli rayonu ərazisində çəmən-boz torpaqların əsas aqrokimyəvi göstəriciləri

Kəsim	Dərinlik, sm	pH	Humus, %	Ümumi C, %	Ümumi N, %	C/N
İR-14	0–29	8.03	1.60	0.93	0.11	8.5
	29–57	8.14	1.05	0.61	0.08	7.6
	57–83	8.16	0.70	0.41	0.06	6.8
	83–110	8.18	0.45	0.26	0.04	6.5
	110–130	8.22	0.28	0.16	0.03	5.3
İR-16	0–26	8.18	1.70	0.99	0.10	9.9
	26–53	8.28	1.05	0.61	0.07	8.7
	53–75	8.10	0.60	0.35	0.05	7.0

	75–101	8.42	0.45	0.26	0.04	6.5
	101–145	8.55	0.30	0.17	0.03	5.7
	145–157	8.35	0.25	0.15	0.03	5.0

Cədvəl 1-də təqdim olunan məlumatlara əsasən İR-14 və İR-16 torpaq kəsimlərində profil üzrə pH, humus, ümumi karbon, ümumi azot və C/N nisbətinin dəyişmə qanunauyğunluqları aydın şəkildə müşahidə olunur.

İlk növbədə, hər iki kəsində torpaq mühitinin zəif qələvi olduğu müəyyən edilmişdir. İR-14 kəsində pH göstəricisi səth qatında 8.03-dən başlayaraq profilin aşağı qatlarına doğru tədricən artaraq 8.22-yə çatır. Eyni tendensiya İR-16 kəsində də müşahidə olunur və burada pH 8.18–8.55 intervalında dəyişir. Bu isə torpaqda karbonatların aşağı qatlara doğru daha çox toplanması ilə izah oluna bilər.

Humus miqdarı hər iki kəsində səth qatında maksimum olub, dərinliyə doğru kəskin şəkildə azalır. İR-14 kəsində humus miqdarı 1.60%-dən 0.28%-ə, İR-16 kəsində isə 1.70%-dən 0.25%-ə qədər enir. Bu azalma bitki qalıqlarının əsasən üst qatda toplanması və mikrobioloji aktivliyin səthdə daha yüksək olması ilə əlaqədardır.

Ümumi karbon (C) və ümumi azot (N) göstəriciləri də humusla paralel dəyişir. Hər iki elementin miqdarı səth qatında daha yüksək olub, profilin dərin qatlarına doğru azalır. Məsələn, İR-14 kəsində ümumi karbon 0.93%-dən 0.16%-ə, azot isə 0.11%-dən 0.03%-ə qədər azalır. Oxşar dinamika İR-16 kəsində də müşahidə edilir. Bu, torpaq münbitliyinin əsasən üst horizontlarda cəmləşdiyini göstərir.

C/N nisbəti torpaqda üzvi maddələrin parçalanma səviyyəsini xarakterizə edən mühüm göstəricidir. Hər iki kəsində bu nisbət səth qatında daha yüksək (İR-14-də 8.5; İR-16-da 9.9), dərinliyə doğru isə tədricən azaldığı (5.0–6.5 intervalına qədər) müəyyən edilmişdir. Bu nəticə onu göstərir ki, səth qatında üzvi maddələrin parçalanması nisbətən zəif, aşağı qatlarda isə daha intensiv gedir və humus daha stabilləşmiş formadaadır.

İR-16 kəsimi ilə müqayisədə İR-14 kəsində humus və qida elementlərinin miqdarı nisbətən aşağıdır, lakin ümumi dəyişmə tendensiyası hər iki kəsim üçün eynidir. İR-16 kəsində səth qatında daha yüksək humus və C/N göstəriciləri onun daha yaxşı aqroekoloji vəziyyətdə olduğunu göstərir. Aparılmış təhlilin nəticələrinə əsasən müəyyən edilmişdir ki, hər iki torpaq kəsimi zəif qələvi reaksiyaya malikdir və pH dərinliyə doğru artır, bundan başqa humus, ümumi karbon və azot əsasən səth qatında toplanır və dərinliyə doğru azalır. C/N nisbətinin azalması üzvi maddələrin dərin qatlarda daha çox mineralaşdığını göstərir və İR-16 kəsimi aqrokimyəvi göstəricilərinə görə İR-14 kəsindən nisbətən daha münbit hesab edilə bilər.

Beləliklə əldə olunan nəticələri göstərir ki, İR-14 və İR-16 torpaq kəsimlərində aqrokimyəvi göstəricilərin profil üzrə dəyişməsi müəyyən qanunauyğunluqlara tabedir və bu dəyişikliklər torpağın formalaşma şəraiti və münbitlik səviyyəsini xarakterizə edir. Hər iki kəsində torpaq mühitinin zəif qələvi olması və pH göstəricisinin dərinliyə doğru artması karbonatların profil üzrə yerdəyişməsi ilə əlaqədardır.

Humus, ümumi karbon və ümumi azotun əsasən səth horizontunda toplanması, dərin qatlara doğru isə azalması torpaqda üzvi maddələrin yığılması və bioloji aktivliyin əsasən üst qatda cəmləşdiyini göstərir. Eyni zamanda, C/N nisbətinin dərinlik üzrə azalması üzvi maddələrin aşağı qatlarda daha intensiv mineralaşdığını və humusun daha sabit formaya keçdiyini təsdiq edir.

Müqayisəli təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, İR-16 torpaq kəsimi humus ehtiyatı və qida elementlərinin miqdarı baxımından İR-14 kəsindən nisbətən üstün olub, daha əlverişli aqroekoloji göstəricilərlə səciyyələnir. Bu isə həmin sahədə torpaq münbitliyinin daha yüksək olduğunu göstərir.

Ümumilikdə, əldə olunan nəticələr göstərir ki, torpaq profilində aqrokimyəvi göstəricilərin dəyişmə xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi torpaq münbitliyinin qiymətləndirilməsi və onun səmərəli idarə olunması üçün mühüm elmi və praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Cədvəl -2-də İmişli rayon

ərazisində qoyulmuş torpaq kəsimlərindən götürülmüş torpaq nümunələrinin bəzi fiziki-kimyəvi göstəriciləri verilmişdir.

**Cədvəl 2.**

**İmişli rayonu ərazisində çəmən-boz torpaqların əsas fiziki-kimyəvi göstəriciləri**

Kəsim	Dərinlik ,sm	CO <sub>2</sub> , %	CaCO <sub>3</sub> , %	Fiziki gil (<0.01 mm), %	Fiziki qum (>0.01 mm), %
İR-14	0–29	3.55	8.06	54.85	45.15
	29–57	3.80	8.63	57.90	42.10
	57–83	4.20	9.53	56.85	43.15
	83–110	4.55	10.33	45.40	54.60
	110–130	4.35	9.87	38.80	61.20
İR-16	0–26	4.80	10.90	55.70	44.30
	26–53	5.20	11.80	59.75	40.25
	53–75	4.10	9.31	41.20	58.80
	75–101	5.80	13.17	62.80	37.20
	101–145	6.20	14.07	66.85	33.15
	145–157	5.00	11.35	40.60	59.40

Cədvəldə təqdim olunan nəticələr göstərir ki, İR-14 və İR-16 torpaq kəsimlərində CO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub> miqdarı və mexaniki tərkib göstəricilərinin (fiziki gil və fiziki qum) profil üzrə dəyişmə xüsusiyyətləri aydın şəkildə izlənilir. Bu göstəricilər torpağın genezisini, formalaşma şəraitini və aqrofiziki xüsusiyyətlərini səciyyələndirən əsas parametrlərdir.

İlk növbədə, hər iki kəsində karbonatlılığın yüksək olduğu müəyyən edilmişdir. İR-14 kəsində CO<sub>2</sub> miqdarı səth qatında 3.55%-dən başlayaraq orta qatlarda 4.55%-ə qədər artır, daha sonra isə bir qədər azalaraq 4.35% təşkil edir. CaCO<sub>3</sub> miqdarı da oxşar qanunauyğunluq göstərərək 8.06%-dən 10.33%-ə qədər yüksəlir. Bu hal karbonatların profil üzrə yuyulması və aşağı qatlarda toplanması ilə izah olunur.

İR-16 kəsində isə karbonatlılıq daha yüksək səviyyədədir. Burada CO<sub>2</sub> miqdarı 4.80–6.20% intervalında dəyişir və maksimum göstərici 101–145 sm qatında müşahidə olunur. CaCO<sub>3</sub> miqdarı isə 10.90%-dən başlayaraq 14.07%-ə qədər yüksəlir. Bu göstəricilər İR-16 kəsində karbonatların daha intensiv akkumulasiya olunduğunu göstərir ki, bu da torpağın daha güclü karbonatlı mühitdə formalaşdığını sübut edir.

Torpağın mexaniki tərkibinə gəldikdə, hər iki kəsində fiziki gil fraksiyasının üstünlük təşkil etdiyi müşahidə olunur, lakin dərinlik üzrə dəyişkənlik mövcuddur. İR-14 kəsində üst qatlarda fiziki gil miqdarı 54.85–57.90% arasında olub orta və ağır gillicəli tərkibi göstərir. Lakin 83 sm-dən aşağı qatlarda bu göstərici azalaraq 38.80%-ə düşür, əvəzində fiziki qum miqdarı artır (61.20%-ə qədər). Bu isə profilin aşağı hissəsində daha yüngül mexaniki tərkibin formalaşdığını göstərir.

İR-16 kəsində isə mexaniki tərkib daha heterogendir. Üst qatlarda fiziki gil 55.70–59.75% təşkil edərək ağır gillicəli tərkibi göstərir. 53–75 sm qatında isə fiziki gil kəskin azalaraq 41.20%-ə düşür və fiziki qum üstünlük təşkil edir. Daha aşağı qatlarda (75–145 sm) yenidən fiziki gil miqdarının artması (66.85%-ə qədər) müşahidə olunur. Bu, torpaqəmələgəlmə proseslərinin mürəkkəbliyini və müxtəlif litoloji qatların iştirakını göstərir.

Ümumilikdə, karbonatlılığın və mexaniki tərkibin profil üzrə dəyişməsi göstərir ki, hər iki torpaq kəsimi allüvial mənşəli olub, müxtəlif çöküntülərin təsiri altında formalaşmışdır. İR-16 kəsində həm karbonatlılıq, həm də fiziki gil miqdarının daha yüksək olması bu torpağın daha ağır mexaniki tərkibə və daha güclü karbonatlılığa malik olduğunu göstərir.

Aparılan təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, hər iki torpaq kəsimi yüksək karbonatlılıqla səciyyələnir və karbonatların miqdarı əsasən profilin orta və aşağı qatlarında artır. İR-16 kəsimi İR-14 kəsimi ilə müqayisədə daha yüksək CO<sub>2</sub> və CaCO<sub>3</sub> göstəricilərinə malik olub,

daha güclü karbonatlı torpaq kimi qiymətləndirilir.

Mexaniki tərkib baxımından hər iki kəsimdə üst qatlar əsasən ağır gillicəli olsa da, dərinlik üzrə dəyişkənlik müşahidə olunur. İR-14 kəsimində aşağı qatlara doğru yüngülləşmə, İR-16 kəsimində isə daha mürəkkəb və heterogen quruluş formalaşmışdır.

Bu xüsusiyyətlər torpağın su-fiziki xassələrinə, suvarma rejiminə və kənd təsərrüfatı bitkilərinin inkişafına birbaşa təsir göstərir. Xüsusilə yüksək karbonatlılıq və ağır mexaniki tərkib torpağın becərilməsində xüsusi aqrotexniki tədbirlərin tətbiqini zəruri edir və torpaq münbitliyinin səmərəli idarə olunmasında nəzərə alınmalıdır.

### **Müzakirə**

Mil-Muğan düzü Azərbaycanın ən iri suvarılan əkinçilik zonalarından biri olub, əsasən arid iqlim şəraitində formalaşmış torpaqları ilə xarakterizə olunur. Bu ərazilərdə torpaq münbitliyinin formalaşması və dəyişməsi birbaşa suvarma rejimi, hidrogeoloji şərait və aqrotexniki tədbirlərlə sıx bağlıdır. Elmi ədəbiyyatın təhlili göstərir ki, uzunmüddətli suvarma həm torpağın fiziki, həm də kimyəvi xassələrinə mühüm təsir göstərir. Tədqiqatçılar qeyd edirlər ki, Mil-Muğan düzündə yayılmış boz və çəmən-boz torpaqların mexaniki tərkibi əsasən orta və ağır gillicəli olub, strukturlaşma səviyyəsi suvarma təsiri ilə dəyişir [7].

Bir sıra müəlliflər torpağın su-fiziki xüsusiyyətlərinin, xüsusilə su tutumu, su keçiriciliyi və kapilyar qalxma qabiliyyətinin suvarma nəticəsində dəyişdiyini göstərirlər. Belə ki, intensiv suvarma şəraitində torpağın üst qatında dispersiya prosesi güclənir, bu isə aqreqatların dağılmasına və su keçiriciliyinin azalmasına səbəb olur [8, 3].

Kimyəvi xassələr baxımından aparılan tədqiqatlar göstərir ki, Mil-Muğan düzündə suvarma torpaqda duzlaşma və şorlaşma proseslərinin intensivləşməsinə səbəb ola bilər. Xüsusilə yeraltı suların səviyyəsinin qalxması və minerallaşmış suların kapilyar qalxması nəticəsində torpaq profilində asan həll olan duzlar toplanır [9].

Mil-Muğan düzündə aparılan aqrokimyəvi tədqiqatlar göstərir ki, suvarılan torpaqlarda humus miqdarı əsasən üst qatlarda yüksək olub, dərinliyə doğru azalır [11]. Bununla yanaşı, azot, fosfor və kalium kimi əsas qida elementlərinin miqdarı da suvarma və gübrələmə rejimindən asılı olaraq dəyişir [4, 10].

Hazırkı tədqiqat nəticələrində də bu qanunauyğunluq müşahidə edilmişdir.

Aparılmış müqayisəli təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, İR-16 torpaq kəsimi humus ehtiyatı və bəzi münbitlik göstəricilərinə görə İR-14 kəsimindən nisbətən üstün olmuşdur.

Beləliklə, Mil-Muğan düzündə torpaq münbitliyi suvarma rejimindən birbaşa asılıdır. Optimal suvarma torpağın fiziki və kimyəvi xassələrini yaxşılaşdırdığı halda, normadan artıq və qeyri-elmi suvarma torpaq deqradasiyasına səbəb ola bilər [5].

### **Nəticə**

1. İR-14 və İR-16 torpaq kəsirlərində aqrokimyəvi göstəricilərin profil üzrə dəyişməsi müəyyən qanunauyğunluqlara tabedir və bu dəyişikliklər torpağın formalaşma şəraiti və münbitlik səviyyəsini xarakterizə edir.

Müqayisəli təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, İR-16 torpaq kəsimi humus ehtiyatı və qida elementlərinin miqdarı baxımından İR-14 kəsimindən nisbətən üstün olub, daha əlverişli aqroekoloji göstəricilərlə səciyyələnir. Bu isə həmin sahədə torpaq münbitliyinin daha yüksək olduğunu göstərir.

2. Aparılan təhlil nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, hər iki torpaq kəsimi yüksək karbonatlılıqla səciyyələnir və karbonatların miqdarı əsasən profilin orta və aşağı qatlarında artır. Mexaniki tərkib baxımından hər iki kəsimdə üst qatlar əsasən ağır gillicəli olsa da, dərinlik üzrə dəyişkənlik müşahidə olunur.

Bu xüsusiyyətlər torpağın su-fiziki xassələrinə, suvarma rejiminə və kənd təsərrüfatı bitkilərinin inkişafına birbaşa təsir göstərir. Xüsusilə yüksək karbonatlılıq və ağır mexaniki tərkib torpağın becərilməsində xüsusi aqrotexniki tədbirlərin tətbiqini zəruri edir və torpaq münbitliyinin səmərəli idarə olunmasında nəzərə alınmalıdır.

### Ədəbiyyat

1. Babayev, M. P., Həsənov, V. H., & Cəfərova, Ç. M. (2011). *Azərbaycan torpaqlarının morfoqenetik diaqnostikası və nomenklaturası*. Bakı: Elm.
2. Babayev, M. P., Cəfərova, Ç. M., & Həsənov, V. H. (2011). *Torpaqşünaslıq*. Bakı: Elm.
3. Weil, R. R., & Brady, N. C. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
4. Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Pearson.
5. Hacıyev, C. Ə., Allahverdiyev, E. R., & İbrahimov, A. Q. (2012). *Suvarma əkinçiliyi*. Bakı: MBM.
6. Məmmədov, Q. Ş. (2002). *Azərbaycanın torpaq ehtiyatları*. Bakı: Elm.
7. Quliyev, R. Ə. (2010). *Azərbaycanın suvarılan torpaqları*. Bakı: Elm.
8. İsayev, Y. İ. (2008). *Meliorasiya və torpaqşünaslıq əsasları*. Bakı: Elm.
9. Hüseynova, S. M. (2010). *Arid zonalarda torpaqəməlgəlmə və aqrokimyəvi xüsusiyyətlər*. Bakı: Elm.
10. Cəfərov, M. İ. (2006). *Torpaq xassələri və gübrələrin tətbiqi*. Bakı: Elm.
11. Cəfərova, Ç. M. (2012). Suvarılan torpaqlarda münbitliyin dəyişməsi. *Torpaqşünaslıq və Aqrokimyə*, 20(2), 45–51.
12. Prilipko, V. İ. (1970). *Azərbaycanın torpaq-bitki örtüyü*. Bakı: Elm.
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point*. FAO.
14. Lal, R. (2020). Soil organic matter and water retention. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 27A–32A.
15. Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., et al. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105–125.
16. Hossain, M. S., & Chen, W. (2019). Soil salinity, properties and crop productivity under irrigation: A review. *Agronomy*, 9(11), 635.

### THE EFFECT OF IRRIGATION ON SOME PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN THE MIL-MUGAN PLAIN

Maharram Babayev  
Rashid Gasimov

Institute of Geography, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan

### Abstract

The research work is devoted to a comparative study of the morphological and physico-chemical properties of irrigated and natural soils in the Mil-Mugan plain (within the territory of Imishli district). For this purpose, field and laboratory investigations were carried out on soil profiles located in an irrigated cultivated area (IR-14) and under natural vegetation cover (IR-16). Some agrochemical characteristics of the soils were determined in the collected samples. The results of the analyses showed that the studied soils have an alkaline reaction, and pH values vary within the range of 8.03–8.55 throughout the profile. The humus content is higher in the upper layers of both soil profiles and decreases regularly decreases with depth. The relatively higher humus content in the natural soil (IR-16) is associated with the more stable input of organic residues into the soil under natural vegetation cover. The analysis of carbonate distribution along the profile showed that the CaCO<sub>3</sub> content is higher in non-irrigated soils. The granulometric composition of the soils is mainly characterized by a clayey mechanical texture, the physical clay fraction is predominant. As a result of the comparative analysis, it was determined that cultivation and irrigation have influenced the physico-chemical properties of the soils and caused certain changes in the distribu-

tion of soil constituents.

**Keywords:** soil, irrigation, humus, carbonates, mechanical composition, nutrients, Mil-Mugan plain

## ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ МИЛЬ-МУГАНСКОЙ РАВНИНЫ

Махаррам Бабаев

Рашид Гасымов

Институт географии министерства науки и образования Азербайджанской Республики

### Аннотация

Настоящая работа посвящена сравнительному изучению морфологических и физико-химических свойств орошаемых и целинных почв Миль-Муганской равнины (на территории Имишлинского района). С целью исследования были проведены полевые и лабораторные работы по почвенным разрезам, расположенным на орошаемой пахотной территории (IR-14) и под естественным растительным покровом (IR-16). В почвенных образцах были определены некоторые агрохимические показатели почвы. Результаты проведенных анализов показали, что исследуемые почвы характеризуются щелочной реакцией среды, а значения pH по профилю изменяются в пределах 8.03–8.55. Содержание гумуса в обоих почвенных профилях выше в верхних горизонтах и закономерно уменьшается с глубиной. Относительно более высокое содержание гумуса в целинной почве (IR-16) связано с более стабильным поступлением органических остатков под естественным растительным покровом. Анализ распределения карбонатов по профилю показал, что содержание CaCO<sub>3</sub> выше в неорошаемых почвах. Гранулометрический состав почв в основном характеризуется глинистым механическим составом, при этом преобладает фракция физической глины. В результате сравнительного анализа установлено, что обработка и орошение оказали влияние на физико-химические показатели почв и вызвали определённые изменения в распределении веществ. **Ключевые слова:** почва, орошение, гумус, карбонаты, механический состав, питательные вещества, Миль-Муганская равнина

Daхil oldu:

19.01.2026

Çap edildi:

25.05.2026

UOT: 575.1:631.52:633.11

## BUĞDA-EGİLOPS HİBRİD POPULYASIYALARININ YUXARI NƏSİLLƏRİNDƏN MƏHSULDAR FORMALARIN SEÇİLMƏSİ VƏ SİTOGENETİK TƏDQIQI

doktorant, Samirə Mustafayeva  
biologiya üzrə fəlsəfə doktoru, Ləman Namazova  
doktorant, Səkinə Abbasova  
doktorant, Rəhim Rəhimov  
müəllim, Əsli Əlizadə  
Genetik Ehtiyatlar İnstitutu  
Xəzər Universiteti  
mustafayeva.samire18@gmail.com  
leman.namazova.92@mail.ru  
sekineabbasova905@gmail.com  
ebdulrehim.2016@gmail.com  
aslializada13@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0001-0882-4835>  
<https://orcid.org/0000-0003-0632-4869>  
<https://orcid.org/0009-0005-4627-1476>  
<https://orcid.org/0000-0002-8300-0393>  
<https://orcid.org/0009-0004-9280-0124>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1153>

### Xülasə

Buğda (*Triticum* L.) bütün dünyada əsas qida məhsullarından biri olub, ən çox becərilən taxıl bitkilərindəndir. Əhalinin sayının artması ilə birlikdə buğdaya olan tələbat da artır. Ərzaq tələbatının ödənilməsi üçün buğda məhsuldarlığının artırılması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Buğdanın özü dəyişən ətraf mühit şəraitinə həssas olsa da, onun bir çox qohum və əcdadları, o cümlədən egilops, çovdar, arpa və digər yabanı taxıl növləri buğdadada mövcud olmayan unikal xüsusiyyətlərə malik genləri daşıyırlar. Bu genlərin buğdaya ötürülməsi, buğdanın yaxşılaşdırılması baxımından ən mühüm addımdır və buna, uzaq hibridləşmə yolu ilə nail olmaq olar. Hazırkı məqalə yuxarı nəsil buğda-egilops hibridlərinin sitogenetik və morfoloji tədqiqinə həsr olunmuşdur. Bizim işimizdə, institutumuzda yaradılmış buğda-egilops hibridlərinin yuxarı nəsil formaları (F<sub>7</sub> – F<sub>9</sub>) istifadə edilmişdir. Aparılan tədqiqatın nəticələrinə əsasən, aparılan struktur analizlər nəticəsində, bitki boyuna görə hibridlər arasında (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1) və (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1) hibridləri oxşar, sünbül uzunluğuna görə 171ACS × *Ae. umbellulata* (n2) yüksək, sünbüldə sünbülcük sayına görə bütün hibrid kombinasiyaları oxşar, sünbüldə dən sayına görə *Ae. juvenalis* × 171ACS yüksək və min dən kütlesinə görə (171ACS × *Ae. biuncialis*) × N500 və *Ae. juvenalis* × 171ACS kombinasiyaları oxşar yüksək nəticələr nümayiş etdirmişdir. Qeyd olunanları nəzərə alaraq, seleksiya proqramlarında buğdanın yaxşılaşdırılması üçün buğda-egilops hibrid kombinasiyalarının istifadəsi məqsədəuyğun sayıla bilər.

**Açar sözlər:** hibridləşmə, egilops, buğda, məhsuldar formalar, sitogenetik analiz

### Giriş

Artan əhalinin qidaya tələbatının ödənilməsi mövcud seleksiya xətlərinin genetik müxtəlifliyinin daha da artırılmasını və seleksiya əhəmiyyətli əlamətlərin, o cümlədən məhsuldarlıq elementlərinin yeni mənbələrinin tapılmasını labüd edir [20]. Buğda seleksiyası proqramlarında

egilops cinsinə aid müxtəlif növlər uğurla istifadə edilmişdir. Buğdada genetik müxtəlifliyin artırılması seleksiya proqramları və yeni genotiplərin yaradılması üçün vacibdir. Seleksiya proqramlarının müvəffəqiyyəti bitkinin kəmiyyət əlamətlərinin genetik dəyişkənliyindən asılıdır. Bitki materialı nə qədər çox genetik variasiyaya malik olarsa, toxum məhsuldarlığı əsasında aparılan seleksiya işləri də bir o qədər effektiv nəticə verəcəkdir. Buğdanın genetik variasiyasını artırmağın ənənəvi üsulu növ və ya cinsarası hibridləşmə yolu ilə yabani qohumlardan yeni gen variantlarının yadinsli xromosom vasitəsilə ötürülməsidir [16, 17, 22, 23]. Bu baxımdan, buğdada genetik müxtəlifliyin artırılması seleksiya proqramları və yeni genotiplərin yaradılması üçün vacibdir. Seleksiya proqramlarının müvəffəqiyyəti bitkinin kəmiyyət əlamətlərinin genetik dəyişkənliyindən asılıdır. Bu cür xüsusiyyətlərin buğdanın məhsuldarlığına təsiri bir çox tədqiqatçılar tərəfindən öyrənilmişdir [12, 13, 14, 19, 21]. *Aegilops* L. cinsi buğdaya qohum cins olmaqla biotik (pas, unlu şəh, həşəratlar) və abiotik (quraqlıq, şoranlıq, şaxta) stres amillərinə qarşı davamlılıq genlərinin vacib mənbələrindən biridir. Lakin məhsuldarlıq və davamlılıq baxımından bu genlərin *Aegilops* cinsindən buğda genomuna introqressiyası zamanı yaranan ilkin hibridlərdə sterillik və arzuolunmaz əlamətlərin olması əsas maneədir. İlkin hibridlər üzərində aparılan əvvəlki tədqiqatlardan fərqli olaraq buğda-*aegilops* yuxarı nəsil hibridlərinin öyrənilməsi bu maneələrin aradan qaldırılmasında həlledici mərhələ hesab olunur. Yuxarı nəsilərin sitogenetik analizi, yəni xromosom qeyri-stabilliyinin bərpası, yadinsli xromosom seqmentlərinin stabilləşməsi və meyoza prosesinin normallaşmasının analizi bitki seleksiyasında hazır materialın əldə olunması baxımından son dərəcə aktualdır. Bu istiqamətdə aparılan tədqiqatlar həm fundamental genetikə, həm də yeni davamlı sortların yaradılması üçün praktiki baza rolunu oynayır [4, 11, 18, 25].

Qeyd edilənləri nəzərə alaraq, hazırkı tədqiqat işinin məqsədi buğda-*Aegilops* hibrid populyasiyalarının yuxarı nəsilərinə ( $F_7 - F_9$ ) məhsuldarlıq elementləri (bitki boyu, sünbül uzunluğu, sünbüldə sünbülcük sayı, sünbüldə dən sayı və min dənənin kütləsi) və meyoza prosesinin sitogenetik göstəriciləri əsasında perspektiv, yüksək məhsuldar və sitogenetik cəhətdən stabil formaların müəyyən edilməsidir.

#### **Material və metodlar**

Tədqiqat materialı qismində Genetik Ehtiyatlar İnstitutunun Molekulyar sitogenetika şöbəsində yaradılan buğda-egilops hibridlərinin yuxarı nəsil formaları ( $F_7 - F_9$ ) istifadə edilmişdir. Valideyn qismində hibridləşmələrə cəlb olunan 171ACS, 172ACS, N500 və N600 heksaploid buğda xətləri Molekulyar sitogenetika şöbəsində yaradılmışdır. Tədqiqatda istifadə olunan yuxarı nəsil hibrid kombinasiyaların adları aşağıda göstərilmişdir. Yuxarı nəsilərdən seçilmiş eyni hibrid kombinasiyasına malik fərqli xətlər n1 və n2 nömrələri ilə qeyd olunmuşdur:

1. (171ACS × *Ae. biuncialis*) × N500
2. (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1)
3. (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n2)
4. *Ae. juvenalis* × 171ACS
5. (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1)
6. (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n2)
7. (172ACS × *Ae. neglecta*) × 172ACS
8. 171ACS × *Ae. umbellulata* (n1)
9. 171ACS × *Ae. umbellulata* (n2)
10. 171ACS × *Ae. triuncialis*

Sitogenetik tədqiqatların aparılması məqsədilə bitki materiallarının fiksəsi və xromosom preparatlarının hazırlanması ümumi qəbul olunmuş protokola uyğun olaraq aparılmışdır. Meyoz prosesinin öyrənilməsi məqsədilə erkən yazda sünbüllərin boruyaçıxma mərhələsində onlar kəsilərək Karnua məhlulunda (3 hissə 96 %-li spirt : 1 hissə buzlu sirkə turşusu) fiksə olunmuşdur. Bir sutkadan sonra sünbüllər 80 %-li spirt məhluluna keçirilərək, soyuducuda +5 C<sup>0</sup> temperaturda saxlanmışdır. Meyozun tədqiqi protokola uyğun olaraq tozluqlardan əzmə üsulu ilə hazırlanmış müvəqqəti preparatlar üzərində AXİO Imager A2 (ZEİSS) mikroskopunda ZEN 2.6 proqram

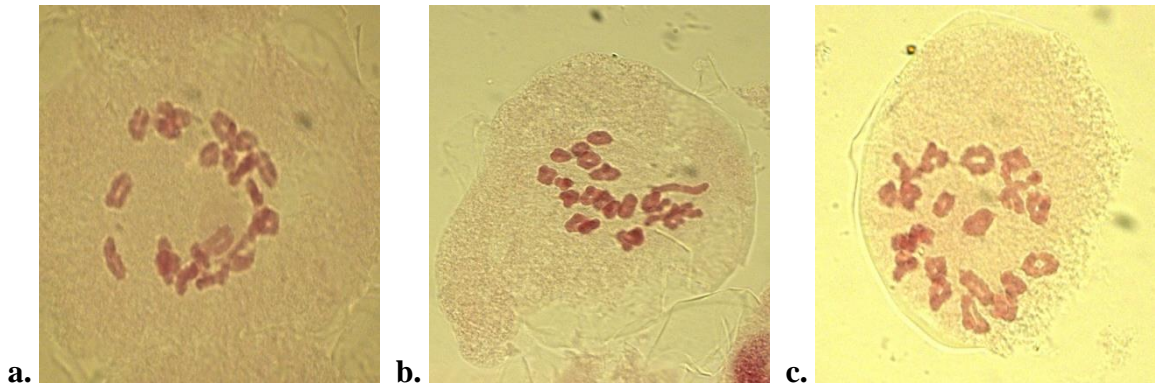
təminatı vasitəsilə həyata keçirilmişdir [2, 3].

Nümunələrin morfoloji tədqiqi GEİ-nin Abşeron ETB-da (elmi-tədqiqat bazasında) aparılmışdır. Dənlər 2 təkrarda  $2,0 \times 5,0$  m ölçülü ləklərdə, cərgəarası məsafə 7,5 sm (darcərgəli) olmaqla, 5-6 sm dərinlikdə səpilmişdir. Tədqiqat materialının təcrübə sahəsində səpini noyabr ayının birinci üngünüyündə əllə aparılmış, kütləvi çıxış noyabr ayının ikinci üngünüyündə müşahidə edilmişdir. Nümunələr üzərində daimi fenoloji müşahidələr, xəstəlik və zərərvericilərə, eləcə də alaqalara qarşı mübarizə tədbirləri aparılmışdır. Nümunələr vegetasiya müddəti ərzində vaxtaşırı suvarılmış, təcrübə sahəsi üçün nəzərdə tutulmuş aqrotexniki qulluq işləri həyata keçirilmişdir. Yığımdan sonra, hər bir genotip üzrə hər təkrardan təsadüfi seçilmiş 10 bitki götürülmüş, struktur analizləri aparılmış, morfoloji əlamətlər və digər aqrobioloji göstəricilər qeydə alınmışdır. Fenoloji müşahidələr və morfoloji əlamətlərin analizi, dənli-taxıl bitkilərinin seleksiya işlərinə dair tarla təcrübələrinin metodikasına uyğun olaraq, ümumi qəbul olunmuş qaydada aparılmışdır [1].

Məlumatların statistik analizi üçün IBM SPSS Statistics və Microsoft Excel program təminatlarından istifadə olunmuş, əlamətlərin minimum, maksimum və orta qiymətləri, həmçinin meyoz prosesinin sitogenetik göstəriciləri hesablanmışdır.

#### Tədqiqatın nəticələri və müzakirəsi

Buğda-egilops yuxarı nəsil hibridlərində meyoz prosesi tədqiq edilmişdir (**Şəkil 1**). Meyotik hüceyrələr üzərində aparılmış sitogenetik analizlərə əsasən, hibrid nümunələrinin hamısının kariotipində xromosom sayı 42 olmuşdur.



**Şəkil 1.** Meyotik analizin nəticələri: **a** – *Ae. juvenalis* × 171ACS, **b** – (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1), **c** – (172ACS × *Ae. neglecta*) × 172ACS.

*Ae. juvenalis* × 171ACS hibridlərinin meyoz prosesinin tədqiqi zamanı metafaz lövhələrdə hər bir ATH (ana tozcuq hüceyrəsi) üçün qapalı və açıq bivalentlərin sayının müvafiq olaraq orta hesabla 18,04 və 1,69, univalentlərin 2,54 və XƏT-in 37,78 ədəd təşkil etdiyi müəyyən olunmuşdur (**Şəkil 1.a**). (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1) hibridlərinin meyoz prosesinin tədqiqi zamanı metafaz lövhələrdə hər bir ATH üçün qapalı bivalentlər orta hesabla 16,72, açıq bivalentlərin sayı 2,25, univalentlərin 2,59 və XƏT-in (xiazm əmələgəlmə tezliyi) 31,19 olduğu müşahidə edilmişdir (**Şəkil 1.b**). 172ACS × *Ae. neglecta* hibridlərinin sitogenetik tədqiqi zamanı metafaz lövhələrdə hər bir ATH üçün qapalı və açıq bivalentlərin sayı müvafiq olaraq, orta hesabla 16,59 və 2,33, univalentlərin sayı 2,94, XƏT-si 36,73 olmuş (**Şəkil 1.c**) və metafaza I mərhələsində az miqdarda kvadrivalentlər (0,31) müşahidə olunmuşdur.

Meyoz prosesinin tədqiqi nəticəsində, metafaza I mərhələsində ümumi və qapalı bivalentlərin miqdarı yüksək, açıq bivalentlərin miqdarı isə aşağı səviyyədə olmuşdur. Bu isə onlarda xromosom konyuqasiyasının normal getdiyini və sünbüldə sünbülcük və dən sayı da nəzərə alınarsa fertillik qabiliyyətlərinin yüksək olduğunu göstərir (**Cədvəl 1**). Əldə olunan nəticələr bu uyğunluğun əhəmiyyətini bir daha sübut edir və buğda-egilops hibridlərinə dair aparılmış bir çox

tədqiqat işlərində qeyd olunmuşdur [8, 9, 15, 24].

Uzaq hibridləşmədən əldə olunan cinsarası hibrid bitkilərin seleksiya dəyərini üzə çıxarmaq məqsədilə, onlar əsas məhsuldarlıq elementlərinə görə müqayisəli analiz edilmiş və **Şəkil 2**-də sünbül morfofipləri göstərilmişdir. Buğda-egilops yuxarı nəsil hibridlərinin məhsuldarlıq göstəriciləri **Cədvəl 1**-də qeyd olunmuşdur.

Məlumdur ki, bitki boyu (BB) yerə yatmaya və son nəticədə keyfiyyət xüsusiyyətlərinə və məhsuldarlığa təsir göstərdiyindən, yumşaq buğdada (*Triticum aestivum* L.) mühüm aqronomik əlamət hesab olunur. Hündürboylu bitkilər yerə yatmaya daha çox həssas olduqları üçün bitki boyunun qısaldılması bir neçə onilliklər ərzində seleksiya proqramlarının diqqət mərkəzində olmuşdur [5].

**Cədvəl 1**-dən göründüyü kimi, ən qısa boy (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1) və (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1) hibridlərində müşahidə olunmuşdur. Bitki boyu əlaməti buğda-egilops yuxarı nəsil hibridlərində orta hesabla 87.40-123.40 sm arasında variasiya etmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, sünbül morfolojiyası məhsuldarlığın əsas komponentlərindən sayılan sünbül uzunluğu, sünbül sıxlığı və fertil çiçək sayı kimi kəmiyyət əlamətləri ilə müəyyən olunur [6, 7].

Tədqiqat zamanı hibridlər arasında ən uzun sünbül 171ACS × *Ae. umbellulata* (n2) nümunəsində müşahidə olunmuşdur (18.50 sm). Sünbül uzunluğu (SU) əlaməti buğda-egilops hibridlərində orta hesabla 11.14-16.98 sm arasında dəyişmişdir.



**Şəkil 2.** Buğda-egilops yuxarı nəsil hibridləri: **1** – (171ACS × *Ae. biuncialis*) × N500; **2, 3** – (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1, n2); **4** – *Ae. juvenalis* × 171ACS; **5, 6** – (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1, n2); **7** – (172ACS × *Ae. neglecta*) × 172ACS; **8, 9** – 171ACS × *Ae. umbellulata* (n1, n2); **10** – 171ACS × *Ae. Triuncialis*

Buğdanın məhsuldarlığının yaxşılaşdırılmasında sünbüldə sünbülcük sayı (SSS) əsas rol oynayır. Hər sünbüldəki dən sayı hər sünbülə düşən sünbülcük sayı ilə yüksək əlaqəlidir. Nəticədə, bu iki əlamətdən hər hansı birinin artması buğdanın məhsuldarlığını birbaşa yaxşılaşdırır [10].

Tədqiq olunan yuxarı nəsil hibrid bitkilər arasında sünbüldə sünbülcük sayına görə (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1) nümunəsi üstün olmuşdur (orta hesabla 23.60). (172ACS × *Ae. neglecta*) × 172ACS və 171ACS × *Ae. umbellulata* (n2) hibridləri də bu əlamətə görə yüksək

nəticə nümayiş etdirmişdir (orta hesabla 22.80 və 23.00).

Nümunələr üzərində sünbül morfoloqiyasının və məhsuldarlığın əsas komponentlərindən sayılan bir sünbüldə dən sayı (SDS) və min dəninin kütləsi (MDK) öyrənilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, *Ae. juvenalis* × 171ACS hibridi SDS əlamətinə görə digər bitkilərlə müqayisədə yüksək qiymət (orta hesabla 72.50) nümayiş etdirmişdir. Min dəninin kütləsinə görə isə (171ACS × *Ae. biuncialis*) × N500 hibridi ən yüksək nəticə göstərmiş (orta hesabla 45.24) və *Ae. juvenalis* × 171ACS kombinasiyası bu hibrid ilə oxşar nəticəyə malik olmuşdur (orta hesabla 44.30).

**Cədvəl 1. Tədqiqat materiallarının morfoloji göstəriciləri.**

№	Hibridlər	BB, sm (min÷max) x	SU, sm (min÷max) x	SSS, əd. (min÷max) x	SDS, əd. (min÷max) x	MDK, q (min÷max) x	Fertillik (%)
1.	(171ACS × <i>Ae. biuncialis</i> ) × N500	(103.00÷133.00) 116.00	(14.40÷16.20) 15.24	(20.00÷23.00) 21.60	(36.00÷51.00) 43.80	(36.10÷55.10) 45.24	101.38
2.	( <i>Ae. juvenalis</i> × 171ACS) × 171ACS (n1)	(81.00÷93.00) 87.40	(10.60÷11.70) 11.14	(21.00÷23.00) 21.60	(48.00÷76.00) 64.40	(22.90÷44.70) 33.12	149.07
3.	( <i>Ae. juvenalis</i> × 171ACS) × 171ACS (n2)	(87.00÷93.00) 90.40	(9.50÷11.60) 10.64	(20.00÷22.00) 20.60	(44.00÷64.00) 56.60	(29.30÷46.90) 38.38	137.38
4.	<i>Ae. juvenalis</i> × 171ACS	(105.00÷109.00) 107.00	(12.30÷13.10) 12.70	(19.00÷20.00) 19.50	(69.00÷76.00) 72.50	(40.80÷47.80) 44.30	185.90
5.	( <i>Ae. vavilovii</i> t/h × N600) × 171ACS (n1)	(84.00÷96.00) 88.60	(12.70÷13.60) 13.28	(22.00÷26.00) 23.60	(36.00÷61.00) 50.60	(27.80÷37.70) 34.62	107.20
6.	( <i>Ae. vavilovii</i> t/h × N600) × 171ACS (n2)	(86.00÷95.00) 90.60	(11.60÷13.10) 12.38	(20.00÷24.00) 22.40	(36.00÷76.00) 56.00	(25.00÷40.80) 33.68	125.00
7.	(172ACS × <i>Ae. neglecta</i> ) × 172ACS	(89.00÷95.00) 90.80	(11.00÷12.60) 11.74	(22.00÷23.00) 22.80	(35.00÷55.00) 47.80	(48.00÷40.00) 42.36	104.82
8.	171ACS × <i>Ae. umbellulata</i> (n1)	(62.00÷73.00) 67.00	(11.50÷12.80) 12.06	(18.00÷24.00) 20.60	(52.00÷73.00) 63.80	(19.20÷31.50) 24.64	154.85
9.	171ACS × <i>Ae. umbellulata</i> (n2)	(109.00÷140.00) 123.40	(15.30÷18.50) 16.98	(21.00÷25.00) 23.00	(54.00÷78.00) 67.20	(37.00÷42.00) 38.66	146.09
10.	171ACS × <i>Ae. triuncialis</i>	(85.00÷94.00) 90.60	(15.10÷17.50) 16.18	(20.00÷24.00) 22.00	(36.00÷72.00) 53.00	(17.40÷30.60) 23.58	120.45

Qeyd etmək lazımdır ki, sitogenetik tədqiqatlar bu nümunələrin genom sabilliyi və xromosom davranışları haqqında məlumatlar əldə etməyə imkan verir ki, bunlar da öz növbəsində,

qeyd edilən bitkilərin istifadəsilə yaradılan hibrid materiallarının öyrənilməsini və hibrid populyasiyalarının parçalanma dinamikasına nəzarəti təmin edərək, yuxarı nəsillərdə seçmənin daha səmərəli olmasına şərait yaradır.

### Nəticə

Aparılan sitogenetik tədqiqat öyrənilən buğda-egilops yuxarı nəsil hibridlərində meyoza prosesinin normal gedişatının onların yüksək fertillik qabiliyyətinə malik olmaları ilə nəticələndiyini göstərir. Struktur analizlər nəticəsində bitki boyuna görə hibridlər arasında (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1) və (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1) hibridləri oxşar, sünbül uzunluğuna görə 171ACS × *Ae. umbellulata* (n2) yüksək, sünbüldə sünbülcük sayına görə bütün hibrid kombinasiyaları oxşar, sünbüldə dən sayına görə *Ae. juvenalis* × 171ACS yüksək, min dən kütələsinə görə isə (171ACS × *Ae. biuncialis*) × N500 və *Ae. juvenalis* × 171ACS hibridləri oxşar yüksək nəticələr nümayiş etdirmişdir. Qeyd olunanları nəzərə alaraq seleksiya proqramlarında buğdanın genetik cəhətdən yaxşılaşdırılması üçün buğda-egilops hibrid kombinasiyalarının istifadəsi məqsədəuyğun sayıla bilər.

### Ədəbiyyat

1. Musayev Ə.C., Hüseynov H.S, Məmmədov Z.A. (2008). Dənli taxıl bitkilərinin seleksiyasının metodikası. Bakı, 88 s.
2. Пухальский, В. А., Соловьёв, А. А., Бадаева, Е. Д., & Юрцев, В. Н. (2007). Практикум по цитологии и цитогенетике растений.
3. Паушева, З. П. (1988). Практикум по цитологии растений.
4. Adhikari, L., Raupp, J., Wu, S., Коо, D-Н., Friebe, В., and Poland, J. (2023). Genomic characterization and gene bank curation of Aegilops: the wild relatives of wheat. *Front. Plant Sci.* 14:1268370.
5. Boeven, P. H., Longin, C. F. H., Leiser, W. L., Kollers, S., Ebmeyer, E., & Würschum, T. (2016). Genetic architecture of male floral traits required for hybrid wheat breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 129(12), 2343-2357.
6. Buerstmayr, H., Ban, T., & Anderson, J. A. (2009). QTL mapping and marker-assisted selection for Fusarium head blight resistance in wheat: a review. *Plant breeding*, 128(1), 1-26.
7. Donmez, E., Sears, R. G., Shroyer, J. P., & Paulsen, G. M. (2001). Genetic gain in yield attributes of winter wheat in the Great Plains. *Crop science*, 41(5), 1412-1419.
8. Fakhri, Z., Mirzaghaderi, G., Ahmadian, S., & Mason, A. S. (2016). Unreduced gamete formation in wheat × Aegilops spp. hybrids is genotype specific and prevented by shared homologous subgenomes. *Plant cell reports*, 35(5), 1143-1154.
9. Fernandez-Calvin, B., & Orellana, J. (1992). Relationship between pairing frequencies and genome affinity estimations in Aegilops ovata × Triticum aestivum hybrid plants. *Heredity*, 68(2), 165-172.
10. Hai, L., Guo, H., Wagner, C., Xiao, S., & Friedt, W. (2008). Genomic regions for yield and yield parameters in Chinese winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes tested under varying environments correspond to QTL in widely different wheat materials. *Plant science*, 175(3), 226-232.
11. Hajjar, R., & Hodgkin, T. (2007). The use of wild relatives in crop improvement: a survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*, 156(1), 1-13.
12. Kaur, H., Tyagi, V., Kumar, J., Roy, J. K., Chugh, V., Ahmed, N., ... & Sheikh, I. (2024). Identification and pyramiding of iron and zinc homeostasis genes introgressed from non-progenitor Aegilops species to bread wheat. *Euphytica*, 220(11), 167.
13. Kishii, M. (2019). An update of recent use of Aegilops species in wheat breeding. *Frontiers in Plant Science*, 10, 585.
14. Kou, H., Zhang, Z., Yang, Y., Wei, C., Xu, L., & Zhang, G. (2023). Advances in the mining of disease resistance genes from Aegilops tauschii and the utilization in wheat. *Plants*, 12(4), 880.

15. Kozhakhmetov, K., Bastaubayeva, S., Slyamova, N., Zhakataeva, A., Koylanov, K., & Zholdasbayuly, Z. (2026). Distant Hybridization of Kazakh Wheat Varieties with Wild Aegilops Species: Cytogenetic Compatibility, Fertilization Dynamics, and Breeding Implications. *Agronomy*, 16(1), 128.
16. Kruppa, K., Türkösi, E., Mayer, M., Tóth, V., Vida, G., Szakács, É., & Molnár-Láng, M. (2016). McGISH identification and phenotypic description of leaf rust and yellow rust resistant partial amphiploids originating from a wheat× *Thinopyrum* synthetic hybrid cross. *Journal of Applied Genetics*, 57(4), 427-437.
17. Molnár-Láng, M., Ceoloni, C., & Doležel, J. (2015). Alien introgression in wheat. *Cham: Springer*.
18. Molnár-Láng, M., Molnár, I., Szakács, É., Linc, G., & Bedö, Z. (2013). Production and molecular cytogenetic identification of wheat-alien hybrids and introgression lines. In *Genomics of Plant Genetic Resources: Volume 1. Managing, sequencing and mining genetic resources* (pp. 255-283). Dordrecht: Springer Netherlands.
19. Ning, S., Wang, X., Ma, C., Liao, J., Ye, F., Li, S., ... & Liu, D. (2025). Development and characterization of small translocations between the Pm13 introgression from *Aegilops longissima* and wheat homoeologous A, B and D chromosomes. *BMC Plant Biology*, 25(1), 179.
20. Redden, R. (2015). Wild relatives for the crop improvement challenges of climate change: the adaptation range of crops. *Crop wild relatives and climate change*, 61-79.
21. Said, M., Gaál, E., Farkas, A., Molnár, I., Bartoš, J., Doležel, J., ... & Endo, T. R. (2024). Gametocidal genes: from a discovery to the application in wheat breeding. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1396553.
22. Stoyanov, H. (2013). Status of remote hybrids in the Poaceae: problems and prospects. *Agricultural Science & Technology (1313-8820)*, 5(1).
23. Xu, B., Shen, T., Chen, H., Li, H., Rehman, S. U., Lyu, S., ... & Chen, S. (2024). Mapping and characterization of rust resistance genes Lr53 and Yr35 introgressed from *Aegilops* species. *Theoretical and Applied Genetics*, 137(5), 113.
24. Yang, M., Xiang, W., Zhang, Y., Yuan, Z., Lu, G., Yang, W., ... & Yuan, Z. (2025). Homoeologous pairing and recombination features conferred by *Aegilops mutica* gene system. *Theoretical and Applied Genetics*, 138(10), 251.
25. Zhang, P., Friebe, B., Gill, B., & Park, R. F. (2007). Cytogenetics in the age of molecular genetics. *Australian journal of agricultural research*, 58(6), 498-506.

## SELECTION OF HIGH-YIELDING FORMS FROM LATE GENERATIONS OF WHEAT-AEGILOPS HYBRID POPULATIONS AND THEIR CYTOGENETIC INVESTIGATION

Samira Mustafayeva  
Leman Namazova  
Sakina Abbasova  
Rahim Rahimov  
Asli Alizada  
Genetic Resources Institute  
Khazar University

### Summary

Wheat (*Triticum* L.) is one of the main food crops worldwide and is among the most widely cultivated cereal plants. With the growth of the global population, the demand for wheat is continuously increasing. Enhancing wheat productivity is therefore of great importance to meet food security requirements. Although wheat itself is sensitive to changing environmental conditions, many of its

relatives and ancestors, including aegilops, rye, barley, and other wild cereal species, possess genes with unique traits that are absent in cultivated wheat. The transfer of these genes into wheat represents one of the most important steps in wheat improvement and can be achieved through distant hybridization. The present study is devoted to the cytogenetic and morphological investigation of advanced-generation wheat–Aegilops hybrids. In this research, advanced-generation forms (F<sub>7</sub>–F<sub>9</sub>) of wheat–aegilops hybrids developed at our institute were used. Based on the results of the conducted studies, structural analyses showed that plant height in the hybrids (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1) and (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1) was similar. In terms of spike length, the hybrid 171ACS × *Ae. umbellulata* (n2) exhibited higher values. All hybrid combinations were similar with respect to the number of spikelets per spike, while *Ae. juvenalis* × 171ACS demonstrated superior performance in terms of the number of grains per spike. (171ACS × *Ae. biuncialis*) × N500 and *Ae. juvenalis* × 171ACS showed a similar high result in terms of thousand-grain weight. Thus, the use of wheat–aegilops hybrid combinations can be considered promising for the genetic improvement of wheat in breeding programs.

**Keywords:** hybridization, aegilops, wheat, high-yielding forms, cytogenetic analysis

## ОТБОР ПРОДУКТИВНЫХ ФОРМ ИЗ ПОЗДНИХ ПОКОЛЕНИЙ ПШЕНИЧНО-ЭГИЛОПСНЫХ ГИБРИДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ И ИХ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Самира Мустафаева  
Ляман Намазова  
Сакина Аббасова  
Рахим Рахимов  
Асли Ализаде

Институт генетических ресурсов  
университет Хазар

### Аннотация

Пшеница (*Triticum* L.) является одной из основных продовольственных культур в мире и относится к числу наиболее широко возделываемых зерновых растений. С ростом численности населения потребность в пшенице постоянно увеличивается. Повышение продуктивности пшеницы имеет большое значение для удовлетворения продовольственных потребностей. Несмотря на то что сама пшеница чувствительна к изменяющимся условиям окружающей среды, многие её родственные и предковые виды, включая эгилопс, рожь, ячмень и другие дикие злаковые растения, несут гены уникальных признаков, которыми культурная пшеница не обладает. Передача этих генов пшенице является одним из важнейших путей её улучшения и может быть достигнута путём отдалённой гибридизации. Настоящая статья посвящена цитогенетическому и морфологическому исследованию пшенично-эгилопсных гибридов поздних поколений. В работе использованы формы поздних поколений (F<sub>7</sub>–F<sub>9</sub>) гибридов пшеницы и эгилопса, созданные в нашем институте. По результатам проведённых исследований и структурного анализа установлено, что по высоте растений гибриды (*Ae. juvenalis* × 171ACS) × 171ACS (n1) и (*Ae. vavilovii* t/h × N600) × 171ACS (n1) были сходны. По длине колоса более высокие показатели отмечены у гибрида 171ACS × *Ae. umbellulate* (n2). По числу колосков в колосе все гибридные комбинации были сходны, тогда как по числу зёрен в колосе наилучшие результаты показал гибрид *Ae. juvenalis* × 171ACS. (171ACS × *Ae. biuncialis*) × N500 и *Ae. juvenalis* × 171ACS показали аналогично высокие результаты по массе тысячи зерен. Таким образом, использование гибридных комбинаций пшеницы и эги-

лопса может считаться целесообразным для генетического улучшения пшеницы в селекционных программах.

**Ключевые слова:** гибридизация, эгилопс, пшеница, продуктивные формы, цитогенетический анализ

Daxil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

UOT 551.73

## THE IMPACT OF CLIMATIC FACTORS ON DENUDATION PROCESSES IN THE TALYSH MOUNTAINS

PhD student, Tural Ahadov  
Institute of Geography of the Ministry of Science and Education of  
the Republic of Azerbaijan  
ehedov-tural@mail.ru  
<https://orcid.org/0009-0001-6277-7136>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1158>

### Abstract

The aim of the study is to quantitatively assess the influence of climatic conditions on the intensity of denudation processes in the Talysh Mountains and to establish a scientific basis for managing these processes. The research is based on field observations conducted during 2023–2025 and on official climatic data obtained from the Azerbaijan National Hydrometeorological Service. Observations were carried out at 24 stationary sites, where soil erosion, slope processes, and the condition of vegetation cover were regularly recorded. The relationships between climatic parameters such as precipitation, temperature, humidity, and freeze–thaw cycles and denudation intensity were evaluated using Pearson correlation and linear regression analyses. The results show that there is a strong positive correlation between annual precipitation and denudation ( $r = 0.82$ ;  $p < 0.001$ ;  $n = 24$ ). An increase of 100 mm in precipitation raises the denudation rate by an average of 8–12%. A strong positive correlation ( $r = 0.71$ ;  $p < 0.001$ ) was also identified between the number of freeze–thaw cycles and denudation, indicating the high intensity of physical weathering in the upper mountain belts. In contrast, a strong negative correlation ( $r = -0.78$ ;  $p < 0.001$ ;  $n = 24$ ) was found between forest cover density and denudation. While the erosion rate in forested areas ranges from 5–12 t/ha/year, in deforested slopes this indicator reaches 25–50 t/ha/year. The multiple regression model ( $R^2 = 0.76$ ;  $F = 15,05$ ;  $p < 0.001$ ) indicates that it can serve as a reliable tool for predicting denudation processes. The novelty of the study lies in the first quantitative assessment of denudation processes in the Talysh Mountains using modern statistical methods, the modeling of climate–vegetation interactions, and the development of a regression equation for predicting erosion risk. The results can serve as a scientific basis for planning soil conservation measures, protecting forest ecosystems, and developing climate change adaptation strategies in the region.

**Keywords:** denudation, climatic factors, correlation analysis, regression model, Talysh mountains

### Introduction

Mountainous areas are among the most dynamic parts of the Earth's surface in terms of morphogenetic activity. The complexity of relief, climatic variability, and lithological composition are the main factors determining the intensity and character of denudation processes [11]. Denudation—the weathering of rocks, transportation of material, and downslope movement—plays a key role in landscape transformation and in the modification of landforms.

Modern geomorphological studies show that landscape development is controlled by the combined influence of tectonic uplift, climate change, and rock properties [12]. The Talysh Mountains, located in the southeastern part of Azerbaijan, represent a distinctive mountainous region characterized by a humid subtropical climate and rich biological diversity. The climatic characteristics of the region—high annual precipitation (up to 1400–1600 mm in coastal zones), high atmospheric humidity, and pronounced seasonal temperature variations—directly influence the intensity

of erosion processes [1].

Denudation processes in the Talysh Mountains were first quantitatively investigated by Moumeni et al. [13]. Using cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  isotope analysis, the authors determined that erosion rates on the humid eastern slopes reach 100–400 meters per million years, whereas in the inner arid parts of the region these values are significantly lower.

The role of vegetation cover is particularly important. Studies conducted by Hajiyev and Musayev have shown that the reduction of forest cover in the Talysh Mountains significantly accelerates erosion processes [8, 14]. Forest vegetation performs an important protective function by mechanically stabilizing soils and reducing the erosive impact of rainfall.

The climatic characteristics of the Talysh Mountains distinguish them from other mountainous regions. Shikhlinski and Huseynov note that precipitation decreases with altitude—at elevations above 2000 m, annual precipitation drops to 250–300 mm [9, 16]. The region also records the highest daily precipitation maximum in the country, with values reaching 334 mm in Bilesar.

The temperature regime also has a significant influence on denudation. Research conducted by Safarov shows that in the upper mountain belt (1800–2400 m), the daily temperature amplitude may reach 15–20°C, intensifying freeze–thaw cycles and accelerating physical weathering [15].

The hypothesis of the study is that the intensity of denudation processes in the Talysh Mountains is controlled by the interaction between climatic parameters (precipitation and temperature) and vegetation cover density. The aim of the study is to quantitatively evaluate these relationships and to develop erosion risk models for the region.

### Materials and methods

The study was conducted in the southeastern sector of the Talysh Mountains within the territory of the Republic of Azerbaijan. The research area covers the Lankaran–Astara physical-geographical region—from the Caspian Sea coastal zone to the watershed zones of the mountain system reaching an elevation of 2493 m at Mount Komurgoy. The general geographical characteristics of the study area are based on the descriptions provided by Budagov and Geography of the Republic of Azerbaijan [3, 7].

Climate data for 2023–2025 were obtained from eight meteorological stations of the Azerbaijan National Hydrometeorological Service [2]. The stations were selected based on the following criteria: representation of different elevation belts (0–2400 m), continuity of observation data (minimum 30 years), location on different slope aspects, and coverage of major river basins (Lankaran River, Astara River, Tengeru River, and Vilesh River). The selected stations include Lankaran (–12 m), Astara (–21 m), Bilesar (600 m), Lerik (1100 m), Yardimli (750 m), Masalli (20 m), Goytepe (150 m), and Penser (1200 m).

Soil and erosion data were obtained from field investigations conducted by the author during 2023–2025. The methodology of the field studies was based on the program "Monitoring of Erosion Processes in Mountainous Areas" developed by Hajiyev [8].

In total, 24 observation sites were selected. At each site, three repeated measurements were conducted. The sites cover areas with different slope gradients (5–30°), aspects, and vegetation cover densities. A stratified random sampling method was used in selecting the sites. The distribution by slope gradient is as follows: 5–10° (6 sites, agricultural land and sparse forest), 10–15° (6 sites, forest and shrubland), 15–20° (6 sites, dense forest and subalpine zone), and 20–30° (6 sites, subalpine and rocky areas).

Forest cover data were obtained from three sources: analysis of Landsat 8 satellite images for 2023–2025, measurements from geobotanical profiles conducted during the author's field research, and comparative data from previous studies by Musayev and Hajiyev, which were used to assess long-term trends in forest cover change [17].

Satellite image processing was carried out using ArcGIS 10.8 software. The NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) was calculated using the formula:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Forest cover density was determined using an equation calibrated with field measurements based on NDVI values:

$$F = 1.2 \times \text{NDVI} \times 100 \quad (R^2 = 0.84; n = 24; p < 0.001) \quad (2)$$

Measurement of denudation rates was carried out using three methods:

Erosion stakes method – At each observation site (50×50 m), 10 metal stakes (50 cm long, 8 mm diameter) were installed. Stakes were inserted 30 cm into the soil, leaving 20 cm above the surface.

The height of the stakes relative to the soil surface was measured twice a year (April and October) with a caliper, with an accuracy of 0.5 mm.

Cesium-137 (<sup>137</sup>Cs) isotope method – Soil samples were collected at five sites (1–2 sites from each slope gradient group) from depth intervals of 0–5, 5–10, 10–20, and 20–30 cm. Analyses were conducted at the Institute of Radiation Problems of ANAS using a germanium detector gamma spectrometer (Canberra, model BE5030). Soil loss was calculated using the formula:

$$E = \frac{(A_{\text{ref}} - A_{\text{samp}})}{(C \times t)} \quad (3)$$

Gully erosion measurement – At 10 gullies, width, depth, and length were measured once a year (October) at 10 m intervals. Gully volume was calculated as:

$$V = L \times \frac{(W_1 + W_2)}{2} \times \frac{(D_1 + D_2)}{2} \quad (4)$$

Denudation rate (t/ha/year) was calculated using:

$$D = \frac{(\Delta h \times \rho \times 10000)}{t} \quad (5)$$

Where  $\Delta h$  is the change in soil level (m),  $\rho$  is the soil bulk density (1.2–1.4 t/m<sup>3</sup>), and  $t$  is the observation period (years).

Precipitation measurement – Daily rainfall (mm) was recorded at meteorological stations using standard rain gauges, and rainfall intensity (mm/min) during heavy rain was measured with automatic pluviographs. Extreme rainfall events were considered when daily precipitation exceeded 50 mm/day [9].

Temperature measurement – Daily maximum and minimum temperatures were recorded using mercury thermometers and automatic sensors. Daily temperature amplitude was calculated as  $\Delta T = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$ . Freeze–thaw cycles were determined based on temperatures around 0°C: days with daytime temperatures above +2°C and nighttime temperatures below –2°C were considered as freeze–thaw days.

Slope gradient – Calculated from a 30 m resolution Digital Elevation Model (ALOS PALSAR, 2023) in ArcGIS 10.8 using the "Slope" function. Field verification was done with a clinometer (Suunto PM-5) at five directions per site, and the average value was taken.

Statistical analyses were performed using SPSS 26.0 [IBM Corp. 2019]:

Normality test – Data normality was checked using the Kolmogorov–Smirnov test ( $p > 0.05$ ). Log-transformation was applied for non-normally distributed variables.

Correlation analysis – Pearson correlation coefficient ( $r$ ) was used to assess the strength and direction of linear relationships. Significance was considered at  $p < 0.05$ . The interpretation of correlation coefficients followed Cheddock [5].

Regression analysis – A multiple linear regression model was constructed:

$$D = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 T + \beta_3 F + \beta_4 S + \varepsilon \quad (6)$$

D – denudation rate, P – annual precipitation, T – mean annual temperature, F – forest cover density, S – slope gradient. Model explanatory power was evaluated using  $R^2$  and F-test; regression

coefficients' significance was tested with the t-test ( $p < 0.05$ ). Multicollinearity was checked using VIF, with  $VIF < 5$  accepted.

Spatial analysis – To evaluate the spatial distribution of erosion risk, an erosion risk map was created in ArcGIS 10.8 using the Weighted Overlay method. Weight coefficients used: precipitation – 40%, slope gradient – 30%, forest cover – 20%, lithology – 10% .

### Results and discussion

Denudation processes in the Talysh Mountains primarily manifest as slope erosion, surface wash, gully erosion, and landslides. Measurements conducted at 24 observation sites during 2023–2025 showed that relative denudation rates varied between 15–22%. In absolute terms, soil loss ranged from 5–50 t/ha/year.

**Table 1. Dynamics of precipitation and erosion indicators by year**

Year	Number of observation sites (n)	Mean annual precipitation (mm)	Erosion rate (%)	Soil loss (t/ha/year)
2023	24	1100 ± 100	15–20	7–45
2024	24	1025 ± 75	18–22	10–50
2025	24	1065 ± 85	17–21	9–48

Although precipitation was high in 2023 (1100 mm), erosion rates remained relatively low (15–20%) due to a more even distribution of rainfall throughout the year and the absence of intense heavy rain events. In 2024, despite lower total precipitation (1025 mm), erosion rates increased to 18–22%, which was linked to three intense summer storms (July–August) with rainfall intensity  $>2$  mm/min. These observations indicate that denudation processes are influenced not only by the total amount of precipitation but also by its intensity and temporal distribution.

**Table 2. Dynamics of temperature indicators by year**

Year	Number of observation sites (n)	Daytime temp. (°C)	Nighttime temp. (°C)	Daily amplitude (°C)	Freeze–thaw cycles (number/year)	Denudation rate (%)
2023	24	19–21	8–11	10–13	16–20	15–20
2024	24	18–20	7–10	10–13	22–26	18–22
2025	24	18–21	8–11	9–13	18–22	17–21

In 2024, relatively lower nighttime temperatures (7–10°C) increased the daily temperature amplitude, resulting in 22–26 freeze–thaw cycles per year. This was accompanied by a rise in denudation rates to 18–22%. In the upper mountain belt (1800–2400 m) during winter, daytime temperatures range from +2 to +5°C, while nighttime temperatures drop to –8 to –12°C. Such conditions intensify freeze–thaw cycles and accelerate physical weathering.

**Table 3. Dynamics of forest cover and its effect on erosion**

Year	Number of observation sites (n)	Forest cover (%)	Annual decrease (%)	Erosion in forested areas (t/ha/year)	Erosion in deforested areas (t/ha/year)
2023	24	25.4	0.6	6–9	28–45
2024	24	24.2	1.2	8–12	35–50
2025	24	23.4	0.8	7–10	30–48

Forest cover in the Talysh Mountains decreases at an average rate of 0.8% per year, primarily due to deforestation, grazing, and agricultural expansion. Each 1% loss of forest cover is associated with an approximate 2–3% increase in erosion rates. In forested areas, the average erosion rate ranges from 5–12 t/ha/year, while in deforested areas it reaches 25–50 t/ha/year. On steep slopes (gradient >15°), complete removal of forest can increase erosion rates by 5–6 times, highlighting the critical role of vegetation in slope stabilization and soil protection.

**Table 4. Pearson correlation analysis results (n = 24 observation sites)**

Parameter	Pearson r	p	Significance
Annual precipitation	0.82	<0.001	Strong positive correlation
Daytime temperature	0.65	<0.01	Positive correlation
Nighttime temperature	0.48	<0.05	Moderate correlation
Freeze–thaw cycles	0.71	<0.001	Strong positive correlation
Forest cover density	-0.78	<0.001	Strong negative correlation
Slope gradient	0.69	<0.001	Positive correlation

The correlation analysis shows a strong positive correlation between precipitation and denudation ( $r = 0.82$ ;  $p < 0.001$ ), indicating that rainfall is the primary driver of erosion in the region. A strong positive correlation with freeze–thaw cycles ( $r = 0.71$ ;  $p < 0.001$ ) confirms the importance of physical weathering processes. The strong negative correlation with forest cover ( $r = -0.78$ ;  $p < 0.001$ ) emphasizes the protective role of forests. Finally, the strong positive correlation with slope gradient ( $r = 0.69$ ;  $p < 0.001$ ) indicates a higher erosion risk on steep slopes.

#### Multiple linear regression results

Based on the multiple linear regression model, denudation rate is expressed as:

$$D = 5.2 + 0.12P + 0.75T - 0.08F + 1.3S \quad (7)$$

- D – denudation rate (t/ha/year)
- P – annual precipitation (per 100 mm increment)
- T – mean annual temperature (°C)
- F – forest cover density (%)
- S – slope gradient (degrees)

Interpretation of the coefficients:

- Precipitation (0.12): Each 100 mm increase in rainfall raises denudation by 0.12 t/ha/year.
- Temperature (0.75): Higher mean annual temperatures increase denudation, highlighting the role of thermal processes and freeze–thaw cycles.
- Forest cover (–0.08): Denser forest reduces denudation, confirming the protective function of vegetation.
- Slope gradient (1.3): Steeper slopes strongly increase denudation rates, emphasizing topography as a key factor.

The model provides a quantitative tool to predict soil loss under different climate, vegetation, and topographic scenarios in the Talysh Mountains.

**Table 5. Statistical indicators of the regression model**

Indicator	Value
R <sup>2</sup>	0.76
F	15,05
p	<0.001
Standard error	4.8 t/ha/year

Substituting the values:

$$F = \frac{R^2/k}{(1-R^2)/(n-k-1)} = \frac{0.76/4}{(1-0.76)/(24-4-1)} = \frac{0,19}{0,01263} \approx 15,05 \text{ (8)}$$

- k – number of independent variables (4 in our model),
- n – number of observation sites (24)

The model explains 76% of the variability in denudation rates; the remaining 24% may be associated with lithology, tectonic activity, soil physical–chemical properties, and anthropogenic factors.

#### Comparison of results with regional studies

The results of this study are largely consistent with previous research conducted in the Talysh Mountains. Moumeni et al. using cosmogenic <sup>10</sup>Be isotope analysis, reported that erosion rates in the humid eastern slopes of the Talysh Mountains reach 100–400 m over a million-year timescale [11]. Our observations similarly show that areas receiving high precipitation exhibit contemporary erosion rates of 30–50 t/ha/year, which are higher compared to other regions of the Caucasus.

Research by Hajiyev demonstrated that a reduction in forest cover accelerates erosion processes in the Talysh Mountains [8]. Our results confirm a strong negative correlation between forest cover and denudation ( $r = -0.78$ ), providing a quantitative measure: each 1% decrease in forest cover increases erosion rates by 2–3%.

Safarov [15] indicated that freeze–thaw cycles in the upper mountain zones intensify physical weathering. Our observations support this finding, showing a strong positive correlation ( $r = 0.71$ ) between the number of freeze–thaw cycles and denudation rates.

#### Comparison of results with international studies

**Table 6. Comparison of Denudation Rates in the Talysh Mountains with International Studies**

Region	Source	Denudation Rate (t/ha/year)	Climate Type
Talysh Mountains	This study	5–50	Humid subtropical
Chile Coastal Cordillera	Moumeni et al., 2024	~2.9	Mediterranean
Pyrenees	García-Ruiz et al., 2015	1–10	Temperate
West Africa (Sierra Leone)	Millington et al., 2017	10–40	Humid tropical
Himalayas	Burbank [4]	20–60	Temperate-tropical

The denudation patterns observed in the Talysh Mountains are comparable to those in other humid subtropical and tropical mountainous regions. Studies in the Chilean Coastal Cordillera indicate that erosion rates in humid Mediterranean zones can reach 290 t/km<sup>2</sup>/year (approximately 2.9 t/ha/year) [12]. In the Talysh Mountains, this rate is higher (up to 50 t/ha/year), likely due to more intense precipitation in the region.

Research in the Pyrenees (Spain) highlighted the importance of freeze–thaw processes, showing that the energy associated with freeze–thaw cycles is approximately twice that of rainfall kinetic energy [6]. Similarly, in the upper zones of the Talysh Mountains, freeze–thaw processes are a major driver of mechanical rock breakdown.

In West Africa (Sierra Leone), studies in humid tropical areas demonstrate that mass movement processes, such as landslides, are a significant component of overall denudation in regions with steep relief [10]. In the Talysh Mountains, landslides are also widespread, particularly in the valleys of the Tengervuçay, Lənkərançay, and Astarəçay rivers.

#### **Interpretation of results and mechanisms**

**Precipitation–erosion relationship** – The strong correlation ( $r = 0.82$ ) indicates that precipitation is the primary driver of erosion in the Talysh Mountains. However, in 2023, despite high rainfall, erosion rates were relatively low, highlighting the importance of rainfall intensity and seasonal distribution. This observation aligns with Huseynov who noted the increasing frequency of extreme precipitation events [9].  
**Temperature–erosion relationship** – The strong correlation between freeze–thaw cycles and denudation ( $r = 0.71$ ) emphasizes the significance of physical weathering, especially in upper mountain zones. The mechanism operates as follows: daytime temperatures rise, melting snow and ice, allowing water to infiltrate rock fractures; nighttime temperatures drop, freezing the water; frozen water expands by 9%, cracking the rocks; repeated cycles lead to mechanical rock breakdown.

**Forest cover–erosion relationship** – The strong negative correlation ( $r = -0.78$ ) confirms the protective role of forests. Forests reduce erosion through three main mechanisms: the canopy diminishes the kinetic energy of raindrops, root systems mechanically reinforce the soil, and the litter layer slows surface runoff and enhances infiltration.

#### **Conclusion**

The study confirmed that denudation intensity in the Talysh Mountains is controlled by the interaction between climatic parameters and vegetation cover. Based on field measurements at 24 sites (2023–2025), denudation rates range from 5 to 50 t/ha/year, with the highest values (>40 t/ha/year) observed on steep slopes (>20°) with sparse forest cover.

Statistical analysis revealed strong correlations between denudation and its controlling factors: precipitation ( $r = 0.82$ ;  $p < 0.001$ ), freeze–thaw cycles ( $r = 0.71$ ;  $p < 0.001$ ), forest cover ( $r = -0.78$ ;  $p < 0.001$ ), and slope gradient ( $r = 0.69$ ;  $p < 0.001$ ). A 100 mm increase in precipitation raises denudation by 8–12%, while each 1% loss of forest cover increases erosion by 2–3%. On steep slopes (>15°), complete deforestation can amplify erosion rates 5–6 times.

The multiple regression model ( $R^2 = 0.76$ ;  $F = 15.05$ ;  $p < 0.001$ ) explains 76% of denudation variability through precipitation, temperature, forest cover, and slope gradient. This model provides a quantitative tool for predicting erosion risk under different scenarios.

These results highlight that climate change (increasing extreme rainfall events) and anthropogenic pressure (deforestation) will likely accelerate denudation processes in the region. Forest restoration and regulation of agricultural activities on steep slopes are essential mitigation measures. The findings provide a scientific basis for soil conservation, forest management, and landscape planning in the Talysh Mountains.

#### **References**

1. Aliyev İN. Climate resources of Azerbaijan and their assessment. Baku: Avropa Nəşriyyatı; 2015.
2. Azerbaijan National Hydrometeorological Service. Climate data for 2023–2025 [Dataset]. Baku: ANHS; 2023–2025.
3. Budaqov BƏ. Landscapes. In: Azerbaijan National Encyclopedia. Baku: Azerbaijan National Encyclopedia; 2007. p. 320.
4. Burbank DW, Blythe AE, Putkonen J, Pratt-Sitaula B, Gabet E, Oskin M, et al. Decoupling of erosion and precipitation in the Himalayas. *Nature*. 2003;426:652–5.
5. Cheddock EM. Correlation analysis in geography. Moscow: Moscow University Press; 1965.
6. García-Ruiz JM, Beguería S, Nadal-Romero E, González-Hidalgo JC, Lana-Renault N, Sanjuán Y. Erosion in Mediterranean mountain landscapes: Changes and future challenges.

- Geomorphology. 2015;232:1–16.
7. Geography of the Republic of Azerbaijan. Physical Geography. Baku: 2014.
  8. Həjiyev QH. Natural landscapes of Talysh and their anthropogenic transformation. Baku: Elm və Təhsil; 2016.
  9. Hüseynov NŞ. Contemporary trends of extreme precipitation in the mountainous areas of Azerbaijan. Geography and Natural Resources. 2020;(1):45–52.
  10. Millington AC, Reading AJ, Teme SC. Mass movement in tropical environments. Progress in Physical Geography. 2017;41(3):321–40.
  11. Moumeni M, Delchiaro M, Ballato P, Della Seta M, Nozaem R, Clementucci R, et al. Coupling of tectonics, climate, and lithology in orogenic systems: Insights from cosmogenic <sup>10</sup>Be erosion rates and river profile inversion modeling in the Talesh Mountains, NW Iranian Plateau. Tectonics. 2025;44(2):e2024TC008652.
  12. Moumeni M, Della Seta M, Delchiaro M, Ballato P, Nozaem R, Egli M. Interplay between tectonics and surface processes in the evolution of mountain ranges: Insights from landscape dynamics, uplift, and active deformation of Talesh Mountains (NW Iranian Plateau margin). Geomorphology. 2024;448:109029.
  13. Moumeni M, Della Seta M, Delchiaro M, Ballato P, Nozaem R, Tikhomirov D, et al. Uplift history and landscape evolution along the northwest margin of the Iranian Plateau (Talesh Mountains) in the Arabian–Eurasian collision zone [conference presentation]. In: EGU General Assembly 2024; 2024 Apr 14–19; Vienna, Austria. 2024.
  14. Musayev MƏ. Vertical zonation of forest cover and its ecological significance in the Talysh Mountains. Scientific Works of the Institute of Geography of ANAS. 2018;(2):78–85.
  15. Safarov SH. Physical weathering processes in mountainous areas and their controlling factors: A case study from the Talysh Mountains. Bulletin of the Azerbaijan Geographical Society. 2021;19:112–20.
  16. Shikhlinski ƏM. Climate of Azerbaijan. Baku: Elm; 1968.
  17. United States Geological Survey. Landsat 8 satellite images for 2023–2025 [Dataset]. Reston: USGS; 2023–2025.

## **İQLİM AMİLLƏRİNİN TALİŞ DAĞLARINDA DENUDASIYA PROSESLƏRİNƏ TƏSİRİ**

Tural Əhədov

Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Coğrafiya İnstitutu

### **Xülasə**

Tədqiqatın məqsədi Talış dağlarında denudasiya proseslərinin intensivliyinə iqlim şəraitinin təsirini kəmiyyətcə qiymətləndirmək və bu proseslərin idarə olunması üçün elmi əsas yaratmaqdır. Tədqiqat 2023–2025-ci illərdə aparılmış çöl müşahidələrinə və Azərbaycan Milli Hidrometeorologiya Xidmətindən əldə olunmuş rəsmi iqlim məlumatlarına əsaslanır. Müşahidələr 24 sabit məntəqədə aparılmış və torpaq eroziyası, yamac prosesləri və bitki örtüyünün vəziyyəti müntəzəm olaraq qeydə alınmışdır. Yağıntı, temperatur, rütubət və donma-ərimə dövrləri kimi iqlim parametrləri ilə denudasiya intensivliyi arasındakı əlaqələr Pearson korrelyasiya və xətti reqressiya analizləri ilə qiymətləndirilmişdir. Nəticələr göstərir ki, illik yağıntı ilə denudasiya arasında güclü müsbət korrelyasiya mövcuddur ( $r = 0.82$ ;  $p < 0.001$ ;  $n = 24$ ). Yağıntının 100 mm artması denudasiya sürətini orta hesabla 8–12% artırır. Donma-ərimə dövrlərinin sayı ilə denudasiya arasında da güclü müsbət korrelyasiya ( $r = 0.71$ ;  $p < 0.001$ ) aşkar edilmiş, bu isə yuxarı dağ qurşaqlarında fiziki aşınmanın yüksək intensivliyini göstərmişdir. Əksinə, meşə örtüyünün

sıxlığı ilə denudasiya arasında güclü mənfi korrelyasiya ( $r = -0.78$ ;  $p < 0.001$ ;  $n = 24$ ) müşahidə edilmişdir. Meşəli ərazilərdə eroziya sürəti 5–12 t/ha/il aralığında dəyişirsə, meşəsiz yamaclarda bu göstərici 25–50 t/ha/il-ə çatır. Çoxsaylı reqressiya modeli ( $R^2 = 0.76$ ;  $F = 15,05$ ;  $p < 0.001$ ) denudasiya proseslərini proqnozlaşdırmaq üçün etibarlı alət kimi xidmət edə bilər. Tədqiqatın yeniliyi Talış dağlarında denudasiya proseslərinin ilk dəfə kəmiyyətə qiymətləndirilməsi, iqlim–bitki örtüyü qarşılıqlı təsirlərinin modelləşdirilməsi və eroziya riskini proqnozlaşdırmaq üçün reqressiya tənliyinin işlənməsidir. Nəticələr regionda torpağın mühafizəsi tədbirlərinin planlaşdırılması, meşə ekosistemlərinin qorunması və iqlim dəyişmələrinə adaptasiya strategiyalarının hazırlanması üçün elmi əsas rolunu oynaya bilər.

**Açar sözlər:** denudasiya, iqlim amilləri, korrelyasiya analizi, reqressiya modeli, Talış dağları

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ДЕНУДАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТАЛЫШСКИХ ГОРАХ

Турал Ахадов

Институт географии, министерство науки и образования Азербайджанской Республики

### Резюме

Цель исследования заключается в количественной оценке влияния климатических условий на интенсивность денудационных процессов в Талышских горах и в создании научной основы для их управления. Исследование основано на полевых наблюдениях, проведённых в 2023–2025 годах, а также на официальных климатических данных, полученных от Государственной службы гидрометеорологии Азербайджана. Наблюдения проводились на 24 стационарных участках, где регулярно фиксировалась эрозия почвы, процессы на склонах и состояние растительного покрова. Взаимосвязь между климатическими параметрами, такими как осадки, температура, влажность и циклы замерзания–оттаивания, и интенсивностью денудации оценивалась с помощью анализа корреляции Пирсона и линейной регрессии. Результаты показывают, что существует сильная положительная корреляция между годовым количеством осадков и денудацией ( $r = 0,82$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 24$ ). Увеличение осадков на 100 мм повышает скорость денудации в среднем на 8–12 %. Также выявлена сильная положительная корреляция ( $r = 0,71$ ;  $p < 0,001$ ) между числом циклов замерзания–оттаивания и денудацией, что указывает на высокую интенсивность физического выветривания в верхних горных поясах. Напротив, между плотностью лесного покрова и денудацией обнаружена сильная отрицательная корреляция ( $r = -0,78$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 24$ ). В лесных районах скорость эрозии составляет 5–12 т/га/год, тогда как на вырубленных склонах этот показатель достигает 25–50 т/га/год. Множественная регрессионная модель ( $R^2 = 0,76$ ;  $F = 15,05$ ;  $p < 0,001$ ) может служить надёжным инструментом для прогнозирования денудационных процессов. Новизна исследования заключается в первой количественной оценке денудации в Талышских горах с использованием современных статистических методов, моделировании взаимодействия климата и растительности, а также в разработке регрессионного уравнения для прогнозирования риска эрозии. Результаты могут служить научной основой для планирования мер по сохранению почвы, защиты лесных экосистем и разработки стратегий адаптации к изменениям климата в регионе.

**Ключевые слова:** денудация, климатические факторы, анализ корреляции, регрессионная модель, Талышские горы

Daxil oldu:  
19.01.2026

Çap edildi:  
25.05.2026

UOT: 638.145.3

## YENİ YARADILMIŞ SELEKSİYA-DAMAZLIQ QRUPU AİLƏLƏRİNDƏ ARILARIN EKSTERYER ƏLAMƏTLƏRİNİN GÖSTƏRİCİLƏRİ

doktorant, Vüsalə Əliyeva  
Heyvandarlıq və Balıqçılıq Elmi Tədqiqat İnstitutu  
aliyevavusale25@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0004-7053-7556>

DOI: <https://doi.org/10.30546/2958-8111.2025.3.1164>

### Xülasə

Tədqiqatın əsas məqsədi Respublikanın Kiçik Qafqaz bölgəsində tarixən məskunlaşmış Bozdağ Qafqaz arı cinsinin (*Apis mellifera caucasica* Gorb.) Qabaqtəpə arı populyasiyasının (*populatio Wabaqkendik*) mövcud genotipik xüsusiyyətlərini öyrənmək, onların son dövrlərdə irsi əlamətlərində baş verən dəyişikliklərinə mənfi təsir göstərən ekoloji mühit amillərini dəqiqləşdirmək və məqsədyönlü seleksiya-damazlıq işinin təşkili nəticəsində məhsuldar seleksiya-damazlıq arı qrupunun yaradılmasından ibarətdir. Respublikanın qərb rayonlarında olan arıxanalardan ilkin seçilmiş 30 arı ailəsi arasından ən yüksək keyfiyyət göstəricilərinə malik olan 5 arı ailəsi seleksiya-damazlıq işinin aparılması məqsədilə seçilmişdir. Hər bir ailədən 10 yeni qız ana yetişdirilmiş, onların işçi, ana və erkək arılarının eksteryer əlamətləri F.Ruttnerin metodikası əsasında müəyyənləşdirilmişdir. Arı ailələrində kütləvi və fərdi seçmə apararaq öz müsbət əlamətlərini gələcək nəsə keçirə bilən yüksək məhsuldar seleksiya-damazlıq qrupu yaradılmışdır. 2016-cı ildə yekunlaşan tədqiqat işi nəticəsində yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq reproduksiya qrupunun arıları ilə tədqiqatdan əvvəlki götürülmüş arı nümunələrinin eksteryer əlamətləri müqayisə edilmişdir. Yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq qrupunun işçi, ana və erkək arılarının göstəriciləri Qabaqtəpə arı populyasiyasının genotipik əlamətlərinə uyğun istiqamətdə müsbət dəyişkənliyə məruz qalmışdır.

**Açar sözlər:** arı, seleksiya, damazlıq, eksteryer əlamətlər, kubital indeks

### Giriş

Azərbaycan Respublikasında hazırda mövcud potensialından az istifadə edilən, bununla belə, olduqca cəlbədicə və perspektivli fəaliyyət sahələrindən biri də arıçılıqdır. Arıçılıq iqtisadi cəhətdən yüksək rentabelli fəaliyyət sahəsi, əhəlinin sağlamlığını qoruyan qida və müalicəvi əhəmiyyətli məhsullar mənbəyi, həmçinin kənd təsərrüfatının digər sahələrində məhsuldarlığın yüksəldilməsinə ciddi töhvə verən ekoloji amildir [12, s.3185-3188]. Arıçılıq elə bir kənd təsərrüfatı sahəsidir ki, onun inkişafı ətraf mühitin heç bir resursunu azaltmır, əksinə, biomüxtəlifliyin qorunmasına, kənd təsərrüfatı bitkilərinin tozlandırılmasına və bununla da onların keyfiyyətinin və məhsuldarlığının yüksəlməsinə səbəb olur.

Azərbaycan Respublikasının ərazisi arıçılığın inkişafı baxımından əlverişli təbii-iqlim şəraitinə və bal verən zəngin bitki örtüyünə malikdir. Bal arılarının yüksək məhsuldarlığı arıların yaşama qabiliyyətindən, işgüzarlığının yüksəldilməsindən və onların irsiyyət xüsusiyyətlərindən çox asılıdır. Azərbaycanın arı genofondunu təşkil edən Bozdağ Qafqaz arısı bal arılarının ən qədim nümayəndəsidir. Bozdağ Qafqaz arısının (*A. mellifera caucasica* Gorb.) vətəni Azərbaycan, Gürcüstan və Şimali Qafqaz əraziləridir [6, s.1197-1202]. İlk dəfə 1916-cı ildə bu arılar K.A.Qorbaçov tərəfindən təsvir edilmişdir [10, s.5-14]. Bu cinsin populyasiyaları arasında ən çox tanınan Abxaz, Megrel, Kartli, İmereti, Kaxeti və Qabaqtəpə cinsləridir ki, onlar bir-birindən bioloji və təsərrüfat xüsusiyyətlərinə görə fərqlənirlər [4, s.152]. Kiçik Qafqazın dağlıq və dağətəyi

bölgəsində yayılan Qabaqtəpə arı populyasiyası xüsusilə müsbət keyfiyyətlərinə görə seçilir. Nektar bolluğu olan rayonlarda belə digər arı cinslərindən çox bal toplayır ki, bu xüsusiyyətlər də onun yüksək məhsuldarlığını şərtləndirən əsas cəhətlərdəndir. Qabaqtəpə arıları mülayimlik, uzun xortumluluq, az beçəvermə və soyuğa dözümlüü ilə bütün dünya miqyasında qısa müddət ərzində tanınmağa başlamışdır [1, s.11-12].

Arıçılıq sahəsində tətbiq olunan seleksiya-damazlıq işinin xüsusiyyətləri və həyata keçirilməsi başqa kənd təsərrüfatı heyvanlarında olduğundan fərqlidir. Hazırda insan tərəfindən həyata keçirilən süni seçmə təbii seçməni əvəz etmişdir. Arıxanalarda arı cinsləri, populyasiyaları və onların ayrı-ayrı ailələrindən ibarət qrupların daxildə damazlıq məqsədilə istifadə üçün saxlanması və dəyərsiz fərdlərin kənar edilməsinə seçmə deyilir. Süni seçmə yerli arı cinslərinin, onların populyasiyalarını yaxşılaşdırmaq və ya yüksək məhsuldar damazlıq arı qruplarını yaratmaq üçün ildən ilə müntəzəm sürətdə həyata keçirilən bütün seleksiya işinin məcmusu deməkdir. Dünya miqyasında arıçılıq elmində seleksiya-damazlıq işində seçmənin müxtəlif tiplərindən istifadə edilir. Arıçılıq sahəsində ən çox kütləvi seçmə, nəsələ görə qiymətləndirmə aparmaqla kütləvi seçmə və fərdi seçmə üsullarından geniş istifadə edilir [8, s.593-609].

Yerli arı cinslərinə malik olan ölkələrin gen mənbələrini qoruyub saxlamaqlarının çox böyük əhəmiyyəti vardır. Dünyada aparılan təcrübələr göstərir ki, arıçılıqda məhsuldarlığın yüksəldilməsi arılarının cinsinin və onların populyasiyalarının keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılmasından asılıdır. M.D. Kaskinova, L.R. Gaifullina, və E.S. Saltykova (2024) Bozdağ Qafqaz arısının genetik xüsusiyyətlərini öyrənmiş, süni seçmənin arıların irsi xüsusiyyətlərini sabitləşdirdiyini və müsbət istiqamətdə dəyişdirdiyi nəticəsinə gəlmişlər. Bu, damazlıq işlərinin genetik sabitlik üçün vacibliyini sübut edir [7, s.1134-1138]. Moritz və Erlərin birgə apardıqları tədqiqat işi nəticəsində aydın olmuşdur ki, seleksiya-damazlıq işinin düzgün təşkili arılarda genetik müxtəlifliyinin qorunmasına, məhsulların istehsalının yüksəlməsinə və nəticədə arıçılığın inkişafına xidmət göstərir [9, s.813-826]. Bal arılarının damazlıq keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması və arı ailələrinin yüksək məhsuldarlığını təmin edə biləcək üsullar müxtəlifdir. Arının keyfiyyət xüsusiyyətləri həm ailə fərdlərindən, həm də ailənin yaşadığı mühitdən asılıdır. Arı ailələri özlərinin ən yüksək keyfiyyət göstəricilərini əlverişli şəraitdə biruzə verir. Canverdi, Özbakır və digər həmkarları (2023) apardıqları tədqiqatda Qafqaz arılarında yetişdirilmə dövrünün ana arıların morfoloji göstəricilərinə təsirini öyrənmişlər. Müəyyən etmişlər ki, süni seçmə və damazlıq texnologiyası ilə yetişdirilən ana arılar daha uzun qanadlara və yüksək kütləyə malik olmuşdur. Mühit faktorlarının damazlıq nəticələrinə təsiri elmi əsaslarla sübut edilmişdir [5, s.295-306].

Zəif gücə malik arı ailələrində keyfiyyətli ana arının müsbət xüsusiyyətlərinin üzə çıxarılması qeyri mümkündür. Arı ailələrinin zəif qida mühitində və əlverişsiz saxlama-qulluq şəraitində keyfiyyət və təsərrüfat xüsusiyyətləri aşağı düşür. Belə şərait uzun illər ərzində davam etdikdə arıların genofonduna böyük təsir göstərir [2, s.58-61].

Professor R.L.Sultanovun (2013) məlumatına əsasən Kiçik Qafqaz bölgəsində yayılmış bal arılarının genetik və irsi xüsusiyyətlərinə elmi cəhətdən nəzarət edilməmiş və burada damazlıq işi təşkil olunmamışdır. Qabaqtəpə arı populyasiyasına məxsus arı ailələrinin keyfiyyət göstəricilərinin qorunması ilə əlaqədar tədqiqat işlərinin aparılmaması bu arıların irsi xüsusiyyətlərinə mənfi təsir göstərmişdir. Bozdağ Qafqaz arı cinsinin Qabaqtəpə arı populyasiyasının arılarında son 20 il ərzində Sarı Qafqaz arı cinsinin Azərbaycan populyasiyasının arıları ilə təmasda olduğu müddətdə genotipik və bioloji təsərrüfat xüsusiyyətlərində müəyyən mənfi dəyişikliklər baş vermişdir. Həmin müddətdə Qabaqtəpə arı populyasiyasının işçi, ana və erkək arılarında xortumun uzunluğu müvafiq olaraq 0,08% ( $t=0,03$ ), 0,12% ( $t=0,02$ ) və 0,45 % ( $t=0,02$ ) azalmışdır. Qabaqtəpə arılarının 13 eksteryer ölçüsündə, onların kütləsinin dəyişkənliyində və 3 keyfiyyət göstəricisində Azərbaycan arı populyasiyasına xas olan əlamətlərə azda olsa meyillik yaranmışdır. Belə ki, Qabaqtəpə arılarının xortumunun uzunluğu cüzi də olsa qısalmış, ətrafların ölçüləri artmış və keyfiyyət göstəriciləri isə azda olsa dəyişmişdir. Bu onu göstərir ki, Sarı Qafqaz arı cinsinin Azərbaycan arı populyasiyasının arıları birgə yaşayış şəraitində Qabaqtəpə arılarının damazlıq keyfiyyətinə mənfi

təsir göstərmişdir.

Odur ki, Qabaqtəpə arı populyasiyasının genofondunun bərpaası, yaxşılaşdırılması və arı ailələrinin məhsuldarlığının yüksəldilməsi istiqamətində tədqiqat işinin həyata keçirilməsi çox vacib addımdır [3, s.197-209].

### **Materiallar və metodlar**

Kiçik Qafqaz bölgəsində Bozdağ Qafqaz arı cinsinin (*Apis mellifera caucasica* Gorb.) Qabaqtəpə populyasiyasının (*populatio Wabaqkendik*) məhsuldar seleksiya-damazlıq qrupunun yaradılması və reproduksiyası məqsədilə tədqiqat işi aparılmışdır. Tədqiqat indiki Heyvandarlıq və Balıqçılıq Elmi-Tədqiqat İnstitutunun Goranboy rayonunda yerləşən “Arıçılıq Təcrübə Stansiyası”nda həyata keçirilmişdir.

Tədqiqat işində aşağıdakı məsələlər öyrənilmişdir:

- Seleksiya-damazlıq məqsədilə formalaşdırılmış ilkin məhsuldar arı ailələrinin özünə məxsus genotipik və məhsuldarlıq qabiliyyətini gələcək nəsə (qız ana arılarına) ötürülməsini müəyyən etmək. Bu zaman arı ailələrində keyfiyyət və məhsuldarlıq qabiliyyətnə görə kütləvi seçmə üsulu tətbiq etməklə Qabaqtəpə arı populyasiyasının seleksiya-damazlıq qrupunun bünövrəsinin təşkili;

- Arıxanada seleksiya-damazlıq işləri ilə bərabər yerli şəraitin coğrafi mövqeyinin və yem bazarının xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq yüksək keyfiyyətə malik damazlıq ana və erkək arıların yetişdirilməsinin müasir tələblərə uyğun texnoloji prosesi işləyib hazırlamaq;

- Qabaqtəpə arı populyasiyasının seleksiya-damazlıq qrupunun bünövrəsinə təşkil edən arı ailələri üzərində fərdi seçmə və çıxdaş üsulunu tətbiq etməklə genotipik və məhsuldarlıq qabiliyyətini gələcək nəsə keçirə bilən daha məhsuldar arı ailələrindən ibarət damazlıq qrupunun yaradılması;

- Yüksək məhsuldarlıq qabiliyyətini gələcək nəsə keçirə bilən seleksiya-damazlıq qrupunun arı ailələrindən reproduksiya məqsədilə istifadə etməklə bölgədə arı ailələrinin məhsuldarlıq qabiliyyətinin yüksəldilməsi.

Azərbaycan Respublikası şəraitində ilk dəfə olaraq Kiçik Qafqaz bölgəsində məskunlaşmış Bozdağ Qafqaz arı cinsinin Qabaqtəpə arı populyasiyasının genotipik, bioloji və təsərrüfat xüsusiyyətlərinə əsasən gələcək nəsə öz müsbət əlamətlərini keçirə bilməsinə görə arı ailələrində kütləvi və fərdi seçmə aparmaqla yüksək məhsuldar yeni seleksiya-damazlıq qrupu yaradılması üçün tədqiqat işi həyata keçirilmişdir. İlk dəfə olaraq Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrində yerli şəraitə uyğunlaşdırılmış yüksək məhsuldar damazlıq ana və erkək arıların yetişdirilməsinin elmi əsaslarla yeni texnoloji prosesi işlənib hazırlanmışdır. Burada yerli şəraitə uyğun olaraq məhsuldar damazlıq ana və erkək arıların erkən yetişdirilmə vaxtı müəyyənləşdirilmiş, əlverişli qulluq və saxlama prosesi işlənib hazırlanmışdır.

Tədqiqatın qarşısına qoyulmuş məqsədə uyğun olaraq 2011-2012-ci illərdə Kiçik Qafqaz bölgəsinin Qabaqtəpə arı populyasiyasının yayıldığı ərazilərdə, Daşkəsən, Gəncə, Göygöl, Goranboy rayonlarında olan arıxanalardan arı nümunələri götürülmüş və eksteryer əlamətləri ölçülmüşdür. Bu məqsədlə hər bir arıxanadan normal inkişaf etmiş arı ailələrinin hər birindən 30-35 işçi arı (cəmi 100 arı nümunəsi), 10-15 erkək arı (cəmi 100 erkək arı nümunəsi) və 5 ana arı (cəmi 30 ana arı nümunəsi) götürülərək onların eksteryer əlamətləri müəyyənləşdirilmişdir. Laboratoriya şəraitində arıların morfoloji əlamətləri (arıların xortumun uzunluğu, üçüncü tergitin uzunluğu, sarılıq indeksi, kubital indeks və s.) ölçülmüşdür. Xortumun uzunluğunu ölçmək üçün arılara qaynar su tətbiq edilmiş və nümunələr preparat hazırlanana kimi 70%-li etil spirtində saxlanılmışdır [11, s.293].

Seleksiya-damazlıq qrup yaratmaq üçün 2013-cü ilin mart ayının ikinci on günlüyündə respublikanın qərb bölgələrində Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrinin məskunlaşması ehtimal olunan bölgələrdə, yüksək damazlıq keyfiyyətinə malik arı ailələrinin axtarışı və seçilməsi məqsədilə mütəxəssislərdən ibarət ekspedisiya təşkil olunmuşdur. Ekspedisiya zamanı tədqiqatçıların və təcrübəli arıçıların iştirakı ilə Qabaqtəpə arı populyasiyasının arılarının

görünüşünə, arıçıların arı ailələrinin məhsuldarlıq qabiliyyətinin yüksək olması haqqında məlumatları əsasında 30 nümunəvi arı ailəsi tədqiqat obyektinə kimi seçilmişdir. Seleksiya-damazlıq məqsədilə ilkin seçilmiş arı qrupunun arı ailələri arıların xarici görünüşünə, populyasiyaya məxsus eksteryer əlamətlərə və arıların 6 keyfiyyət göstəricisinə görə formalaşdırılmışdır. Həmin keyfiyyət göstəricilərinə əsasən ilkin seçilmiş 30 arı ailəsi arasından ən yaxşı keyfiyyət göstəricilərə malik olan 5 arı ailəsi gələcəkdə seleksiya-damazlıq işinin aparılması məqsədilə seçilmişdir. Seçilmiş 5 arı ailəsinin arıların xortumunun uzunluğu və qanadda qarmaqların miqdarı, böyük zəhər vəzisinin uzunluğunun orta ədədi kəmiyyət göstəricisi və bal məhsuldarlığı digər 25 arı ailəsi ilə müqayisədə yüksək olmuşdur. Bundan əlavə seleksiya-damazlıq məqsədi ilə seçilmiş 5 arı ailənin keyfiyyət göstəricilərinin orta ədədi kəmiyyətinin yanlışlığı (m) daha az olmuşdur. Buradan görünür ki, seçilmiş arı ailələrinin orta ədədi kəmiyyətin yanlışlığı üzrə göstəriciləri digər arı ailələrinin göstəriciləri ilə müqayisədə daha sabitdir. Bu onu göstərir ki, həmin yüksək keyfiyyət göstəricilərinə malik seçilmiş seleksiya-damazlıq qrupunun arı ailələrinin arılarında irsiyyət əlamətləri möhkəmdir və nəticədə bu ailələrin keyfiyyət göstəriciləri və yüksək məhsuldarlıq qabiliyyətinin gələcək nəsllə ötürülməsi yüksək olacaqdır. Arı ailələrində olan arıların miqdarı əsasən, axşam arılar yuvaya yığıldıqda dolmuş yuvaların miqdarına və xüsusi yeşiyə tökülüb tərəzi vasitəsilə kütləsi və ona uyğun miqdarı müəyyən edilmişdir. Təcrübə prosesində yüksək keyfiyyətli ana arıların yetişdirilməsi üçün prof. R.L.Sultanovun tövsiyə etdiyi texnologiyadan istifadə edilmişdir. Damazlıq-seleksiya məqsədilə seçilmiş bəsləyici arı ailələrinin yuvalarından 3 çərçivə arı ana arı ilə birlikdə götürülərək onlardan köməkçi ailə kimi istifadə edilmişdir. Belə vəziyyətdə bəsləyici arı ailələrinə ana arıların yetişdirilməsi üçün arı sürfələri calaq edilib hazırlanmış çərçivələr verilmişdir. Bəsləyici arı ailələrinə hər 3 gündən bir olmaqla 5 dəfə arı sürfələri calaq edilmiş çərçivələr verilmiş və hər 6 gündən bir möhürlənmiş ana arı gözcükləri ana qəfəsinə qoyulmuş və onların gələcək inkişafını təmin etmək üçün inqubator arı ailələrinə verilmişdir. Inqubator arı ailələri arıxanada olan ən güclü arı ailələrindən istifadə etməklə hazırlanmışdır. Hər bir ailədən 10 yeni qız ana yetişdirilmiş, onların işçi, ana və erkək arılarının eksteryer əlamətləri F.Ruttnerin metodikası əsasında müəyyən edilmişdir.

### Nəticələrin müzakirəsi

Qabaqtəpə arı populyasiyasının işçi arılarının genetik və irsiyyət xüsusiyyətlərində olan dəyişkənliklərinin müəyyən edilmişdir məqsədilə tədqiqatdan əvvəl 2011-2012-ci illərdə Qərb bölgəsi ərazilərində olan arıxanalardan götürülən arı nümunələri ilə süni seçmə yolu ilə yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq reproduksiya qrupunun işçi, ana və erkək arılarının eksteryer əlamətləri müqayisə edilmişdir. Kiçik Qafqaz bölgəsində yayılmış Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrindən 2011-2012-ci illərdə götürülən işçi arı nümunələri ilə 2016-cı ildə yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq reproduksiya qrupunun işçi arılarının eksteryer əlamətlərindəki dəyişkənlik göstəriciləri müqayisə edilmişdir. Aparılmış təcrübələrin nəticələri 1 №-li cədvəldə verilir.

### Cədvəl № 1. Kiçik Qafqaz bölgəsində Qabaqtəpə arı populyasiyasının işçi arılarının eksteryer xüsusiyyətlərinin dəyişkənliyi (n=100)

№	Göstəricilər	Qabaqtəpə arı populyasiyası		
		2011-2012	2016	Fərq (+, -)
<b>Bədən ölçüləri (işçi arılarda)</b>				
1	Xortumun uzunluğu, mm.	6,602±0,005	6.658 ± 0.005	+0.056
2	III tergitin uzunluğu, mm.	2,160±0,004	2.165±0.009	+0.005
3	Mum güzgülərinin uzunluğu, mm.	1,399±0,004	1.394±0.007	-0.005
4	Qanadın uzunluğu, mm.	4,470±0,005	4.493 ±0.007	+0.023
5	Arxa qanadda qarmaqların miqdarı, ədəd	21,07±0,065	21.25±0.060	+0.18
6	Kubital indeks, %	49,94±0,291	49.93±0.281	-0,01

7	Torzal indeks, %	54,14±0,174	54.16±0.160	+0.02
8	Sarılıq indeksi, %	21,3± 0,8	19.4±0.073	-1.9

1 №-li cədvəldən göründüyü kimi 2011-2012-ci ilin göstəriciləri ilə müqayisədə 2016-cı ildə işçi arıların xortumunun uzunluğu, qanadın uzunluğu, arxa qanadda qarmaqların miqdarı və kubital indeksi artmış, mum güzgülərinin uzunluğu və sarılıq indeksinin faizi isə əksinə azalmışdır. Kiçik Qafqaz bölgəsində yayılmış Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrindən 2011-2012-ci illərdə götürülən ana arı nümunələri ilə 2016-cı ildə yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq reproduksiya qrupunun ana arılarının eksteryer əlamətlərindəki dəyişkənlik göstəriciləri müqayisə edilmişdir. Aparılmış təcrübələrin nəticələri 2 №-li cədvəldə verilir.

**Cədvəl № 2. Qabaqtəpə arı populyasiyasının ana arılarının eksteryer xüsusiyyətlərinin dəyişkənliyi (n=30)**

№	Göstəricilər	Qabaqtəpə arı populyasiyası		
		2011-2012	2016	Fərq (+, -)
<b>Bədən ölçüləri (ana arılarda)</b>				
1	Xortumun uzunluğu, mm.	4.055±0.005	4.073±0.006	+0.018
2	III tergitin uzunluğu, mm.	3.10±0.01	3.20±0.01	+0.1
3	Qanadın uzunluğu, mm.	10.20±0.02	10.22±0.03	+0.02
4	Baldırın uzunluğu, mm.	3.57±0.03	3.65±0.02	+0.08
5	Birinci pəncənin uzunluğu, mm.	2.42±0.03	2.49±0.03	+0.07
6	Kubital indeks, %	51.2±0.02	51.3±0.02	+0.1
7	Sarılıq indeksi, %	22.6±0.8	20.6±0.6	-2
8	Mayalanmış ana arının kütləsi, mq.	220.6±3.5	225.7±2.1	+5.1

Cədvəldən də göründüyü kimi seleksiya-damazlıq işləri nəticəsində Qabaqtəpə arı populyasiyasının ana arıların eksteryer əlamətləri müsbət yöndə dəyişikliyə məruz qalmışdır. Ana arıların 2011-2012-ci ilin göstəriciləri ilə müqayisədə 2016-cı ildə xortumunun uzunluğu, qanadın uzunluğu, birinci pəncənin uzunluğu, mayalanmış ana arının kütləsi və kubital indeksi artmış, sarılıq indeksi isə əksinə azalmışdır. Kiçik Qafqaz bölgəsində yayılmış Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrindən 2011-2012-ci illərdə götürülən erkək arıların nümunələri ilə 2016-cı ildə yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq reproduksiya qrupunun erkək arılarının eksteryer əlamətlərindəki dəyişkənlik göstəriciləri müqayisə edilmişdir. Aparılmış təcrübələrin nəticələri 3 №-li cədvəldə verilir.

**Cədvəl № 3. Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrində erkək arıların eksteryer əlamətlərinin dəyişkənliyi (n=100)**

№	Göstəricilər	Qabaqtəpə arı populyasiyası		
		2011-2012	2016	Fərq (+, -)
<b>Bədən ölçüləri (erkək arılarda)</b>				
1	Xortumun uzunluğu, mm.	4,430±0,19	4.54±0.11	+0.056
2	III tergitin uzunluğu, mm.	2,796±0,012	2.791±0.011	-0.005
3	Qanadının uzunluğu, mm.	12,300±0,035	12.410±0.043	+0.11
4	Birinci pəncənin uzunluğu, mm.	2,678 ±0,011	2.684±0.011	+0.006
5	Baldırın uzunluğu, mm	4,060 ±0,020	4.094±0.015	+0.034
6	Kubital indeksi, %-lə	79,2±0,41	80.5±0.35	+1.3

Cədvəldən aydın olur ki, tədqiqat işi nəticəsində Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrində erkək arıların da eksteryer əlamətlərində dəyişiklik müşahidə olunmuşdur. Erkək arıların 2011-2012-ci ilin göstəriciləri ilə müqayisədə 2016-cı ildə xortumunun uzunluğu, qanadın uzunluğu, birinci pəncənin uzunluğu, baldırın uzunluğu və kubital indeksi artmış, III tergitin uzunluğu isə əksinə azalmışdır. Beləliklə, 1, 2 və 3 №-li cədvəllərdən də göründüyü kimi, Kiçik Qafqaz bölgəsində seleksiya damazlıq işləri nəticəsində Qabaqtəpə arı populyasiyasının işçi, ana və erkək arılarının eksteryer əlamətləri dəyişikliyə məruz qalmışdır. Aparılmış tədqiqat işinin müqayisəli təhlili göstərir ki, süni seçmə və seleksiya işi nəticəsində Qabaqtəpə populyasiyasının işçi, ana və erkək arılarının bədəninin buğumlarının, xortumunun, qanadın ölçüləri artmış, sarılıq indeksi isə azalmışdır. Tədqiqat işində arı ailələrində kütləvi və fərdi seçmə aparmaqla yüksək məhsuldar yeni seleksiya-damazlıq qrupunun bütün arılarının eksteryer ölçüləri tədqiqatdan əvvəlki 2011-2012-ci il göstəriciləri ilə müqayisədə yüksək olmuşdur. Arılarda morfometrik əlamətlərdən olan xortumun süni seçmə nəticəsində ölçülərinin nisbətən artması onların nektar toplama qabiliyyətini artırır və bu da məhsuldarlığa birbaşa təsir göstərir. Uzun xortum arıya daha dərin çiçəklərdən nektar toplama imkanı verir, nəticədə bal istehsalı yüksəlir.

### **Nəticə**

Respublikamızda Qabaqtəpə arı populyasiyasının arılarının genotipinin tarazlıq vəziyyətinin öyrənilməsi və süni seçmə aparmaqla daha yüksək məhsuldar genotipə malik arıların yetişdirilməsinin əhəmiyyəti çox böyükdür. Genotipik əlamətlərin morfometrik göstəricilərlə uyğunluğu seleksiya işlərində etibarlılıq meyarı kimi istifadə olunur. Bu, arı ailələrinin məhsuldarlığını artırmaq və sabit populyasiya yaratmaq üçün əsas göstəricidir. Etibarlılıq meyarı hər hansı fərdlərin göstəriciləri arasında və ya irsi əlamətlərin nə dərəcədə uyğunluğu və nəsildə özünü göstərməsinin əlamətidir. Tədqiqatda bütün statistik təhlillər, o cümlədən orta dəyərlərin hesablanması, standart kənarlaşmalar, variasiya əmsalları və qrup müqayisələri IBM SPSS Statistics Version 26.0 istifadə edilərək həyata keçirilmişdir.

Qabaqtəpə arı populyasiyasının arılarının bəzi genotipik, bioloji və təsərrüfat xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırmaq və yaradılmış daha məhsuldar seleksiya-damazlıq qrupunun arı ailələrindən reproduksiya məhsulu kimi istifadə etməklə bölgədə arı ailələrinin məhsuldarlıq qabiliyyətini yüksəltmək tədqiqat işinin əsas vəzifələrindən biri olmuşdur. İlk dəfə olaraq respublikanın Kiçik Qafqaz bölgəsində Qabaqtəpə arı populyasiyasının arılarında ardıcıl, sistemli, elmi əsaslarla aparılmış seleksiya-damazlıq işləri nəticəsində yeni yaradılmış məhsuldar arı qrupunun ailələrində yetişdirilmiş damazlıq ana arılar reproduksiya məqsədilə bölgə ərazisində məskunlaşmış digər arıxanalara verilmişdir. İlk dəfə olaraq damazlıq məqsədilə yetişdirilmiş ana arıların reproduksiyasını təşkil etməklə bölgədə Qabaqtəpə arı populyasiyasının arı ailələrinin genotipik əlamətləri yaxşılaşdırılmış və məhsuldarlıq keyfiyyəti yüksəlmişdir.

Azərbaycan Respublikası şəraitində ilk dəfə olaraq Kiçik Qafqaz bölgəsində məskunlaşmış Bozdağ Qafqaz arı cinsinin Qabaqtəpə arı populyasiyasının genotipik, bioloji və təsərrüfat xüsusiyyətlərinə əsasən gələcək nəsə öz müsbət əlamətlərini keçirə bilməsinə görə arı ailələrində kütləvi və fərdi seçmə aparmaqla yüksək məhsuldar yeni seleksiya-damazlıq qrupu yaradılmışdır. 2016-cı ildə yekunlaşan tədqiqat işi nəticəsində yeni yaradılmış seleksiya-damazlıq reproduksiya qrupunun arıları ilə tədqiqatdan əvvəlki götürülmüş arı nümunələrinin eksteryer əlamətləri müqayisə edilmişdir. Aparılmış tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, Bozdağ Qafqaz arı cinsinin Qabaqtəpə arı populyasiyasının arılarında min illər nəticəsində təkamül prosesində formalaşmış irsi genetik əlamətlər dəyişmədən gələcək nəsə ötürülür. Hibridləşmə, mühit amilləri və saxlama-qulluq şəraitinin pisləşməsi nəticəsində arılarda formalaşmış irsi genetik əlamətlərdə müəyyən qədər dəyişiklik baş versə də, əlverişli mühit şəraitində bu keyfiyyətləri qısa müddətdə bərpa etmək mümkündür.

### Ədəbiyyat

1. Sultanov, R.L. (1993). “Azərbaycanda bal arısının bioloji xüsusiyyətləri”. *Monoqrafiya* Bakı, I hissə, 11-12
2. Алиева, В.Р. (2022). “Морфометрическая оценка трутней селекционно-племенной группы Кабхатапинской популяции Серой Горной Кавказской породы (*Apis mellifera caucasica* Gorb.)” *Аграрная Наука, Научно-теоретический журнал*, №6, 58-61
3. Aliyeva, V.R. (2025). “Indicators of the new selected-breeding group of the Bozdag Caucasian bee breed (*Apis mellifera* Caucasia) in Azerbaijan”. *Uludag Bee Journal*, 25 (2), 197-209
4. Berezin, A.S., Borodachev, A.V., et al. (2020). The loss of taxonomic biodiversity of honey bees (*Apis mellifera* L.) and main breeds in Russia. *Phylogenetics of Bees*, 152
5. Canverdi, N.P., Ozbakir G.O., et al. (2023). “The effects of altitude and rearing period on some characteristics of honey bee queens, *Apis mellifera caucasica* Gorbachev, 1916 (Hymenoptera: Apidae). *Turkish Journal of Entomology*, 47(3), 295–306
6. Kara, M., Sezgi, E., Kara, A. (2012) “Importance of Caucasian honeybee and its characteristics as a gene resource”. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(10), 1197–1202
7. Kaskinova, M.D., Gaifullina, L.R., Saltykova, E.S. (2024). “The genetic characteristics of the Gray Mountain Caucasian bee (*Apis mellifera caucasica* G.). *Russian Journal of Genetics*, 60(8), 1134–1138
8. Kosoglu, M., Oskay, D. (2021). “Honeybee breeding and some basic approaches”. *Journal of Applied Sciences*, 6(3), 593–609
9. Moritz, R.F.A., Erler, S. (2020). Population genetics and conservation of honeybees in Europe. *Conservation Genetics*, 21(5), 813-826
10. Omarov, A., Ojaghi, J., Kandemir, I. (2020). “Morphometric, genetic, and competitive study of the Grey Mountain Honeybee populations (*Apis mellifera caucasica*) in Azerbaijan. *Khazar Journal of Science and Technology*, 4(2), 5–14.
11. Ruttner, F., (1988). “Biogeography and Taxonomy of Honey Bees”. Springer, Verlag, Berlin, 293
12. Svistunov, S.V., Koshchayev, A.G., Bondarenko, N.N., et al. (2018). “Selection of bees of the Gray mountain caucasian breed: *Apis mellifera caucasica* L. of the Krasnaya polyana type”. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 3185-3188

### INDICATORS OF THE EXTERIOR CHARACTERISTICS OF BEES IN THE COLONIES OF THE NEWLY ESTABLISHED SELECTION-BREEDING GROUP

Vusale Aliyeva

Scientific Research Institute of Animal Husbandry and Fisheries

#### Summary

The aim of the study is to investigate the existing genotypic characteristics of the Gray Mountain Caucasian bee breed (*Apis mellifera caucasica* Gorb.), historically settled in the Small Caucasus region of the Republic, specifically the Kabaktapa bee population (populatio Wabaqkendik). The research also seeks to identify ecological environmental factors that have negatively influenced hereditary traits in recent years and, through purposeful selection and breeding work, to establish a productive selection-breeding bee group. From apiaries located in the western regions of the Republic, 30 bee colonies were initially selected. Among them, 5 colonies with the highest quality indicators were chosen for selection-breeding work. From each colony, 10 new queen bees were reared. The exterior characteristics of worker, queen, and drone bees were determined according to F. Ruttner’s methodology. In bee colonies, through mass and individual selection, a highly productive breeding group has been created, capable of transmitting its positive traits to future generations.

As a result of the research completed in 2016, the exterior characteristics of bees from the newly established breeding-reproduction group were compared with samples taken before the study. The indicators of worker, queen, and drone bees in the new breeding group underwent positive changes in line with the genotypic traits of the Kabaktapa bee population.

**Keywords:** bee, selection, breeding, exterior traits, cubital index

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ ПЧЁЛ В СЕМЬЯХ ВНОВЬ СОЗДАННОЙ СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННОЙ ГРУППЫ

Вусаля Алиева

Научно-исследовательский институт животноводства и рыбного хозяйства

### Аннотация

Целью исследования является изучение существующих генотипических особенностей популяции пчёл Кабахтапинской (populatio Wabaqkendik) Серой Горной Кавказской породы (*Apis mellifera caucasica* Gorb.), исторически обитающей в регионе Малого Кавказа, уточнение экологических факторов среды, оказывающих отрицательное влияние на изменения наследственных признаков в последние годы, а также создание продуктивной селекционно-племенной группы пчёл посредством целенаправленной селекционно-племенной работы. Из 30 первоначально отобранных пчелиных семей в пасеках западных районов республики были выбраны 5 семей с наивысшими показателями качества для проведения селекционно-племенной работы. В каждой семье было выращено по 10 новых маток, а экстерьерные признаки рабочих, маток и трутней определялись по методике Ф. Рутнера. В пчелиных семьях путем массового и индивидуального отбора создана высокопродуктивная селекционно-племенная группа, способная передавать свои положительные признаки будущему поколению. В результате завершившейся в 2016 году исследовательской работы были сопоставлены экстерьерные признаки пчёл новой селекционно-племенной репродукционной группы с образцами пчёл, взятыми до начала исследования. Показатели рабочих, маточных и трутневых пчёл новой селекционно-племенной группы подверглись положительным изменениям в направлении, соответствующем генотипическим признакам популяции пчёл Кабахтапинской.

**Ключевые слова:** пчела, селекция, племенная работа, экстерьерные признаки, кубитальный индекс

Daxil oldu:

19.01.2026

Çap edildi:

25.05.2026

**Texnika və Aqrar elmləri Beynəlxalq Elmi-praktik jurnalında  
məqalələrin nəşr edilməsinə verilən tələblər (müəlliflər üçün təlimat):**

1. Jurnal öz profilinə uyğun olaraq texnika və aqrar elm sahələri üzrə əsasən qida sənayesi və təhlükəsizliyi, yüngül və tekstil sənayesi və materialşünaslığı, ümumi sənaye texnologiyası, aqrotexnologiya, üzvi maddələrin texnologiyaları və materialşünaslıq, sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi və s. elmi istiqamətlərinə aid məqalələri dərc edir.
2. Jurnalın “Texnika elmləri” və “Aqrar elmləri” üzrə bölmələri və hər bölmə üzrə idarə heyəti və rəyçiləri (ekspertləri) vardır.
3. “Texnika elmləri” bölməsində əsasən qida məhsullarının texnologiyası, biotexnologiya, sənaye texnologiyası, toxuculuq və yüngül sənaye materiallarının və məhsullarının texnologiyası, ətraf mühitin texnologiyası və mühəndisliyi, kimya texnologiyası və mühəndisliyi, sistemli analiz, idarəetmə və informasiyanın işlənməsi, maşınlar, avadanlıqlar və proseslər, istehsalın təşkil və sahə iqtisadiyyatı, ekologiya və s. ixtisaslar üzrə məqalələr dərc olunur.
4. “Aqrar elmləri” bölməsinə isə əsasən torpaqşünaslıq və aqrokimya, aqromühəndislik, bioloji ehtiyatlar, seleksiya və toxumçuluq, biokimya və mikrobiologiya, meyvəçilik və üzümçülük, bitkiçilik, bitkilərin mühafizəsi, subtropik bitkilər, meşəçilik, baytarlıq elmləri, xüsusi zootexniya, heyvandarlıq məhsullarının istehsalı texnologiyası və s. ixtisaslar üzrə məqalələr qəbul edilir.
5. Jurnal ildə 2 dəfə nəşr edilir.
6. Məqalələr azərbaycan, ingilis, türk və rus dillərində qəbul olunur.
7. Jurnalda baxılan elm və ya texnologiya sahəsində qabaqcıl olan dünya ölkələrindən daxil olan məqalələrin çapına yer verilir.
8. Məqalələrin mətnləri Times New Roman-12 şrifti ilə (məsələn, Azərbaycan dilində latın əlifbası, türk dilində türk əlifbası, rus dilində kiril əlifbası, ingilis dilində ingilis əlifbası ilə) 1 intervalla çap olunmalıdır. Məqalə A4 formatında aşağıdakı kimi yerləşdirilməlidir: soldan- 25 mm, sağdan- 15 mm, yuxarıdan- 20 mm, aşağıdan- 25 mm, abzas-1,25. Müəlliflər məqalələri hazırlamaq üçün MS Word ŞABLON faylından istifadə edə bilərlər.
9. Jurnalda hər bir məqalə yeni səhifədə verilir və səhifənin yuxarisında jurnalın adını, ilini, cildini, sayını, məqalənin başlanğıc və son səhifələrini bildiren başlıq (zastavka) göstərilir.
10. Məqalə aşağıdakı kimi tərtib olunmalıdır: səhifənin əvvəlində UOT indeksləri və ya PACS tipli kodlar göstərməli, sonra məqalənin adı, daha sonara müəllif(lər)in soyadı, adı, atasının adı, işlədiyi müəssisə(lər) və həmin müəssisənin (müəssisələrin) ünvan(lar)ı, müəllif(lər)in elektron poçt ünvan(lar)ı göstərməlidir. Məqalənin adı (başlığı) qısa və məlumatlandırıcı olmalıdır.
11. Məqalənin əvvəlində onun yazıldığı dildə 150-300 işarədən ibarət xülasə və 5-8 sözdən ibarət açar sözlər verilməlidir. Açar sözlər üç dildə (məqalənin və xülasələrin yazıldığı dillərdə) verilməlidir. Məqalənin həcmi tədqiqat və araşdırma məqalələri üçün 6-12 səhifə, icmal məqalələr üçün 20 səhifəyə qədər olmalıdır.
12. Məqalənin quruluşu əsasən aşağıdakı ardıcılığını təmin etməlidir: giriş, elmi-praktiki və nəzəri metodoloji əsaslandırma, istifadə olunan materiallar, avadanlıq və cihazlar, tədqiqat obyektləri və üsulları (metodları), tədqiqatın aparılma qaydası və yeri, nəticələrin işlənməsi üsulları, alınmış nəticələr və onların müzakirəsi, nəticə və təkliflər, ədəbiyyat siyahısı. Zəruri hallarda məqalənin məzmunundan asılı olaraq müəllif(lər) tərəfindən məqalənin quruluşunda müəyyən dəyişikliklər aparıla bilər.
13. Məqalədə verilən şəkillər ardıcıl olaraq nömrələnməlidir. Şəkilaltı yazıda 15-dən artıq söz olmamalıdır. Şəkillər üçün PNG və JPEG formatları uyğun hesab edilir. Bütün şəkillər mətnin sonunda deyil, istinad olduğu müvafiq yerlərində yerləşdirilməlidir. Məqalədə verilən cədvəllər də ardıcıl olaraq nömrələnməlidir. Cədvəlın adında və orada verilən abreviaturaların izahında 15-dən artıq söz olmamalıdır. Bütün cədvəllər mətnin sonunda deyil, istinad olduğu müvafiq yerlərdə yerləşdirilməlidir. Məqalənin mətnində bütün şəkil və cədvəllərə istinadlar olmalıdır.

14. Elmi məqalənin sonunda elm sahəsinin və məqalənin xarakterinə uyğun olaraq müəllif(lər)in gəldiyi elmi nəticə, işin elmi yeniliyi, tətbiqi əhəmiyyəti, iqtisadi səmərəsi və s. aydın və əsaslandırılmış şəkildə verilməlidir.
15. Məqalənin mövzusu ilə bağlı elmi mənbələrə istinadlar olmalıdır. Məqalənin sonunda verilən ədəbiyyat siyahısı ya istinad olunan ədəbiyyatların mətnində rast gəlinəndə ardıcılıqla (məsələn, [1] və ya [1, s.119] kimi işarə olunmalı), ya da əlifba ardıcılığı ilə nömrələnməlidir. Eyni ədəbiyyata mətnədə başqa bir yerdə təkrar istinad olunarsa, onda istinad olunan həmin ədəbiyyat əvvəlki nömrə ilə göstərilməlidir.
16. Ədəbiyyat siyahısında verilən hər bir istinad haqqında məlumat tam və dəqiq olmalıdır. İstinad olunan mənbənin bibliografik təsviri onun növündən (monoqrafiya, dərslik, elmi məqalə və s.) asılı olaraq verilməlidir. Elmi məqalələrə, simpozium, konfrans və digər nüfuzlu elmi tədbirlərin materiallarına və ya tezislərinə istinad edərkən məqalənin, məruzənin və ya tezisnin adı göstərilməlidir. İstinad olunan mənbənin bibliografik təsviri verilərkən Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının «Dissertasiyaların tərtibi qaydaları» barədə qüvvədə olan təlimatının «İstifadə edilmiş ədəbiyyat» bölməsinin 10.2-10.4.6 tələbləri əsas götürülməlidir.
17. Ədəbiyyat siyahısı Essentials APA Style üslubunda tərtib edilməlidir.
18. Məqalənin sonundakı ədəbiyyat siyahısında məqalənin mövzusunə aid ən yeni- son 5-10 ilin elmi məqalələrinə, monoqrafiyalarına və digər etibarlı mənbələrinə üstünlük verilməlidir. Mətnədə ədəbiyyat siyahısındakı bütün mənbələrə istinad edilməlidir.
19. Dərc olunduğu dildən əlavə başqa iki dildə məqalənin xülasəsi (əgər məqalə ingilis dilində deyildirsə, xülasənin biri ingilis dilində olmalıdır) verilməlidir. Məqalələnin müxtəlif dillərdə olan xülasələri bir-birinin eyni olmalı və məqalənin məzmununa uyğun olmalıdır. İşin məqsədi, istifadə olunmuş material və metodlar, müəllifin və ya müəlliflərin gəldiyi elmi nəticə, işin elmi yeniliyi, tətbiqi əhəmiyyəti və s. xülasədə yığcam şəkildə öz əksini tapmalıdır. Xülasələr elmi və qramatik baxımdan ciddi redaktə olunmalıdır. Hər bir xülasədə məqalənin adı, müəllifin və ya müəlliflərin tam adı göstərilməlidir.
20. Məqalənin redaksiyaya daxil olma, təkrar işlənməyə göndərilmə və çapa qəbul olunma tarixləri məqalənin sonunda göstərilir.
21. Məqalədə plagiatlıq faktı aşkar edildikdə və müəllif (lər) tərəfindən elmi etika qaydaları pozulduqda məqalə dərc olunmur və geri qaytarılır.
22. Jurnala təqdim edilən məqalə başqa jurnalda çap olunmamalı və ya digər jurnallara çap üçün göndərilməməlidir. Əlyazmanın təqdim edilməsi o deməkdir ki, məqalə heç bir başqa jurnalda göndərilməmiş, eyni və ya oxşar formada, ingiliscə və ya hər hansı başqa dildə təqdim və ya nəşr olunmayıb. Əvvəllər seminar, simpoziumda və ya konfransda çap olunmuş əlyazmalar bir şərtlə baxılmaq üçün təqdim oluna bilər ki, əlyazmalar əsaslı şəkildə yenidən işlənsin və müəlliflər bu barədə redaksiyaya məlumat versinlər.
23. Jurnalda dərc edilən məqalələrdə müəlliflik hüququ qorunur və bu məqalələrin bütün nəşr hüquqları eksklyuziv olaraq "Texnika və Aqrar elmləri" jurnalına məxsusdur.
24. Məqalələr anonim rəyçilərin (ekspertlərin) gizli rəyindən sonra sahə redaktoru (baş redaktoru sahə üzrə müavini) və ya redaksiya heyətinin mütəxəssis üzvlərindən biri tərəfindən çapa tövsiyə və ya təqdim olunmalıdır. Məqalənin sonunda onu çapa təqdim edən sahə redaktoru (baş redaktoru sahə üzrə müavini) və ya redaksiya heyəti üzvünün adı, atasının adı və soyadı (tam şəkildə), onun elmi dərəcəsi və elmi adı qeyd olunmalıdır. Təqdim olunan məqalənin dərc olunmasından imtina edildiyi halda jurnalın redaksiyası yazılı şəkildə müəllifə əsaslandırılmış imtina cavabı göndərməlidir.
25. Jurnalın redaksiyası məqalənin dərc olunması ilə əlaqədar olaraq müəllif və ya müəlliflərin razılığını, göndərilən məqalənin əvvəllər dərc olunmadığını (məqalənin tezis şəklində dərc olunmuş variantı istisna olmaqla), məqalənin hər hansı bir dildəki variantının eyni zamanda digər dövri elmi nəşrlərə göndərilmədiyini, məqalə ilə bağlı elmi-tədqiqat işinin hansı müəssisədə yerinə yetirildiyini və digər zəruri məlumatları özündə əks etdirən anket

- hazırlamalıdır. Bu anketi müəllif(lər) imzalayıb redaksiyaya göndərməli və ya dövrü elmi nəşrin sayına daxil olub anketin elektron variantını doldurmalı və onu elektron təsdiqləməlidir(lər).
26. Jurnalda «əvvəli ötən saylarımızda», «ardı növbəti nömrədə» adı altında seriya məqalələrin dərc olunmasına icazə verilmir.
  27. Jurnalın əvvəlki nömrələrində dərc olunmuş məqalələrdə rast gəlinən ciddi səhvlər və ya texniki qüsurlara dair düzəliş və qeydlər elmi nəşrin növbəti nömrələrindən birində müəllif(lər) tərəfindən yenidən verilə bilər. Bu halda əvvəlki məqalə ilə «DÜZƏLİŞ» bölməsində verilən məqalənin adı eyni olmalıdır.
  28. Jurnalın zəruri nüsxələri, texnika və aqrar elmləri sahələrinin ixtisaslarına uyğun olaraq, Azərbaycan Respublikasında dissertasiyaların avtoreferatlarının göndərildiyi təşkilatlara, o cümlədən Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasına göndərilir. Jurnalın hər bir nömrəsinin nəzərdə tutulmuş kitabxanalardan hər birinə göndərilən nüsxələrinin sayı ən azı iki nüsxədir.
  29. Jurnalın bütün oxucuları və müəlliflər üçün jurnalın sayına açıq giriş pulsuzdur. Məqalələrin nəzərdən keçirilməsi, ekspertizası, onlayn hostinq və arxivləşdirmə, nəşr və s. xərclər redaksiya heyəti tərəfindən müəyyən edilir və məqalələrin işlənməsi üçün ödənişlərlə kompensasiya edilir. Jurnal redaksiyası tərəfindən doktorant və dissertantlardan məqalələrin dərc olunması üçün rüsum alınmır.
  30. Təqdim olunan məqalənin dərc olunmasından imtina edildiyi halda jurnalın redaksiyası müəllifə yazılı şəkildə əsaslandırılmış imtina cavabı göndərir.
  31. Məqalənin göndəriləcəyi ünvan və müəllif anketi: [technoagrarian@lsu.edu.az](mailto:technoagrarian@lsu.edu.az)

#### MÜƏLLİF ANKETİ

Soyadı, adı və atasının adı	
İş yeri	
Vəzifəsi	
Elmi dərəcəsi, elmi adı	
ORCID kodu	
Məqalənin adı	
Ünvanı	
E-mail adresi	
Əlaqə telefonu	
Məqalənin əvvəllər dərc olunması və ya digər dövrü elmi nəşrlərə göndərilməsi barədə məlumat	

#### REQUIREMENTS

##### for the publication of articles in the International scientific-practical journal "Technical and Agricultural Sciences"(instruction for authors)

1. In accordance with its profile, the journal mainly focuses on food industry and safety, light and textile industry and material science, general industrial technology, agro-technology, organic substance technologies and material science, systematic analysis, management and information processing, and other topics in the field of technical and agricultural sciences.
2. The journal has sections on "Technical sciences", "Agrarian sciences", a board of directors and reviewers (experts) for each section.
3. Articles on specialties of food technology, biotechnology, industry technology, technology of textile and light industrial materials and products, environmental technology and engineering, chemical technology and engineering, systematic analysis, management and information processing, machines, equipment and processes, production organization and field economics,

- ecology, and other similar topics are mainly published in the "Technical Sciences" section.
4. The articles on specialties of soil science and agro-chemistry, agro-engineering, biological resources, selection and seed breeding, biochemistry and microbiology, fruit growing and viticulture, plant breeding, plant protection, subtropical plants, forestry, veterinary sciences, special zoo-technics, production technology of livestock products are accepted in the "Agrarian sciences" section.
  5. The journal is published 2 times a year.
  6. Articles are accepted in Azerbaijani, English, Turkish and Russian languages.
  7. The articles from the leading countries of the world in the field of science or technology are published in the journal.
  8. The texts of the articles should be printed in Times New Roman - 12 pt (for example, Latin alphabet in Azerbaijani, Turkish alphabet in Turkish, Cyrillic alphabet in Russian, English alphabet in English) with 1 interval. The article should be placed in A4 format as follows: from the left - 25 mm, from the right - 15 mm, from the top - 20 mm, from the bottom - 25 mm, paragraph - 1.25. Authors can use the MS Word TEMPLATE file to prepare articles.
  9. Each article in the journal is given on a new page, and at the top of the page is a header indicating the name of the journal, year, volume, issue, and the beginning and last pages of the article.
  10. The article should be designed as follows: UOT indexes or PACS-type codes should be indicated at the beginning of the page, then the title of the article, the surname, first name, patronymic of the author(s), the institution(s) where he/she works and the address of that institution(s) and the e-mail address(es) of the author(s) should be indicated. The title of the article should be short and informative.
  11. At the beginning of the article, a summary of 150-300 characters and 5-8 keywords should be given in the language in which it is written. Key words should be given in three languages (languages in which the article and abstracts are written). The volume of the article should be 6-12 pages for research and review articles and up to 20 pages for review articles.
  12. The structure of the article should mainly ensure the following sequence: introduction, scientific practical and theoretical-methodological justification, used materials, equipment and devices, research objects and ways (methods), the order and place of conducting the research, methods of processing the results, obtained results and their discussion, results and suggestions, and a literature list. Depending on the content of the article, if necessary certain changes in the structure of the article can be made by the author(s).
  13. The pictures given in the article should be numbered consecutively. Captions should not be more than 15 words. PNG and JPEG formats are considered suitable for images. All images not should be placed at the end of the text, but where they are referenced. Tables given in the article should also be numbered consecutively. The name of the table and the explanation of the abbreviations given there should not exceed 15 words. All tables should be placed where they are referenced, not at the end of the text. All figures and tables should be referenced in the text of the article.
  14. At the end of the scientific article, according to the nature of the scientific field and the nature of the article, the scientific conclusion of the author(s), the scientific novelty of the work, the importance of application, economic efficiency and other final thoughts should be given in a clear and justified manner.
  15. There should be references to scientific sources related to the topic of the article. The bibliography at the end of the article should be numbered either in the order in which the cited literature appears in the text (for example, [1] or [1, p.119]), or in alphabetical order. If the same literature is cited again in another place in the text, then the cited literature should be indicated by the previous number.
  16. Information about each reference given in the bibliography must be complete and accurate. The bibliographic description of the cited source should be given depending on its type

(monograph, textbook, scientific article, etc.). When referring to scientific articles, materials or theses of symposiums, conferences and other prestigious scientific events, the name of the article, report or thesis should be indicated. When providing a bibliographic description of the cited source, the requirements 10.2-10.4.6 of the "Referenced literature" section of the current instruction of the High Attestation Commission under the President of the Republic of Azerbaijan on "Rules for the preparation of dissertations" should be taken as a basis.

17. The reference list should be written in Essentials APA Style.
18. In the list of literature at the end of the article, priority should be given to the most recent scientific articles, monographs and other reliable sources related to the topic of the article of the last 5-10 years. All sources in the bibliography should be cited in the text.
19. In addition to the language in which it was published, the abstract of the article should be given in two other languages (if the article is not in English, one of the abstracts should be in English). Abstracts of the article in different languages should be identical to each other and should correspond to the content of the article. The abstract should include the purpose of the work, the materials and methods used, the scientific conclusion reached by the author(s), the scientific novelty of the work and the application's importance should be concisely reflected in the summary. Abstracts should be strictly edited from a scientific and grammatical point of view. Each abstract should include the title of the article and the full name of the author(s).
20. The dates of the articles entry into the editor's office, being sent for revision and acceptance into print should be indicated at the end of the article.
21. When the fact of plagiarism is discovered in the article and in case of violation of rules of scientific ethics by the author(s), the article is not published and returned.
22. The article submitted to the journal should not be published in another journal or published in other journals should in English or in any other language. Manuscripts previously published at a workshop, symposium, or conference may be submitted for review, provided the manuscripts are substantially revised and the authors notify the editors.
23. Articles published in the journal are copyrighted and all publications of these articles rights belong exclusively to "Technical and Agricultural Sciences" journal.
24. Articles are reviewed by anonymous reviewers (experts) by the field editor (deputy editor-in-chief in the field) or by one of the specialist members of the editorial board who decides if it should be recommended or submitted. At the end of the article, the field editor who submitted it to print (deputy editor-in-chief in the field) or editorial board member's name, father's name and surname (in full), his scientific degree and scientific name should be noted. In case of refusal of publishing the submitted article, the editorial office of the journal should send a justified rejection response to the author.
25. In connection with the publication of the article, the editors of the journal confirm the consent of the author(s), that the submitted article has not been published before (except for the version of the article published in the form of a thesis), that the version of the article in any language has not been sent to other periodical scientific publications at the same time, that the scientific information related to the article - should prepare a questionnaire containing the institution in which the research work was performed and other necessary information. The author(s) must sign this questionnaire and send it to the editorial office or visit the website of the periodical scientific publication, fill out the electronic version of the questionnaire and confirm it electronically.
26. Publishing serial articles in the journal under the title "in our previous issues" or "in the next issue" is not allowed.
27. Corrections and notes on serious errors or technical defects found in articles published in previous issues of the journal can be reissued by the author(s) in one of the next issues of the scientific publication. In this case, the name of the article given in the "CORRECTION" section should be the same as the previous article.
28. Necessary copies of the journal are sent to the organizations in the Republic of Azerbaijan to

which abstracts of dissertations are sent, including to the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Azerbaijan, in accordance with the specialties of technical and agricultural sciences. The number of copies of each issue of the journal sent to each of the designated libraries is at least two copies.

29. Open access to the website of the journal is free for all readers and authors of the journal. Article review, peer review, online hosting and archiving, publishing, and other costs are determined by the editorial board and compensated by article processing fees. The editors of the journal do not charge a fee for publishing articles from doctoral students and dissertations.
30. In case of unauthorized publication of the submitted article, the editors of the journal should send a reasoned response in writing to the author.
31. The address to which the article will be sent and the author questionnaire: [technoagrarian@lsu.edu.az](mailto:technoagrarian@lsu.edu.az)

#### AUTHOR 'S PROFILE

Surname, name and patronymic	
Workplace	
Position	
Scientific degree, Scientific name	
ORCID	
Title of the article	
Address	
E-mail address	
Contact number	
Information about previous publication of the article or submission to other periodical scientific publications	

#### "Teknoloji ve Tarım Bilimleri" Uluslararası bilimsel-pratik dergisinde makale yayınlama konusunda yazarlar için

##### TALİMAT

1. Dergi profiline uygun ağırlıklı olarak gıda endüstrisi ve güvenliği, hafif ve tekstil endüstrisi ve malzeme bilimi, genel endüstriyel teknoloji, agroteknoloji, organik madde teknolojileri ve malzeme bilimi, sistematik analiz, yönetim ve bilgi işleme vb. teknik ve ziraat bilimleri alanları. bilimsel yönlerle ilgili makaleler yayınlamaktadır.
2. Dergide "Teknik bilimler" ve "Tarım bilimleri" bölümleri ve her bölüm için bir yönetim kurulu ve hakemler (uzmanlar) bulunur.
3. "Teknik Bilimler" bölümünde ağırlıklı olarak gıda ürünleri teknolojisi, biyoteknoloji, endüstriyel teknoloji, tekstil ve hafif endüstriyel malzeme ve ürünler teknolojisi, çevre teknolojisi ve mühendisliği, kimya teknolojisi ve mühendisliği, sistematik analiz, yönetim ve bilgi işlem, makineler, ekipman ve süreçler, üretim organizasyonu ve saha ekonomisi, ekoloji vb. uzmanlık alanlarında makaleler yayınlamaktadır.
4. "Tarım bilimleri" bölümü, temel olarak toprak bilimi ve tarım kimyası, tarım mühendisliği, biyolojik kaynaklar, seleksiyon ve tohum ıslahı, biokimya ve mikrobiyoloji, meyvecilik ve bağcılık, bitki ıslahı, bitki koruma, subtropikal bitkiler, ormancılık, veterinerlik bilimleri, özel zootekni, hayvancılık ürünleri üretim teknolojisi konularını içerir. vb. uzmanlık makaleleri kabul edilir.
5. Dergi yılda 2 sayı olarak yayınlanmaktadır.
6. Makaleler Azeri, İngiliz, Türk ve Rus dillerinde kabul edilmektedir.

7. Dergide ele alınan bilim veya teknoloji alanında dünyanın önde gelen ülkelerinden makaleler yayınlanır.
8. Makalelerin metinleri Times New Roman-12 yazı tipinde (Örneğin Azerice Latin alfabesi, Türkçe Türk alfabesi, Rusça Kiril alfabesi, İngilizce İngilizce alfabe) 1 aralıkla basılmalıdır. Makale A4 formatında şu şekilde yerleştirilmelidir: soldan - 25 mm, sağdan - 15 mm, üstten - 20 mm, alttan - 25 mm, paragraf - 1.25. Yazarlar makale hazırlamak için MS Word ŞABLON dosyasını kullanabilirler.
9. Dergideki her makale yeni bir sayfada verilir ve sayfanın üst kısmında derginin adını, yılını, cildini, sayısını, makalenin başlangıç ve bitiş sayfalarını gösteren bir başlık bulunur.
10. Makale şu şekilde tasarlanmalıdır: UOT dizinleri veya PACS tipi kodlar sayfanın başında, ardından makalenin başlığı, ardından yazar(lar)ın soyadı, adı, baba adı, çalıştığı kurum(lar) ve bu kurum(lar)ın adresi, yazar(lar)ın e-posta adres(ler)i belirtilmelidir. Makale başlığı kısa ve bilgilendirici olmalıdır.
11. Makalenin başında, yazıldığı dilde 150-300 karakterlik özet ve 5-8 kelimelik anahtar kelimeler verilmelidir. Anahtar kelimeler üç dilde (makale ve özetlerin yazıldığı diller) verilmelidir. Makale uzunluğu, araştırma ve derleme makaleleri için 6-12 sayfa, derleme makaleleri için 20 sayfaya kadar olmalıdır.
12. Makalenin yapısı temel olarak aşağıdaki sırayı sağlamalıdır: giriş, bilimsel-pratik ve teorik-metodolojik gerekçe, kullanılan malzemeler, ekipman ve cihazlar, araştırma nesnelere ve yöntemleri (yöntemler), araştırmanın yapılma sırası ve yeri, yöntemler sonuçların işlenmesi, elde edilen sonuçlar ve bunların tartışılması, sonuç ve öneriler, literatür listesi. Makalenin içeriğine bağlı olarak, gerekirse yazar(lar) tarafından makalenin yapısında bazı değişiklikler yapılabilir.
13. Makalede verilen resimler ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Altyazı 15 kelimeyi geçmemelidir. PNG ve JPEG formatları resimler için uygun kabul edilir. Tüm görseller metnin sonuna değil, referans verildiği yere yerleştirilmelidir. Makalede verilen tablolar da ardışık olarak numaralandırılmalıdır. Tablo adı ve burada verilen kısaltmaların açıklamaları 15 kelimeyi geçmemelidir. Tüm tablolar metnin sonuna değil, referans verildiği yere yerleştirilmelidir. Makale metninde tüm şekil ve tablolara atıfta bulunulmalıdır.
14. Bilimsel makale sonunda, bilimsel alanın ve makalenin niteliğine göre yazar(lar)ın bilimsel vardığı sonuç, çalışmanın bilimsel yeniliği, uygulamanın önemi, ekonomik etkinliği, vesaire. açık ve gerekçeli olarak verilmelidir.
15. Makalenin konusu ile ilgili bilimsel kaynaklara atıf yapılmalıdır. Makale sonundaki kaynakça, alıntı yapılan literatürün metin içinde geçtiği sıraya göre (örneğin, [1] veya [1, s.119]) veya alfabetik sıraya göre numaralandırılmalıdır. Aynı literatüre metin içinde başka bir yerde tekrar atıfta bulunulması halinde, atıfta bulunulan literatür bir önceki numara ile belirtilmelidir.
16. Kaynakçada verilen her kaynakla ilgili bilgiler tam ve doğru olmalıdır. Atıf yapılan kaynağın bibliyografik açıklaması, türüne (monograf, ders kitabı, bilimsel makale vb.) göre verilmelidir. Sempozyum, konferans ve diğer prestijli bilimsel etkinliklerin bilimsel makalelerine, materyallerine veya tezlerine atıf yapılırken makalenin, raporun veya tezin adı belirtilmelidir. Atıf yapılan kaynağın bibliyografik tarifi verilirken, Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanı başkanlığındaki Yüksek Tasdik Komisyonu'nun "Atıfta bulunulan literatür" bölümünün "Atıfta bulunulan literatür" bölümünün gereklilikleri tezler" esas alınmalıdır.
17. Referans listesi Essentials APA Style ile yazılmalıdır.
18. Makalenin sonundaki literatür listesinde, makalenin konusuyla ilgili en son bilimsel makalelere, monografilere ve diğer güvenilir kaynaklara - son 5-10 yıla - öncelik verilmelidir. Kaynakçadaki tüm kaynaklara metin içinde atıfta bulunulmalıdır. 19.
19. Makalenin özeti, yayınlandığı dile ek olarak iki dilde daha verilmelidir (makale İngilizce değilse özetlerden biri İngilizce olmalıdır). Makalenin farklı dillerdeki özetleri birbiriyle aynı olmalı ve makalenin içeriği ile örtüşmelidir. Çalışmanın amacı, kullanılan materyal ve yöntemler, yazar veya yazarların ulaştığı bilimsel sonuç, çalışmanın bilimsel yeniliği,

- uygulamanın önemi vb. Özetle kısaca yansıtılmalıdır. Özetler kesinlikle bilimsel ve gramer açısından düzenlenmelidir. Her özet, makalenin başlığını ve yazar veya yazarların tam adlarını içermelidir.
20. Makalenin editörlüğe giriş, revizyona gönderilme ve baskıya kabul edilme tarihleri makalenin sonunda belirtilir.
  21. Makalede ve yazar(lar) tarafından intihal olduğu tespit edildiğinde bilimsel etik kuralları aykırılık halinde yazı yayınlanmaz ve iade edilir.
  22. Dergiye gönderilen makale başka bir dergide yayınlanmamış veya başka dergilerde gönderilmemiş olmalıdır. Makale gönderimi, makalenin başka bir dergiye gönderilmediği, aynı veya benzer biçimde, İngilizce veya başka bir dilde sunulmadığı veya yayınlanmadığı anlamına gelir. Daha önce bir çalıştay, sempozyum veya konferansta yayınlanmış makaleler, makalelerin önemli ölçüde revize edilmesi ve yazarların editörleri bilgilendirmesi koşuluyla incelemeye gönderilebilir.
  23. Dergide yayınlanan yazıların telif hakları saklıdır ve bu yazıların tüm yayınları hakları münhasıran "Teknik ve Zirai Bilimler" dergisine aittir.
  24. Makaleler alan editörü (baş editör) tarafından isimli hakemler (uzmanlar) tarafından incelenir. vekili) veya yayın kurulunun uzman üyelerinden biri tarafından tavsiye edilmeli veya sunulmalıdır. Makalenin sonunda, onu baskıya gönderen alan editörü (alanında baş editör yardımcısı) veya yayın kurulu üyesinin adı, baba adı ve soyadı (tam olarak), bilimsel derecesi ve bilimsel adı belirtilmelidir. Gönderilen makalenin yayımlanmasının reddedilmesi durumunda dergi editörünün yazara yazılı olarak gerekçeli bir yanıt göndermesi gerekmektedir.
  25. Yazar veya yazarların makalelerinin yayınlanması ile bağlantılı olarak derginin editörleri gönderilen makalenin daha önce yayınlanmadığına dair onay (makalenin tez şeklinde yayınlanması) tercüme versiyonu hariç), makalenin aynı anda herhangi bir dildeki versiyonu makale ile ilgili bilimsel-araştırma çalışması yapılan diğer süreli bilimsel yayınlara gönderilmemiş olması kurum hakkında bilgileri ve gerekli diğer bilgileri içeren bir anket hazırlamalı. Bu anket yazar(lar) tarafından imzalanmalı ve editör ofise veya süreli bilimsel yayına gönderilmelidir. Web sitesine girerek anketin elektronik versiyonunu doldurmalı ve elektronik olarak onaylamalıdır.
  26. Dergide "önceki sayılarımızda" ve "gelecek sayıda" başlıkları altında bir dizi yazı yayınlanmasına izin verilmez.
  27. Derginin önceki sayılarında yayınlanan yazılarda tespit edilen ciddi hatalar veya bilimsel yayının sonraki sayılarından birinde teknik kusurlarla ilgili düzeltmeler ve notlar, yazar (ler) tarafından yeniden yayınlanabilir. Bu durumda, bir önceki makale ile "DÜZELTME" bölümünde verilen makalenin başlığı aynı olmalıdır.
  28. Derginin teknik ve zirai bilimlerin özelliklerine göre gerekli nüshaları, Azerbaycan Cumhuriyeti'nde tez özetlerinin gönderildiği kuruluşlara, Azerbaycan Cumhuriyeti Cumhurbaşkanına bağlı Yüksek Tasdik Komisyonu dahil gönderildi. Derginin her belirlenen kütüphanelerin her birine gönderilen nüsha sayısı en az iki nüshadır.
  29. Derginin internet sitesine erişim, derginin tüm okuyucu ve yazarları için ücretsizdir. Nesne inceleme, uzmanlık, çevrimiçi barındırma ve arşivleme, yayınlama vb. Masraflar yayın kurulu tarafından belirlenen ve makale işleme ücretleri ile tazminat yapılır. Dergi editörlerinin doktora öğrencilerinden makaleleri ve tezleri Yayın ücreti yoktur.
  30. Gönderilen makaleyi yayınlanmasının reddedilmesi durumunda dergi editörü yazara yazılı olarak gerekçeli bir cevap gönderir.
  31. Makalenin gönderileceği adres: technoagrarian@lsu.edu.az

## YAZAR ANKETİ

Soyadı, adı ve baba adı	
İş yeri	
Konumu (çalıştığı yerdeki konum)	
Bilimsel dərəcəsi	
Bilimsel adı	
ORCID (WoS, Scopus və s.) kodu	
Makale başlığı (adı)	
Kuruluşun (işletme) adresi.	
E-posta adresi	
İletişim numarası	
Makalenin daha önce yayınlandığı veya diğer süreli bilimsel yayınlara gönderildiği hakkında bilgi	

### ИНСТРУКЦИЯ

#### для авторов на публикацию статей в Международном научно-практическом журнале «Технология и аграрные науки»

1. В соответствии со своим профилем журнал в основном посвящен пищевой промышленности и безопасности, легкой и текстильной промышленности и материаловедению, общепромышленным технологиям, агротехнологиям, технологиям органических веществ и материаловедению, систематическому анализу, управлению и обработке информации, а также другие темы в области технических и сельскохозяйственных наук.
2. Журнал имеет разделы «Технические науки» и «Аграрные науки» и совет директоров и рецензентов (экспертов) по каждому разделу.
3. В разделе «Технические науки» в основном публикуются статьи по специальностям пищевой технологии, биотехнологии, технологии промышленности, технологии материалов и изделий текстильной и легкой промышленности, природоохранных технологий и инженерии, химической технологии и машиностроения, системного анализа, управления и обработка информации, машины, оборудование и процессы, организация производства и экономика отрасли, экология и другие подобные темы.
4. Статьи по специальностям почвоведения и агрохимии, агротехники, биологических ресурсов, селекции и семеноводства, биохимия и микробиология, плодоводства и виноградарства, селекции, защиты растений, субтропических растений, лесного хозяйства, ветеринарии, специальной зоотехники, технологии производства продукции животноводства принимаются в разделе «Аграрные науки».
5. Журнал выходит 2 раза в год.
6. Статьи принимаются на азербайджанском, английском, турецком и русском языках.
7. В журнале публикуются статьи ведущих стран мира в области науки или техники.
8. Тексты статей должны быть напечатаны шрифтом Times New Roman - 12 пт (например, латиница на азербайджанском языке, турецкий алфавит на турецком языке, кириллица на русском языке, английский алфавит на английском языке) с 1 интервалом. Статья должна быть размещена на формате А4 следующим образом: слева - 25 мм, справа - 15 мм, сверху - 20 мм, снизу - 25 мм, абзац - 1,25. Авторы могут использовать файл MS Word TEMPLATE для подготовки статей.
9. Каждая статья в журнале дается на новой странице, а вверху страницы располагается

- шапка с указанием названия журнала, года, тома, номера, начала и конца статьи.
10. Статья должна быть оформлена следующим образом: в начале страницы указываются индексы УОТ или коды типа PACS, затем название статьи, фамилия, имя, отчество автора (авторов), учреждение (учреждения) где он/она работает и адрес этого учреждения(й) и адрес(а) электронной почты автора(ов). Название статьи должно быть кратким и информативным.
  11. В начале статьи следует дать аннотацию объемом 150-300 знаков и 5-8 ключевых слов на том языке, на котором она написана. Ключевые слова должны быть даны на трех языках (языках, на которых написаны статья и аннотация). Объем статьи должен составлять 6-12 страниц для научно-обзорных статей и до 20 страниц для обзорных статей.
  12. Структура статьи должна в основном обеспечивать следующую последовательность: введение, научно-практическое и теоретико-методическое обоснование, используемые материалы, оборудование и приборы, объекты и способы (методы) исследования, порядок и место проведения исследования, методы, обработки результатов, полученные результаты и их обсуждение, результаты и предложения, список литературы. В зависимости от содержания статьи, при необходимости автором (авторами) могут быть внесены определенные изменения в структуру статьи.
  13. Рисунки, приведенные в статье, должны быть последовательно пронумерованы. Подписи не должны быть длиннее 15 слов. Форматы PNG и JPEG считаются подходящими для изображений.  
Все изображения должны располагаться не в конце текста, а там, где на них есть ссылка. Таблицы, приведенные в статье, также должны быть пронумерованы последовательно. Название таблицы и расшифровка приведенных в ней сокращений не должны превышать 15 слов. Все таблицы должны располагаться там, где на них есть ссылки, а не в конце текста. На все рисунки и таблицы должны быть ссылки в тексте статьи.
  14. В конце научной статьи в соответствии с характером научной области и характером статьи указывается научный вывод автора (авторов), научная новизна работы, важность применения, экономическая эффективность и другие заключительные мысли должны быть представлены в ясной и обоснованной форме.
  15. Должны быть ссылки на научные источники, относящиеся к теме статьи. Список литературы в конце статьи должен быть пронумерован либо в порядке упоминания цитируемой литературы в тексте (например, [1] или [1, с.119]), либо в алфавитном порядке. Если эта же литература снова цитируется в другом месте текста, то цитируемая литература указывается прежним номером.
  16. Информация о каждой ссылке, приведенной в библиографии, должна быть полной и точной. Библиографическое описание цитируемого источника следует давать в зависимости от его вида (монография, учебник, научная статья и т.п.). При ссылке на научные статьи, материалы или тезисы симпозиумов, конференций и других престижных научных мероприятий необходимо указывать название статьи, доклада или диссертации. При предоставлении библиографического описания цитируемого источника соблюдаются требования 10.2-10.4.6 раздела «Справочная литература» действующей инструкции Высшей аттестационной комиссии при Президенте Азербайджанской Республики «Правила оформления диссертаций» следует взять за основу.
  17. Список литературы должен быть написан в стиле Essentials APA.
  18. В списке литературы в конце статьи приоритет следует отдавать самым последним научным статьям, монографиям и другим достоверным источникам, относящимся к теме статьи последних 5-10 лет. Все источники в библиографии должны быть процитированы в тексте.
  19. Помимо языка, на котором она опубликована, аннотация статьи должна быть дана еще на двух языках (если статья не на английском языке, то одна из аннотаций должна быть

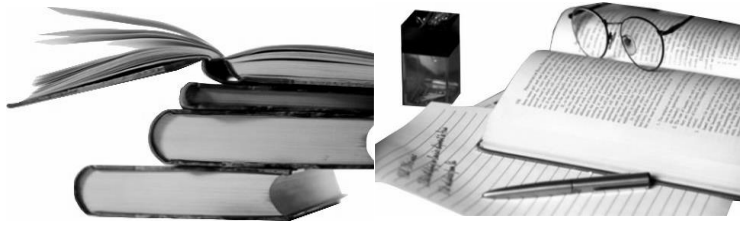
- на английском языке). Тезисы статьи на разных языках должны быть идентичны друг другу и соответствовать содержанию статьи. В аннотации должны быть указаны цель работы, использованные материалы и методы, сделанный автором (авторами) научный вывод, научная новизна работы и прикладная значимость должны быть кратко отражены в аннотации. Тезисы должны быть строго отредактированы с научной и грамматической точки зрения. Каждый тезис должен содержать название статьи и полное имя автора (авторов).
20. В конце статьи указываются даты поступления статей в редакцию, направления на доработку и принятия в печать.
  21. При обнаружении в статье факта плагиата и нарушении автором (авторами) правил научной этики статья не публикуется и не возвращается.
  22. Статья, подаваемая в журнал, не должна быть опубликована в другом журнале или опубликована в других журналах на английском или любом другом языке. Рукописи, ранее опубликованные на семинаре, симпозиуме или конференции, могут быть представлены для рецензирования при условии, что рукописи будут существенно переработаны и авторы уведомят об этом редакцию.
  23. Статьи, опубликованные в журнале, защищены авторским правом, и все права на публикацию этих статей принадлежат исключительно журналу «Технические и сельскохозяйственные науки».
  24. Статьи рецензируются анонимными рецензентами (экспертами) выездным редактором (заместителем главного редактора по тематике) или одним из специалистов-членов редакционной коллегии, который принимает решение о ее рекомендации или представлении. В конце статьи указываются имя выездного редактора, представившего ее в печать (заместителя главного редактора по тематике) или члена редколлегии, имя и фамилия отца (полностью), его ученая степень и ученое имя. В случае отказа в публикации представленной статьи редакция журнала должна направить автору мотивированный ответ об отказе.
  25. В связи с публикацией статьи редакция журнала подтверждает согласие автора(ов) с тем, что представляемая статья ранее не публиковалась (за исключением варианта статьи, опубликованного в виде тезисов), что версия статьи на каком-либо языке не направлялась в другие периодические научные издания одновременно, что научная информация, относящаяся к статье, - должна быть подготовлена анкета, содержащая учреждение, в котором выполнялась научная работа, и другие необходимая информация. Автор(ы) должны подписать данную анкету и направить ее в редакцию или посетить сайт периодического научного издания, заполнить электронную версию анкеты и подтвердить ее электронным способом.
  26. Публикация серийных статей в журнале под заголовком «в наших предыдущих номерах» или «в следующем номере» не допускается.
  27. Исправления и замечания о серьезных ошибках или технических недостатках, обнаруженных в статьях, опубликованных в предыдущих номерах журнала, могут быть переизданы автором (авторами) в одном из следующих номеров научного издания. При этом название статьи, приведенное в разделе «ИСПРАВЛЕНИЕ», должно совпадать с названием предыдущей статьи.
  28. Необходимые экземпляры журнала направляются в организации Азербайджанской Республики, в которые направляются авторефераты диссертаций, в том числе в Высшую аттестационную комиссию при Президенте Азербайджанской Республики, по специальностям технических и сельскохозяйственных наук. Количество экземпляров каждого номера журнала, направляемого в каждую из указанных библиотек, составляет не менее двух экземпляров.
  29. Открытый доступ к сайту журнала является бесплатным для всех читателей и авторов журнала. Рецензирование статьи, рецензирование, онлайн-хостинг и архивирование,

публикация и другие расходы определяются редакционной коллегией и компенсируются сборами за обработку статьи. Редакция журнала не взимает плату за публикацию статей докторантов и диссертаций.

30. В случае отказа в публикации представленной статьи редактор журнала обязан направить автору мотивированный ответ в письменной форме.
31. Электронные адреса, на которые необходимо отправить статью: [technoagrarian@lsu.edu.az](mailto:technoagrarian@lsu.edu.az)

#### АНКЕТ АВТОРА

Фамилия, имя и отчество	
Рабочее место	
Позиция	
Научная степень	
Научное название	
Код ORCID (WoS, Scopus и др.)	
Название статьи	
Адрес организации (учреждения)	
Адрес электронной почты	
Контактный номер	
Информация о предыдущей публикации статьи или представлении в другие периодические научные издания	



---

Texnika və Aqrar Elmləri Beynəlxalq Elmi-Praktik Jurnalı Lənkəran Dövlət Universitetinin  
mətbəəsində çap olunmuşdur

---

Kağızın formatı:  $60 \times 84^{\frac{1}{8}}$   
Çap vərəqi: 20 ç.v., tiraj: 100

---

Ünvan: Az 4200, Lənkəran şəhəri, General Həzi Aslanov xiyabanı 50  
e-mail: [technoagrarian@lsu.edu.az](mailto:technoagrarian@lsu.edu.az)  
[www.lsu.edu.az](http://www.lsu.edu.az)