



ISSN 2518-7201 (Print)  
ISSN 2663-5003 (Online)

**BULLETIN**  
**OF THE KARAGANDA UNIVERSITY**

**BIOLOGY.**  
**MEDICINE.**  
**GEOGRAPHY**  
Series

**№ 3(99)/2020**

ISSN 2518-7201 (Print)  
ISSN 2663-5003 (Online)  
Индексі 74620  
Индекс 74620

**ҚАРАҒАНДЫ  
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ  
ХАБАРШЫСЫ**

---

**ВЕСТНИК**  
КАРАГАНДИНСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

**BULLETIN**  
OF THE KARAGANDA  
UNIVERSITY

---

**БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ГЕОГРАФИЯ сериясы**  
**Серия БИОЛОГИЯ. МЕДИЦИНА. ГЕОГРАФИЯ**  
**BIOLOGY. MEDICINE. GEOGRAPHY Series**

**№ 3(99)/2020**

Шілде–тамыз–қыркүйек  
30 қыркүйек 2020 ж.

Июль–август–сентябрь  
30 сентября 2020 г.

July–August–September  
September 30<sup>th</sup>, 2020

1996 жылдан бастап шығады  
Издается с 1996 года  
Founded in 1996

Жылына 4 рет шығады  
Выходит 4 раза в год  
Published 4 times a year

Қарағанды, 2020  
Караганда, 2020  
Karaganda, 2020

*Бас редакторы*  
биол. ғыл. канд  
**М.Ю. Ишмуратова**

*Жауапты хатшы*  
биол. ғыл. канд.  
**С.У. Тлеуменова**

*Редакция алқасы*

<b>М. Броди,</b>	PhD д-ры, Америка университеті, Вашингтон (АҚШ);
<b>Р.Г. Оганесян,</b>	PhD д-ры, Пенсильвания университеті, Филадельфия (АҚШ);
<b>К.-Д. Конерт,</b>	мед. ғыл. д-ры, Диабет институты, Карлсбург (Германия);
<b>С.В. Кушнарченко,</b>	биол. ғыл. канд., Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы (Қазақстан);
<b>Г.Г. Мейрамов,</b>	мед. ғыл. д-ры, Акад. Е.А. Бөкетов ат. Қарағанды университеті (Қазақстан);
<b>А.В. Панин,</b>	геогр. ғыл. д-ры, М.В. Ломоносов ат. Москва мемлекеттік университеті (Ресей);
<b>Р.Т. Бексеитова,</b>	геогр. ғыл. д-ры, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы (Қазақстан);
<b>О.Л. Макарова,</b>	биол. ғыл. канд., РҒА А.Н. Северцов ат. Экология және эволюция институты, Москва (Ресей);

*Редакцияның мекенжайы:* 100024, Қазақстан, Қарағанды қ., Университет к-сі, 28.

Тел.: (7212) 77-04-38; факс: (7212) 35-63-98.

E-mail: [vestnikku@gmail.com](mailto:vestnikku@gmail.com)

Сайты: <https://biollogy-medicine-geography-vestnik.ksu.kz>

*Редакторлары*

Ж.Т. Нурмуханова, С.С. Балкеева, Т.А. Кохановер

*Компьютерде беттеген*

І.Д. Бекбосын, В.В. Бутяйкин

**Қарағанды университетінің хабаршысы. «Биология. Медицина. География» сериясы.**

**ISSN 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).**

Меншік иесі: «Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті» КЕАҚ.

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігімен тіркелген. 30.09.2020 ж. № KZ32VPY00027389 қайта есепке қою туралы куәлігі.

Басуға 29.09.2020 ж. қол қойылды. Пішімі 60×84 1/8. Қағазы офсеттік. Көлемі 20,37 б.т. Таралымы 200 дана. Бағасы келісім бойынша. Тапсырыс № 56.

«Акад. Е.А. Бөкетов ат. Қарағанды ун-ті» КЕАҚ-ның баспасының баспаханасында басылып шықты. 100012, Қазақстан, Қарағанды қ., Гоголь к-сі, 38. Тел. 51-38-20. E-mail: [izd\\_kargu@mail.ru](mailto:izd_kargu@mail.ru)

© Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, 2020

*Главный редактор*  
канд. биол. наук  
**М.Ю. Ишмуратова**

*Ответственный секретарь*  
канд. биол. наук  
**С.У. Тлеуменова**

*Редакционная коллегия*

<b>М. Броди,</b>	д-р PhD, Американский университет, Вашингтон (США);
<b>Р.Г. Оганесян,</b>	д-р PhD, Пенсильванский университет, Филадельфия (США);
<b>К.-Д. Конерт,</b>	д-р мед. наук, Институт диабета, Карлсбург (Германия);
<b>С.В. Кушнарченко,</b>	канд. биол. наук, Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы (Казахстан);
<b>Г.Г. Мейрамов,</b>	д-р мед. наук, Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова (Казахстан);
<b>А.В. Панин,</b>	д-р геогр. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Россия);
<b>Р.Т. Бексеитова,</b>	д-р геогр. наук, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы (Казахстан);
<b>О.Л. Макарова,</b>	канд. биол. наук, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, Москва (Россия);

*Адрес редакции:* 100024, Казахстан, г. Караганда, ул. Университетская, 28.

Тел.: (7212) 77-04-38; факс: (7212) 35-63-98.

E-mail: [vestnikku@gmail.com](mailto:vestnikku@gmail.com)

Сайт: <https://biollogy-medicine-geography-vestnik.ksu.kz>

*Редакторы*

Ж.Т. Нурмуханова, С.С. Балкеева, Т.А. Кохановер

*Компьютерная верстка*

И.Д. Бекбосын, В.В. Бутяйкин

**Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География».**

**ISSN 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).**

Собственник: НАО «Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова».

Зарегистрировано Министерством информации и общественного развития Республики Казахстан.

Свидетельство о постановке на переучет № KZ32VPY00027389 от 30.09.2020 г.

Подписано в печать 29.09.2020 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Объем 20,37 п.л. Тираж 200 экз.  
Цена договорная. Заказ № 56.

Отпечатано в типографии издательства НАО «Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова».  
100012, Казахстан, г. Караганда, ул. Гоголя, 38, тел.: (7212) 51-38-20. E-mail: [izd\\_kargu@mail.ru](mailto:izd_kargu@mail.ru)

© Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова, 2020



*Main Editor*

Cand. of biology  
**M.Yu. Ishmuratova**

*Responsible secretary*

Cand. of biology  
**S.U. Tleukenova**

*Editorial board*

<b>M. Brody,</b>	PhD, American University, Washington, DC (USA);
<b>R.G. Oganessian,</b>	PhD, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA (USA);
<b>K.-D. Kohnert,</b>	MD, The German Diabetes Center, Karlsburg (Germany);
<b>S.V. Kushnarenko,</b>	Cand. of biology, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty (Kazakhstan);
<b>G.G. Meyramov,</b>	MD, Karaganda University of the name of acad. E.A. Buketov (Kazakhstan);
<b>A.V. Panin,</b>	Doctor of geography, M.V. Lomonosov Moscow State University (Russia);
<b>R.T. Bekseitova,</b>	Doctor of geography, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazakhstan);
<b>O.L. Makarova,</b>	Cand. of biology, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow (Russia);

*Postal address:* 28, University Str., Karaganda, 100024, Kazakhstan.

Tel.: (7212) 77-04-38; fax: (7212) 35-63-98.

E-mail: [vestnikku@gmail.com](mailto:vestnikku@gmail.com)

Web-site: <https://biollogy-medicine-geography-vestnik.ksu.kz>

*Editors*

Zh.T. Nurmukhanova, S.S. Balkeyeva, T. Kokhanover

*Computer layout*

I.D. Bekbossyn, V.V. Butyaikin

**Bulletin of the Karaganda University. «Biology. Medicine. Geography» series.**

**ISSN 2518-7201 (Print). ISSN 2663-5003 (Online).**

Proprietary: NLC «Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov».

Registered by the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan.  
Rediscount certificate No. KZ32VPY00027389 dated 30.09.2020.

Signed in print 29.09.2020. Format 60×84 1/8. Offset paper. Volume 20,37 p.sh. Circulation 200 copies.  
Price upon request. Order № 56.

Printed in the Publishing house of NLC «Karagandy University of the name of acad. E.A. Buketov».  
38, Gogol Str., Karaganda, 100012, Kazakhstan, Tel.: (7212) 51-38-20. E-mail: [izd\\_kargu@mail.ru](mailto:izd_kargu@mail.ru)

© Karagandy University of the name of acad. E.A. Buketov, 2020

# МАЗМУНЫ — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENTS

## БИОЛОГИЯ BIOLOGY

<i>Abukenova V.S., Bobrovskaya Z.A.</i> Invertebrate animals of landscape gardening lawn cenoses of the city of Karaganda (area of the South-East).....	6
<i>Abukenova V.S., Kaptyonkina A.G.</i> Lepidopteran fauna of the city of Karaganda.....	14
<i>Асанова Г.К., Додонова А.Ш., Пуш В.</i> Выявление хемотаксономических маркеров растений из рода <i>Centaurea L.</i> ....	21
<i>Вдовина Т.А., Винокуров А.А., Исакова Е.А., Лагус О.А.</i> Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в Курчумском районе Восточно-Казахстанской области	29
<i>Жанпар Н.К., Шайхутдинов В.М., Мырзабаев Б.М., Зейнелов К.А., Шибаета К.А., Байрон Л.Ж.</i> Выделение и изучение штаммов фосфатмобилизирующих микроорганизмов, перспективных для создания биоудобрения .....	36
<i>Иманбаева А.А., Gassanova G.G., Туякова А.Т.</i> Results of study of wild medicinal plants of Mangystau region .....	43
<i>Иманбаева А.А.</i> Assessment of the perspectivity of introduction of woody plants in the arid conditions of Mangystau .....	54
<i>Ishmuratova M.Yu., Kalizhanova A.N., Erezhep A.A., Shelestova T.Yu.</i> Effectiveness of the application of a specialized dictionary in the teaching of Biology in English.....	69
<i>Ishmuratova M.Yu., Tyrzhanova S.S.</i> Study of peculiarities of morphology and germination of seeds of <i>Scabiosa ochroleuca</i> from the Central Kazakhstan.....	75
<i>Кобланова С.А., Рогожкина Ю.О.</i> Эколого-таксономический анализ прибрежной флоры Аулиекольского района (Костанайская область) .....	83
<i>Косарева О.Н., Жарасова Д.Н., Ахтанова А.Б.</i> Сезонное развитие, оводненность и жаростойкость интродуцированных сортов яблони в аридных условиях Мангистау.....	91
<i>Рамазанов А.К., Тлеуменова С.У., Бабешина Л.Г., Сулеймен Е.М., Ибрайбеков Ж.Г., Кинаят М.А.</i> Влияние криоконсервации на выживаемость семян <i>Chatomilla reticuta</i> сорта «Подмосковная» и химический состав эфирного масла.....	100
<i>Рамазанова М.С., Курбатова Н.В., Гемеджиева Н.Г., Алдасугурова Ч.Ж.</i> Сравнительное анатомо-морфологическое исследование вегетативных органов <i>Iris sogdiana</i> Bunge из природных популяций юго-восточного Казахстана.....	109
<i>Rakhmetova A.M., Bgatova N.P., Zhumadina Sh.M.</i> Effect of lithium carbonate on kidney structure in conditions of distant tumor growth.....	119
<i>Seitkamal K.N., Zhappar N.K., Shaikhutdinov V.M., Shibayeva A.K., Sagyndikov U.Z.</i> A comparative study on psychrophilic and mesophilic biooxidation of ferrous iron by pure cultures of <i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> and <i>Acidithiobacillus ferrivorans</i> .....	128
<i>Sultangazina G.J., Kuprijanov A.N., Kuprijanov O.A., Steshenko M.Y.</i> The structure of <i>Adonis wolgensis</i> Stev. coenopopulation in the conditions of Northern Kazakhstan.....	134
<i>Султангазина Г.Ж., Куприянов А.Н., Куприянов О.А., Раумбеков Е.Б.</i> Онтогенез и структура ценопопуляций <i>Pulsatilla uralensis</i> в условиях Северного Казахстана .....	140
<i>Tleukenova S.U., Baigarayev D.Sh., Atikeyeva S.N., Ramazanov A.K., Gavrilkova H.A., Musina R.T.</i> Development of methods of cryopreservation of <i>Verbascum officinalis</i> ' seeds.....	149

## МЕДИЦИНА MEDICINE

<i>Сабиров Ж.Б., Мукашева М.А., Ешмагамбетова А.Б.</i> Изучение роли цинка в образовании хромосомных aberrаций с помощью расчетного метода оценивания.....	155
--	-----

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР — СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ — INFORMATION ABOUT AUTHORS .....	161
--	-----

V.S. Abukenova, Z.A. Bobrovskaya\*

*Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan*  
(\*E-mail: bobrovskaya\_zoya9708@mail.ru)

### **Invertebrate animals of landscape gardening lawn cenoses of the city of Karaganda (area of the South-East)**

Urbanization of territories leads to the formation of ecosystems that are significantly different from natural ones. Invertebrates are the most effective and promising group of bioindicators of anthropogenic impact on natural and urban ecosystems. However, very little work has been done to study the fauna of urban ecosystems in Kazakhstan. The article presents research data on invertebrates of the Karaganda region by specialists of the Department of Zoology of Karaganda State University, carried out in different years and during periods of field practice. Analysis of invertebrate lawn communities showed the dominance of insects, in particular hymenopteran genera *Formica*, *Myrmic*, *Camponotus*. In second place in terms of numbers are coleoptera, among which ground beetles and staphilins prevail, as characteristic inhabitants of the city. The predominance of insects is a zonal sign. Among them there are dangerous pests: larvae of nutcracker beetles, black beetles, and lamellar beetles. Soil worms include earthworms: *Lumbricus rubellus*, *Eisenia nordenskioldi*, *Appropiateode caliginosa f. typica*. Predators dominate the trophic structure of lawn inhabitants, which is very characteristic of urban cenoses. The high number of predatory forms, the diversity of orders and families testifies to the favorable ecological regime of the studied lawn cenoses as a result of their long existence.

*Keywords:* urban area, lawn and park lawn, invertebrates, insects, Barber traps, catch ability, soil samples, trophic structure.

#### *Introduction*

Due to the increase in the area of urbanized territories, as well as the increased concentration of various hazardous industries, several tasks were promoted, among them there is a forecast of the development of cities and zones of their influence, as well as an assessment of the state of the environment. Urban ecosystems may differ in some environmental indicators (for example, humidity of air and soil, seasonal and daily temperature dynamics, etc.) from zonal non-urban and suburban ecosystems [1]. Such differences are closely related primarily to mechanical transformations and huge flows of energy in cities that are associated with human activities. To carry out environmental assessment of urban areas, it is important to select reliable criteria for assessing their condition and identify indicators of anthropogenic impact [2]. Among the most promising indicators of anthropogenic impact are soil invertebrates, herpetobionts, characterized by a change in the population and a change in the species composition of the population due to their high sensitivity to the state of environmental parameters [3, 4].

Invertebrates occupy an important position in urban ecosystems, maintaining their stability. They perform the functions of pollination, process plant debris, intensify soil formation, etc. Scientific works of the Department of Zoology of E.A. Buketov Karaganda State University (further KSU) from the day of its formation was devoted to the study of the animal world of the Central Kazakhstan. Since the 70s of the last century, the entomological direction has been intensively developed. Under the direction of Ph.D. N.P. Shlykova, and later Doctor of Biological Sciences, Professor N.G. Skopina, Ph.D., Associate Professor

N.P. Slavchenko students specializing in the Department of Zoology were engaged in the study of individual families of beetles. Significant collections of swimming beetles, ground beetles, black beetles, barbell, and territory of the Central Kazakhstan and the CIS were collected. Today, these collections are part of the entomological fund of the Museum of Nature of KSU and have scientific value. The scientists of the department conducted long-term environmental and biological studies of the territory of the Karaganda region, these studies became the starting point for writing many dissertation works and collections of scientific papers: Ecology of the Central Kazakhstan (2001); Rare and endangered animals of the Kazakh small hills (2005); Karaganda. Karaganda region: Encyclopedia (2008). The obtained data allowed the department specialists to participate in solving environmental and agricultural problems of the Karaganda region. However, the fauna of the city of Karaganda still needs to be investigated. We need more complete information about dendrobionts, herpetobionts, and soil invertebrates. All of the above has determined our interest in studying invertebrates of various ecosystems in the city of Karaganda.

#### *Materials and methods*

The city of Karaganda is located in the center of Kazakhstan, in the natural zone of the steppes. It is located on a slightly wavy inclined plain with elevations not exceeding 160 m. The climate is sharply continental with severe winters, sultry summers and low annual rainfall. The typical climate of cities is characteristic of the city of Karaganda: higher temperatures (comparing with the suburbs), low relative humidity, increased frequency of local fogs and light winds, changes in the conditions of the city under conditions of light and radiation conditions, chemical composition of air, condensation of water vapor, groundwater and surface sediments near the city and adjacent territories [5]. The relief territory of the city of Karaganda is part of the Kazakh small hills and is located within the Kengiz-Balkhash watershed space. In general, the relief of the site is a wavy plain complicated by small hills. In the north, low hills are developed. The rest of the territory is characterized by a flat relief [6]. Based on information from the authors R.T. Bakeeva and S.N. Atikeyeva [7] the Central Kazakhstan is in fourth place in terms of the number of endemic plant species, since there are no large river or mountain territories in this territory that could serve as a safe isolating factor for dynamic speciation.

The city of Karaganda is made up of two parts — «New City» and «Old City». The so-called «Old City» includes mines and processing plants (very extensive), and the «New City» contains multi-storey office buildings of various kinds, shopping centers, as well as universities — this is the most comfortable and convenient region of Karaganda. The industrial area is divided by the valley of the Big Bukpa River [8]. The city has a large number of transport, educational and scientific enterprises, culture and communications. Also in the city there are operating large coal mining enterprises, metal working, engineering and food enterprises. Today, the city of Karaganda is one of the largest economic, industrial, cultural and scientific centers of Kazakhstan.

The following sites of the city of Karaganda were chosen as places for research and collection of invertebrate animals: the closest to the city center; remote from the center; forest biotopes (with a high density of trees and predominantly having spontaneous formation of vegetation); courtyards (consisting of fragments of grass vegetation and wood surrounded by buildings); gardens (summer cottages, horticultural, experimental and educational sites); meadows (mainly containing perennial mesophilic and hygrophilic herbs) [9]. The choice of sections of the city involves determining the degree of influence of urbanization on the community of a given territory. Grassy and arboreal communities of the Central park culture and leisure of Karaganda city are the most extensive and long-standing. The history of the city's culture and leisure park began in 1935 with the construction of a reservoir, sanitary cleaning of this territory and its improvement, as well as the creation of a forest. By 1941, a birch grove and a poplar massif were formed, filled with a pond with locks, and banks were arranged. The Central Park of Culture and Leisure of the city of Karaganda opened in 1946. In the central park there are a huge number of trees, playgrounds with attractions, several fountains, and cafes [10].

To collect the primary material, we used standard techniques for fishing and recording invertebrates, including Barber traps, which are most convenient for research in the city [11]. In addition, registration and collection were used for route excursions around the city, on sites and adjacent territories, lawns and sidewalks. A decision was made on the subsequent use of environmentally friendly methods [12]. The use of such techniques and the use of gentle traps (a net with springs, a micro-net, a clamp for soft retention of invertebrate animals, a vacuum «magnet», and a multi-capacity exhaustor) will reduce the death of useful spe-

cies of invertebrate animals in our study. The rejection of fixing substances in a modern environmental protection technique allows the release of animals after accounting.

*Results and discussion*

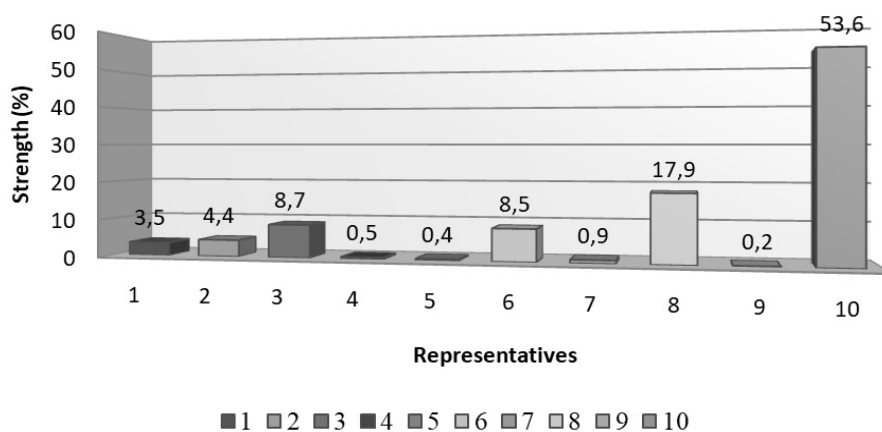
As a rule, the analysis of the herpetobiont population in the city in a broad (biocenotic) sense involves taking into account the abundance of earthworms (*Lumbricidae*), wood lice (*Isopoda*, *Oniscidea*), spiders (*Aranei*), hayfields (*Opiliones*), millipedes at the squad level, cockroaches (*Blattoptera*), earwigs (*Dermaptera*), orthoptera (*Orthoptera*), bugs (*Heteroptera*), cicadas (*Auchenorrhyncha*), beetles at the family level.

In a narrow sense, herpetobia includes woodlice, spiders, hayfields, cockroaches, earwigs, bedbugs, ground beetles (*Carabidae*), staphylinids (*Staphylinidae*), black beetles (*Tenebrionidae*), dead-eaters (*Silphidae*), and pill. The complex of herpetobionts is described by catch ability (the number of individuals per 100 traps per day).

Information about invertebrates of the city of Karaganda is poorly presented in print media. Basically, these data were used to write the thesis of the Department of Zoology of KSU. Currently, they are being summarized and systematized. One example of a generalization of many years of research by entomologists of the university is the site <http://butterflies.kz/>, which collected information on a lepidopteron squad in the Karaganda region.

*Period 2000–2012.* The initial stage of work was carried out to study the population of soil invertebrate summer cottages, as well as pine forest plantations in the vicinity of the city of Karaganda [13]. Since 2016, these studies have been continued by us in the biotopes of urban landscape gardening lawns (area of the South-East).

The inhabitants of the lawn soils of the Southeast region were represented by two types of invertebrates: annelids and arthropods. The number of earthworms was 11 plus minus 0.3 ex / m<sup>2</sup>. Arthropods are assigned to 4 classes, in which 11 orders were identified, which indicate the diversity of the mesofauna of the soils of the studied cenoses. Insects predominate in numbers. Background detachment is *Coleoptera* including 17 families. Analysis of the total number of individuals per biotope showed that the ants of the genera *Formica*, *Mirmica*, and *Camponotus* account for 53.6 % of all arthropods, and the hard-winged animals account for 17.9 % (Fig. 1).



1 — Diptera, 2 — Hemiptera, 3 — Aranei, 4 — Litchobiomorpha, 5 — Orthoptera, 6 — Isopoda, 7 — Lumbricimorpha, 8 — Coleoptera, 9 — Lepidoptera, 10 — Hymenoptera

Figure 1. The total number (in %) of soil invertebrates (mesofauna) in the biotopes of landscape gardening lawns in Karaganda (area of the South-East)

Among beetles, ground beetles are dominated by ground beetles (*Carabidae*), 35±0.5 ex./m<sup>2</sup> and staphylinids (*Staphylinidae*), 20±0.3 ex./m<sup>2</sup>. Nutcracker beetles (*Elateridae*), weevils (*Curculionidae*), lamellar beetles (*Scarabaeidae*), carnivores (*Silphidae*), moths (*Pselaphidae*) and other beetles were much less common. Associated groups are spiders (*Arnei*) and homoptera (*Homoptera*).

In the first 2000 studies for some lawn areas, it was noted that the soil population is concentrated at a depth of 5 cm. According to later soil excavations, invertebrates are concentrated in the upper soil layers to a



depth of 15 cm. Moreover, hard-winged and ants dominate the litter/ground layer. In the 0–10 cm layer, the proportion of beetles and earthworms increases. The long existence of lawn plots has a certain relationship with a more even distribution of invertebrates over soil horizons, their development of new life niches, and stabilization of the development cycle.

The registration of surface dwelling invertebrates, carried out using soil traps with grooves, did not reveal new dominant groups. Hymenoptera (ants,  $60 \pm 1.7$  specimens per trap/day) and coleopterans (ground beetles  $21 \pm 0.6$  specimens per trap/day) still remain with them. The codominants are spiders, homoptera and dipterans. Small groups are half-winged centipedes, orthoptera, and lepidoptera. Among the microfauna objects, tail tails are taken into account. Ants also dominate in traps without grooves, but their number increases to  $130 \pm 3.8$  specimens per trap/day. Codominant groups also maintained their ratio, but their numbers were 32 % lower than in traps with grooves.

The methods, used to determine the total catch, according to our results, need to be adjusted in accordance with weather conditions. Herpetobionts are sensitive to disturbance of the structure of the soil cover by traps with grooves. But with sharp changes in temperature and humidity, the grooves serve as a shelter and help to increase catch ability.

For example, ten-day observations during the month showed that the total catch (U) in traps without grooves fell during the observation period: I decade —  $217 \pm 6.8$  ex. per trap / day; II decade —  $195 \pm 5.7$  ex. per trap / day; III decade —  $196 \pm 5.6$  ind. per trap / day. In traps with grooves, the catch ability increased: I decade —  $151 \pm 4.4$  ex. per trap / day; II decade —  $169 \pm 5$  ex. per trap / day; III decade —  $173 \pm 5.1$  ex. per trap / day (Fig. 2). Changes in catch ability occurred against the background of lower temperatures and an increase in rainfall. It follows from the foregoing that when determining the dynamics of the number of herpetobionts, it is better to use generalized data.

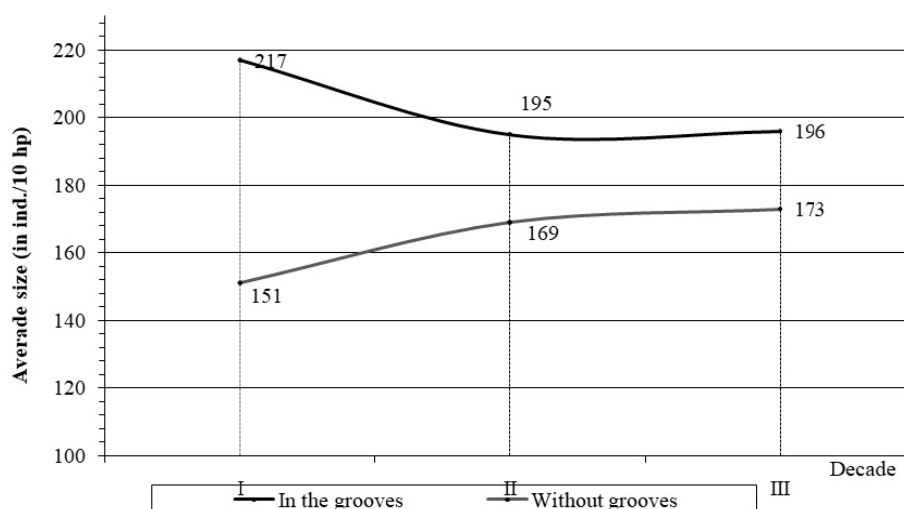


Figure 2. The ten-day average abundance of herpetobionts in traps located in and without grooves

Initial route studies of invertebrates, the inhabitants of lawns, revealed that phytophages prevail in the trophic structure of communities. In the future, the use of Barber traps showed the presence of a larger proportion of predatory forms (47.4 %), and phytophages was significantly less (22.9 %). The proportion of saprophages amounted to 18.8 %, and saprophytophages — 10.9 % of the total number of invertebrates.

Accounting for soil and soil animals using the soil excavation method revealed an even larger proportion of predatory invertebrates (61.5 %). Not taking into account the number of collembolans, pronounced monodomination of ants was noted with the general equalized number of other families.

Phytophages combining adult and larval forms of beetles and other insects (18.5 %), as well as earthworms as saprophages (15.6 %), showed similar ratios of trophic groups of invertebrate lawns. The increase in the specific gravity of phytophages and predators is considered as a zonal feature of the dry steppes. Soil inhabitants such as phytophages, saprophages and sapro-phytophages take a large part in the disposal of organics. The phytophage insects of the aboveground tier of the biogeocenosis accelerate the descending branch of the substance cycle. In the case of the prevalence of phytophagous beetles in the biocenoses and a decrease in the number of saprophages, it is possible to slow down the processes of humification of plant

residues. The data obtained allow us to consider the ecological regime of the studied urban lawns relatively favorable.

The general predominance of predatory forms is very characteristic of urban cenoses. As an example, the following can be cited: staphylinids (*Staphylinidae*), spiders (*Aranei*) and ground beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*) constitute the foundation of the soil invertebrate population in all biotopes of the city of Kaluga. Meadow biotopes are characterized by a large number of cicadas, spiders, bugs, as well as a low number of drupes, catopids, and diplopods. Garden plots (with woody vegetation) differ from other biotopes, their difference lies in their high ability to catch ground beetles, spiders, nutcrackers and leaf beetles. Biotopes of yards do not differ from forest biotopes [14].

Herpetobia in urban areas of Siberia is also based on predatory insects, most often ground beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*). At the same time, ground beetles remain one of the little-studied groups of urban fauna.

Coleopterans are the dominant group of insects in the herpetobia of cenoses in Kharkov, which in some cases is consistent with our results. According to the data of soil traps, they amounted to 81.5–92.6 %, and about 60 % of the total recorded entomofauna at trial sites [15].

High mosaic conditions in the city contribute to the formation of a relatively diverse and rich fauna. Green areas of the city, which are surrounded on all sides by industrial and residential quarters, are considered as island habitats and correspond in many environmental parameters [16].

We compiled a chart of the average catch ability of Barber traps in and outside the city in order to analyze and compare our data with the results of other studies (Fig. 3).

According to Figure 3, (*Coleoptera*) in particular the families *Carabidae*, *Staphylinidae*, are most often found in the «forest» biotopes of cities. In the meadows, representatives of the orders are common: *Isopoda*, *Heteroptera*, *Coleoptera* (family *Tenebrionidae*, *Staphylinidae*), *Auchenorrhyncha*. In the yards of city blocks, the following units are taken into account: *Dermaptera*, *Auchenorrhyncha*, *Coleoptera* (family *Staphylinidae*). *Coleoptera* (family *Carabidae*) is more common in the gardens. In the central part of the city, detachments are noted: *Isopoda*, *Coleoptera* (family *Staphylinidae*). In courtyards and the central part of the city, in contrast to forest and meadow biotopes, fewer herpetobiont invertebrates live. In large urban parks, or in areas that are not subject to any mechanical influences, the population density of invertebrate herpetobionts in the litter and soil is close to the density in suburban forests. These are the most general patterns of the distribution of invertebrates within the various biocenoses of cities.

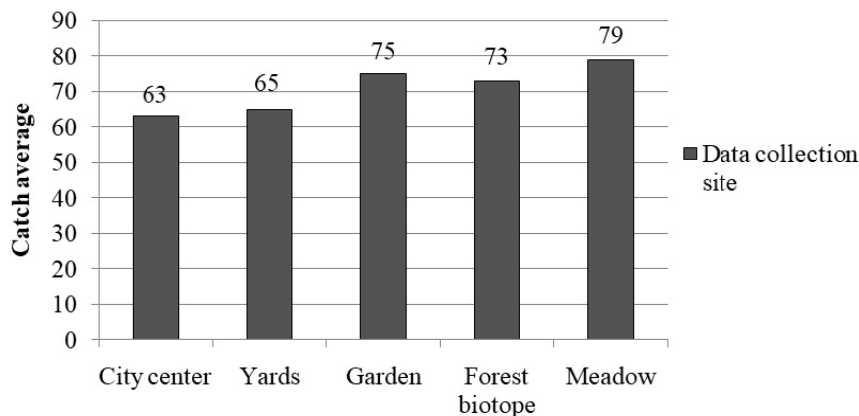


Figure 3. The average number of catching barber traps in the conditions of the city and outside it (according to the analysis of literature)

The frequency of mowing the grass stand has a negative effect on the herpetobiont community in cities, and the increasing humidity, height of the grass stand, and the duration of the biotope have a positive effect [17, 18]. Humidity and duration of existence are the main factors that must be taken into account when analyzing the biodiversity of urban cenoses.

### Conclusion

Thus, the study showed that the invertebrates of the lawns of the city of Karaganda (area of the South-East) are represented by two types: *Annelida* and *Arthropoda*, four classes: *Oligochaeta*, *Archnida*,

*Myriapoda*, *Insect* and ten orders. Insects predominate, which is a zonal sign. Among them there are dangerous pests: larvae of nutcracker beetles, black beetles, and lamellar beetles. Soil worms include earthworms: *Lumbricus rubellus*, *Eisenia nordenskioldi*, *Appropriatode caliginosa f. typica*. Analysis of the total number of individuals in the lawn communities showed that the ants of the genera *Formica*, *Myrmica*, and *Camponotus* dominate. In second place in terms of number are hard-winged. Among beetles, ground beetles predominate (266 ex./m<sup>2</sup>), accompanied by staphylinids (102 ex./m<sup>2</sup>), as characteristic inhabitants of the city. Lamellar beetles, grinders, narrow-winged wings, nares, leaf beetles are also found, but their number was 0.5 % of the total number of collected insects. The trophic structure of the inhabitants of lawns is formed by saprophages, phytophages, sapro-phytophages and predators. In herpetobia and among the mesofauna of the soil, the proportion of predators was higher. The high number of predatory forms, the diversity of orders and families indicates a favorable ecological regime of the studied cenoses, as a result of their long existence as a landscape gardening lawn. For a detailed description of the species composition and distribution of invertebrates, further studies will be conducted.

### References

- 1 Баранов А.В. Урбанизация и социальные лимиты жизни человека / А.В. Баранов // Урбэкология. — М.: Наука, 1990. — С. 25–27.
- 2 Стадницкий Г.В. Растительные наземные насекомые и загрязнение среды / Г.В. Стадницкий // Биологические методы оценки природной среды. — М.: Наука, 1978. — С. 58–77.
- 3 Покаржевский А.Д. Пространственная экология почвенных животных / А.Д. Покаржевский, К.Б. Гонгальский, А.С. Зайцев, Ф.А. Савин. — М.: КМК, 2007. — 176 с.
- 4 Мордкович В.Г. Некоторые принципы зоодиагностики почв / В.Г. Мордкович // Экология. — 1978. — № 4. — С. 5–14.
- 5 Климат Карагандинской области. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.kazportal.kz/klimat-karagandinskoy-oblasti/>
- 6 Энциклопедия / гл. ред. Р.Н. Нургалиев. — Алма-Ата, 1986. — 608 с.
- 7 Бакеев Р.Т. Изучение эндемичных видов растений на территории Каркаралинского района Карагандинской области / Р.Т. Бакеев, С.Н. Атикеева // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2015. — № 1. — С. 79–84.
- 8 Кушев Г.Л. Карагандинский угольный бассейн / Г.Л. Кушев. — Алма-Ата, 1963. — 415 с.
- 9 Богач Я. Анализ экологических групп видов сообществ напочвенных беспозвоночных как показатель качества окружающей среды / Я. Богач, В. Ружичка // Экология. — 1988. — № 6. — С. 59–61.
- 10 Центральный парк культуры и отдыха города Караганды. — URL: [https://www.votpusk.ru/country/dostoprим\\_info.asp?ID=23493](https://www.votpusk.ru/country/dostoprим_info.asp?ID=23493).
- 11 Бызова Ю.Б. Количественные методы в почвенной зоологии / Ю.Б. Бызова, М.С. Гиляров. — М.: Наука, 1987. — 288 с.
- 12 Цуриков М.Н. Природосберегающие методы исследования беспозвоночных животных в заповедниках России / М.Н. Цуриков, С.Н. Цурикова // Тр. Ассоциации особо охраняемых природных территорий Центрального Черноземья России. — 2001. — Вып. 4. — 130 с.
- 13 Абуkenова В.С. Мезофауна участков сосновых лесопосадок окрестностей г. Караганды / В.С. Абуkenова, Г.Е. Нурсултан // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2012. — № 4. — С. 8–14.
- 14 Алексанов В.В. Дифференциация комплексов напочвенных беспозвоночных на урбанизированной территории (на примере города Калуги) [Электронный ресурс] / В.В. Алексанов // ЮФУ «Живые и биокосные системы». — 2013. — № 5. — URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-10>.
- 15 Комароми Н.А. Фаунистический состав жесткокрылых (*Insecta: Coleoptera*) герпетобия урбозенозов г. Харькова (Украина) / Н.А. Комароми, Н.Ю. Николенко, А.В. Пучков // Украин. энтомолог. журн. — 2018. — № 2(15). — С. 3–21.
- 16 Бабенко А.С. Особенности населения жуужелиц урбанизированных территорий в условиях сибирских городов / А.С. Бабенко, Н.И. Еремеева // Вестн. Томск. гос. ун-та. Сер. Биология. — 2007. — № 1. — С. 5–17.
- 17 Савосин Н.И. Эколого-фаунистическая характеристика герпетобионтного населения членистоногих крупного промышленного центра (город Кемерово): автореф. дис. ... д-ра наук / Н.И. Савосин. — 2010. [Электронный ресурс]. — URL: <http://docplayer.ru/31211437-Savosin-nikolay-ivanovich-ekologiya.html>.
- 18 Савосин Н.И. Население жуужелиц городских газонов / Н.И. Еремеева, Н.А. Коровина, Н.И. Савосин // Экология фундаментальная и прикладная. Проблемы урбанизации // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. — С. 123–125.

В.С. Абуkenова, З.А. Бобровская

## Қарағанды қаласының саябақ көгалдары ценоздарындағы омыртқасыз жануарлар (Оңтүстік-шығыс аймақ)

Аумақтарды урбанизациялау табиғи жүйелерден едәуір ерекшеленетін экожүйелердің қалыптасуына әкеледі. Омыртқасыздар — табиғи және қалалық экожүйелерге антропогендік әсер ететін биоиндикаторлардың ең тиімді және перспективалы тобы. Алайда Қазақстандағы қалалық экожүйелердің фаунасын зерттеу бойынша аз жұмыс атқарылған. Мақалада Қарағанды университетінің зоология кафедрасының мамандары әртүрлі жылдарда және далалық практика кезеңінде жасаған Қарағанды облысының омыртқасыздары туралы зерттеу мәліметтері берілген. Көгалдардағы омыртқасыздардың қауымдастығын талдағанда, жәндіктердің, атап айтқанда жарғақ қанаттылар *Formica*, *Myrmica*, *Camponotus* тұқымдарының басым екенін көрсетті. Саны жағынан екінші орында — қатты қанаттылар, олардың ішінде қаланың тән тұрғындары ретінде жер қоңыздары мен стафилиндер басым. Жәндіктердің басым болуы — аймақтық белгі. Олардың арасында қауіпті зиянкестер бар: Щелкун қоңыздарының балаңқұрттары, кара қоңыздар, ламель қоңыздары. Топырақ құрттарының құрамына мына топырақ құрттары жатады: *Lumbricus rubellus*, *Eisenia nordenskioldi*, *Apporrectodea caliginosa f. typica*. Жыртқыштар көгалдар тұрғындарының трофикалық құрылымында басым, бұл қалалық ценоздарға өте тән. Жыртқыштар санының көп болуы, жасактар мен тұқымдастардың әртүрлілігі олардың ұзақ өмір сүруіне зерттелген көгалды ценоздардың экологиялық режимде қолайлы екенін көрсетті.

*Кілт сөздер:* қала аумағы, көгалдар мен саябақ көгалдары, омыртқасыздар, жәндіктер, Барбер тұзақтары, ұстамалар, топырақ үлгілері, трофикалық құрылым.

В.С. Абуkenова, З.А. Бобровская

## Беспозвоночные животные садово-парковых газонных ценозов города Караганды (район Юго-Востока)

Урбанизация территорий приводит к формированию экосистем, значительно отличающихся от естественных. Беспозвоночные являются наиболее эффективной и перспективной группой биоиндикаторов антропогенного влияния на естественные и урбанизированные экосистемы. Однако работ по изучению состояния фауны городских экосистем Казахстана проведено очень мало. В статье приведены данные исследований беспозвоночных Карагандинской области специалистами кафедры зоологии Карагандинского университета, проведенных в разные годы и в периоды полевых практик. Анализ беспозвоночных газонных сообществ показал доминирование насекомых, в частности, перепончатокрылых родов *Formica*, *Myrmica*, *Camponotus*. На втором месте по численности — жесткокрылые, среди которых преобладают жукелици и стафилины, как характерные обитатели города. Преобладание насекомых является зональным признаком. Среди них есть опасные вредители: личинки жуков-щелкунов, чернотелок, пластинчатоусые жуки. К почвообразователям относятся дождевые черви: *Lumbricus rubellus*, *Eisenia nordenskioldi*, *Apporrectodea caliginosa f. typica*. В трофической структуре обитателей газонов доминируют хищники, что очень характерно для городских ценозов. Высокая численность хищных форм, разнообразие отрядов и семейств свидетельствуют о благоприятном экологическом режиме исследованных газонных ценозов как результате их длительного существования.

*Ключевые слова:* урбанизированная территория, садово-парковый газон, беспозвоночные, насекомые, ловушки Барбера, ловистость, почвенные пробы, трофическая структура.

## References

- 1 Baranov, A.V. (1990). Urbanizatsiia i sotsialnye limity zhizni cheloveka [Social Limits of Human Life]. *Urboekolohiia — Urboecology*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 2 Stadnitskii, G.V. (1978). Rastitelnoiadnye nazemnye nasekomye i zahriaznenie sredy [Herbivorous land insects and environmental pollution]. *Biologicheskii metody otsenki prirodnoi sredy — Biological methods for assessing the natural environment*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 3 Pokarzhevskii, A.D., Gongalskii, K.B., Zaicev, F.A. & Savin, A.S (2007). *Prostranstvennaia ekolohiia pochvennykh zhitovnykh [Spatial ecology of soil animals]*. Moscow: KMK [in Russian].
- 4 Mordkovich, V.G. (1978). Nekotorye printsipy zoodiagnosticheskikh pochv [Principles of Zoodiagnostics of Soils]. *Ekolohiia — Ecology*, 4, 5–14 [in Russian].
- 5 Klimat Karahandinskoi oblasti [Climate of the Karaganda region]. *kazportal.kz*. Retrieved from <https://www.kazportal.kz/klimat-karagandinskoy-oblasti> [in Russian].

- 6 Nurgaliev, R.N. (Eds.). (1986). *Entsiklopediia [Encyclopedia]*. Alma-Ata [in Russian].
- 7 Bakeev, R.T. & Atikeeva, S.N. (2015). Izuchenie endemichnykh vidov rastenii na territorii Karkaralinskogo raiona Karahandinskoi oblasti [Study of endemic species at the territory of Karkaraly district of Karaganda region]. *Vestnik Karahandinskogo universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Geografiya — Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 1, 79–84 [in Russian].
- 8 Kushev, G.L. (1963). *Karahandinskii uholnyi bassein [The Karaganda Coal Basin]*. Alma-Ata [in Russian].
- 9 Bogach, Y. & Ruzhichka, V. (1988). Analiz ekologicheskikh hrupp vidov soobshchestv napochvennykh bespozvonochnykh kak pokazatel kachestva okruzhaiushchei sredy [Analysis of ecological groups of species of soil invertebrate communities as an indicator of environmental quality]. *Ekologiya — Ecology*, 6, 59–61 [in Russian].
- 10 Tsentralnyi park kultury i otdykha horoda Karahandy [Central Park of Culture and Leisure of the City of Karaganda]. *votpusk.ru*. Retrieved from: [https://www.votpusk.ru/country/dostoprим\\_info.asp?ID=23493](https://www.votpusk.ru/country/dostoprим_info.asp?ID=23493) [in Russian].
- 11 Byzova, Yu.B., Giliarov, M.S., Dunger, V., Zakharov, A.A., Kozlovskaya, L.S. & Korganova, G.A. (1987). *Kollichestvennye metody v pochvennoi zoolohii [Quantitative methods in soil zoology]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 12 Tsurikov, M.N., & Tsurikova, S.N. (2001). Prirodosberehaushchie metody issledovaniia bespozvonochnykh zhivotnykh v zapovednikakh Rossii [Environmental conservation methods of invertebrate animals' research in Russian reserves]. *Trudy Assotsiatsii osobo okhranaemykh prirodnykh territorii Tsentralnogo Chernozemia Rossii — Works of the Association of Specially Protected Natural Areas of the Central Black Earth Region of Russia*, 4, 130 [in Russian].
- 13 Abukenova, V.S., & Nursultan, G.E. (2012). Mezofauna uchastkov sosnovykh lesoposadok okrestnostei horoda Karahandy [Pine plantations mesofauna of the region Karaganda town]. *Vestnik Karahandinskogo universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Geografiya — Bulletin of the Karaganda State University. Series Biology. Medicine. Geography*, 4, 8–14 [in Russian].
- 14 Aleksanov, V.V. (2013). Differentsiatsiia kompleksov napochvennykh bespozvonochnykh na urbanizirovannoi territorii (na primere horoda Kaluha) [Differentiation of group invertebrate communities in urban environment (Kaluga, Russia)]. *YuFU «Zhivye i biokosnye sistemy» — SFU «Living and biocos systems»*, 5. Retrieved from: <http://www.jbks.ru/archive/issue-5/article-10> [in Russian].
- 15 Komaromi, N.A., Nikolenko, N.Yu., & Puchkov, A.V. (2018). Faunisticheskie sostav zhestkokrylykh (*Insecta: Coleoptera*) herpetobiiia urbotsenozov horoda Kharkov (Ukraina) [The faunistic structure of beetles (*Insecta: Coleoptera*) in herpetobios of urbocenosis of Kharkov city (Ukraine)]. *Ukrainskii entomologicheskii zhurnal — Ukrainian Entomological Journal*, 2(15), 3–21 [in Russian].
- 16 Babenko, A.S., & Eremeeva, N.I. (2007). Osobennosti naseleniia zhuzhelits urbanizirovannykh territorii v usloviakh sibirskikh horodov [Features of the population of ground beetles urbanized territories under the Siberian cities]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiya — Bulletin of Tomsk State University. Biology*, 1, 5–17 [in Russian].
- 17 Savosin, N.I. (2010). Ekologo-faunisticheskaia kharakteristika herpetobiontnogo naseleniia chlenistonohikh krupnogo promyshlennogo tsentra (horod Kemerovo) [Ecological and Faunistic Characteristics of the Herpetobiont Population of Arthropods of a Large Industrial Center (Kemerovo City)]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Retrieved from: <http://docplayer.ru/31211437-Savosin-nikolay-ivanovich-ekologiya.html> [in Russian].
- 18 Savosin, N.I., Eremeeva, N.I. & Korovin, N.A. (2005). Naselenie zhuzhelits horodskikh hazonov [Ground beetle population of urban lawns]. *Ecology fundamental and applied. The problems of urbanization: Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — International Scientific and Practical Conference*. (p. 123–125). Yekaterinburg: Izdatelstvo Uralskogo universiteta [in Russian].



V.S. Abukenova, A.G. Kapyonkina\*

Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan  
(\*E-mail: alyonakapyonkina@gmail.com)

## Lepidopteran fauna of the city of Karaganda

In the article the results of investigation of the species composition of *Lepidoptera* in city of Karaganda are presented. Studies were conducted in urban parks, squares, courtyards and areas around Karaganda city. Representatives of 11 families, 35 species were identified. The bio indication value of *Lepidoptera* in monitoring researches is due to their significant role and large biomass in the natural communities, rapid change of the generation, high fecundity and sensitivity to a big number of anthropogenic impact. According to preliminary data, the butterflies of the families *Nymphalidae*, *Satyridae* were the most numerous. Background species are *Nymphalis urtical* L., *Melitaea didyma*, *Hyponphele lycaon* Rott. Small and decorating nature species have been identified. In result was made the booklets, which called «Rare and endangered butterflies of the Central Kazakhstan» for the Museum of Nature of E.A. Buketov Karaganda State University. These species must be monitored in the Karaganda city. Refined data on species are pests. Some species are recommended for collecting and training in summer subject schools or at Universities in entomology classes. Further, it is planned to study the distribution of *Lepidoptera* in the city.

*Keywords:* fauna of the city, *Nymphalidae*, *Satyridae*, urban ecosystem, species adorning nature, insects, *Lepidoptera*, butterflies.

### Introduction

The study of urban fauna is important for the complex assessment of biological diversity, assessment of the current state of faunal complexes and the identification of trends in their future development and variability. The importance of such research is growing in connection with the realization of regional and national sustainable developing programs, as well as global strategies, programs and plans for the conservation and sustainable use of biodiversity.

One of the most important aspects is to study of modern ecological status, especially to the influence of the anthropogenic factor on natural communities [1]. To determine the characteristics of the distribution of fauna in urban ecosystems in different countries, animals of various taxonomic rank are studied.

*Lepidoptera* are an important part of many terrestrial ecosystems, including urban communities. Representatives of this systematic group have great practical importance for plants, as pollinators. Some species may also be a pest of forestry and agriculture [2]. It is obvious that day butterflies (*Lepidoptera*) are one of the most noticeable representatives of insects in various natural zones, while many regions of Kazakhstan are not sufficiently studied from an ecological and entomological point of view. The *Lepidoptera* of Kazakhstan is most studied due to the work of employees of the Institute of Zoology (Almaty city) and Russian specialists [3, 4], but problems remain in identifying the local distribution of species.

It is known that day-flying butterflies — *Lepidoptera* are a popular object for monitoring the ecological state of the wild. The bio indication value of *Lepidoptera* in monitoring studies is due to their significant role and large biomass in the natural communities, rapid change of the generation, high fecundity and sensitivity to a big number of anthropogenic impact, and visual visibility [5]. Data on the species composition of *Lepidopteran* Karaganda have not been published previously. The purpose of this work was to study the species composition and biotopic distribution of *Lepidoptera* in the city.

### Materials and methods

The object of study were day-flying insects — *Lepidoptera*. We used materials from field practices of Karaganda state university's students and our own collections of the authors, conducted in the summer of 2019 in the natural environment and in the urban areas of Karaganda. To determine the species, the key anatomical and morphological characters of the group were studied [6, 7]. Identification was carried out using reference keys [8, 9] and relevant manuals [10]. The dates of collection of adults, as well as the occurrence of other stages of development of *Lepidoptera* were recorded. Butterflies were taken into account on 1×1 km routes. An approximate transect method was used, modified for monitoring purposes [11]. The total number of routes is 19, the number of registered butterflies is 625.

The study of *Lepidoptera* was carried out in three sections of the city. Section 1 — the Central Park of the city in Karaganda. Section 2 — the Victory Park (located in the southeast of the city). Section 3 — KSU District (territory adjacent to the Karaganda State University).

### Results and discussion

Observations and gatherings during the growing season made it possible to register the following *Lepidoptera* families: *Arctiidae*, *Hesperiidae*, *Pieridae*, *Lycaenidae*, *Nymphalidae*, *Sphingidae*, *Notodontida*, *Zygaenidae*, *Lymantriidae* [12].

The summation of data on routes was carried out using phonological tables [13]. Table 1 presents the option of processing data on families and their representatives, the place of their collection, and the registration period.

Table 1

### Registration of observations of *Lepidoptera* in the city

№	Representatives	Observation area	Date and time	Weather	The number of meetings
1	2	3	4	5	6
1	Family Skipper butterfly ( <i>Hesperiidae</i> ) a) <i>Thymelicus lineola</i> O. Adopaea	Karaganda KSU district (territory adjacent to the Karaganda State University)	4.06.2017 11:00–15:00	Fair, windless weather t = 24 °C	7
2	Family <i>Pieridae</i> a) Cabbage butterfly ( <i>Pieris brassicae</i> L.) b) <i>Pieris rapae</i> ( <i>Pieris rapae</i> L.) c) <i>Pontia daplidice</i> L. ( <i>Sinchloe</i> )	Karaganda, KSU district	4.06.2017 11:00–15:00	Fair, windless weather t = 24 °C	1 3 2
3	Family <i>Lycaenidae</i> a) <i>Polyommatus icarus</i> Rott. ( <i>Lycaena</i> ) b) <i>Heodes disparrutilus</i> Wern. ( <i>Cupido</i> )	Karaganda KSU district	4.06.2017 11:00–15:00	Fair, windless weather t = 24 °C	2 1
4	Family <i>Nymphalidae</i> a) <i>Nymphalis io</i> L. ( <i>Vanessa</i> )	Karaganda, KSU district	4.06.2017 11:00–15:00	Fair, windless weather t = 24 °C	1
5	Family <i>Satyridae</i> a) <i>Lasiommata maera</i> L. ( <i>Pararge</i> ) b) <i>Coenonympha amyntas</i> Poda ( <i>iphis</i> )	Karaganda KSU district	5.06.2017 16:00–18:00	Clear, breeze is gentle, gusty (after rain) t = 23 °C	
6	Family <i>Hesperiidae</i> a) <i>Thymelicus lineola</i> O. ( <i>Adopaea</i> )	Karaganda, KSU district	5.06.2017 16:00–18:00	Clear, breeze is gentle, gusty (after rain) t = 23 °C	8
7	Family <i>Pieridae</i> a) <i>Pieris rapae</i> L. b) <i>Pontia daplidice</i> L. ( <i>Sinchloe</i> )	Karaganda, KSU district	5.06.2017 16:00–18:00	Clear, breeze is gentle, gusty (after rain) t = 23 °C	1 3
8	Family <i>Lycaenidae</i> a) <i>Lycaena phlaeas</i> L. ( <i>Chrysophanus</i> , <i>Cupido</i> ) b) <i>Polyommatus icarus</i> Rott. ( <i>Lycaena</i> )	Karaganda, KSU district	11.06.2017 9:00–10:00, 13:00–14:00	Clear, breeze is gentle, gusty (after rain) t = 23 °C	2 5

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6
9	Family <i>Pieridae</i> a) <i>Pieris brassicae</i> L. b) <i>Pieris rapae</i> L. c) <i>Pontia daplidice</i> L. ( <i>Sinchloe</i> )	Karaganda, the Central Park	05.07–07.07 2017	Fair, windless weather t = 26 °C	24 17 30 5
10	Family <i>Lycaenidae</i> a) <i>Polyommatus icarus</i> Rott. ( <i>Lycaena</i> ) b) <i>Heodes dispar rutilus</i> Wern. ( <i>Cupido</i> )	Karaganda, the Central Park	09.07. - 11.07.2018	Fair, windless weather t = 25 °C	30 10
11	Family <i>Nymphalidae</i> a) <i>Nymphalis io</i> L. ( <i>Vanessa</i> ) b) Red admiral butterfly ( <i>Vanessa atalanta</i> L. ( <i>Pyrameis</i> ) c) <i>Nymphalis urtical</i> L. ( <i>Vanessa</i> )	Karaganda city	4.05.18 3.07.18 25.06.18 11.06.18	Fair, windless weather t = 22–25 °C	5 12 3 7
12	Family <i>Nymphalis antiopa</i> L. ( <i>Vanessa</i> ) a) <i>Polygonia vau-album</i> Schiff. ( <i>L-album Esp.</i> ) b) <i>Voloria euphrosyne</i> L. ( <i>Brenthis</i> )	Karaganda city	20.04.18	Fair, windless weather t = 15 °C	7 11 2
13	Family <i>Satyridae</i> b) <i>Melanargia galathea</i> L. c) Hermit ( <i>Chazara briseis</i> ) d) <i>Hyponephele jurtina</i> L. ( <i>janira</i> L.) e) <i>Hyponephele lycaon</i> Rott. f) <i>Lasiommata maera</i> L. ( <i>Pararge</i> )	Karaganda city	20.07.19 20.07.19 20.07.19 20.07.19 20.07.19	Fair, windless weather t = 25 °C	15 10 6 7
14	Family <i>Arctiidae</i> a) <i>Arctia caja</i> L.	Karaganda city	28.05.19 15.07.19		8 5
15	Family <i>Sphingidae</i> a) <i>Hyles euphorbiae</i> b) <i>Deilephila porcellus</i> c) <i>Macroglos sumstellatarum</i>	Karaganda city	29.07.19 22.07.19 15.10.19		1 1 3

The observations showed that the abundance of species of the family *Pieridae* accounts for 31.3 % of the total number of *Lepidoptera* we collected. Species of the *Nymphalidae* family are also numerous (29.8 % of all recorded). The *Lycaenidae* family and the *Satyridae* family include 15.9 % and 15.6 % of urban day-flying butterflies. The species of the families *Arctiidae*, *Sphingidae*, *Hesperiidae*, *Papilionidae*, *Notodontidae*, *Lymantriidae*, *Zygaenidae*, respectively, their share is 3.9 %; 1.4 %; 1.4 %; 0.3 %; 0.2 %; 0.1 % *Lepidoptera* urban coenosis. For *Lymantriinae* and *Zygaenidae*, the data need to be clarified. The diagram (Fig. 1) is compiled according to the percentage of the abundance of species of the family of *Lepidoptera* in the examined areas of the city.

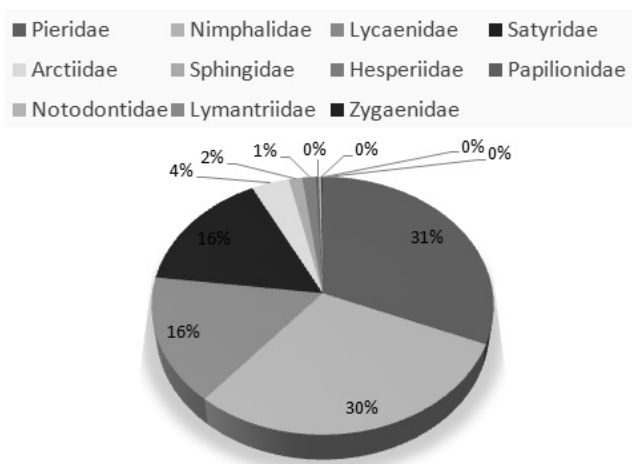


Figure 1. The ratio of the abundance of species of *Lepidoptera* families in the studied areas of the city of Karaganda

The *Pieridae* family includes large or medium sized butterflies, white, yellow or orange, with normally developed legs. In the steppe cenoses of the region, the genera *Aporia* Hb., *Pieris* Schrank, *Anthocharis* L., *Colias* F., *Leptidia* Billb. The main representatives of this family are *Aporia crataegi* L.; *Pieris brassicae* L.; *Pieris napi* L.; *Pieris rapae* L.; *Colia serate* Esp. There usually meet around 70–76 individuals per one transect.

Caterpillars of *Aporia crataegimainly* damage fruit trees: apple, pear, plum, apricot, as well as hawthorn and some other hardwoods. In the research area, it is usual, even dominates among the occurring whites. The species *Colias hiale* L. is distinguished by pronounced sexual dimorphism: the male is lemon yellow, the female is yellowish white. Fore wings with black, hind wings with orange spot in the middle; black border of the front wings with bright spots. It is a widespread and common butterfly.

Butterflies of the *Nymphalidae* family are also characterized by frequent occurrence on route transects (43–48 specimens), which can be associated with a variety of food preferences of the species. *Nymphalids* feed on nectar of flowers, sugary juice of damaged trees or fruits, and sometimes even liquid manure and other strongly smelling substances. The most noticeable are hives, drafts, parsley and mother of pearl. In parks and lawns of the city, common urticaria *Aglais urticae* (Linnaeus, 1758) is a large or medium sized butterfly. Caterpillars live on nettles: blackish, more or less covered with yellow-green stripes. In all areas of observation, urticaria fly singly and in pairs [14].

*Neptis rivularis* Sc. (*Lucilla* Den. Et. Schiff) is recorded in May–July. Caterpillars live on meadowsweet, honeysuckle and anemone.

*Vanessa cardui* L. (*Pyrameis*) has front wings red, their apical half black with white spots; hind wings somewhat darker with black spots. In May 2019, mass reproduction of the species was noted, especially on flowering shrubs, whereas in other years the butterfly was rare. During the phased flowering of lilac bushes there was a flight of flocks of butterflies from the city to the suburbs [15].

*Nymphalis io* L. (*Vanessa*) is a beautiful large butterfly. Caterpillars are black, with frequent white dots and black spikes; they live on nettles, hops, blackberries, raspberries. The butterfly itself prefers to eat on the *Cirsium* flowers. In the city, mainly single individuals were observed; the abundance was low everywhere.

Admiral butterfly (*Vanessa atalanta* L. (*Pyrameis*) is a large bright butterfly. After wintering, it can fly out in April during the warm spring. It met usual in July in the city center [16].

The most common and widespread species of the *Lycaenidae* family is *Polyommatus icarus* Rott. (*Lycaena*). The male is blue above (somewhat lilac), and the female is dark brown, with a blue coating at the wing root and red marginal holes. The view is common for highways, vacant lots, gardens, parks, urban areas. Caterpillar feed plants: *Astragalus* sp., *Coronilla varia*, *Fragaria vesca*, *Fragaria* sp., *Medicago* sp., *Melilotus* sp., *Onobrychis* sp., *Trifolium pratense*.

From the second decade of July to the end of August it was noticed in the study area. Butterflies eat on different flowers, prefer *Scabiosa ochroleuca*, and often sit on the ground. Caterpillars feed plant — cereals from genus *Festuca*, *Stipa*, *Poa*, *Sesleria*.

*Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758) is widespread. The species is common for the cultural landscape in areas with ruderal vegetation, in pastures. Summer from late June to early August. Forage plants of caterpillars are cereals from genus *Roa*, *Bromus*, *Festuca*, *Brachipodium*, *Milium*, *Lolium*, *Alopecurus*, *Anthoxanthum*, and etc.

In the city, closer to the country house, it is possible to observe the large-eyed small-*Hyponephele lycaon* (Rottemburg, 1775). Caterpillars live on bluegrass and other cereals. The number of marigolds on the transect is 30–36 individuals.

*Papilio machaon* L. is a butterfly of the family *Papilionidae*, is protected in many European countries. The species was registered by the authors within the city, but gravitates to suburban areas and gardens. Caterpillars of butterflies are found on flowering umbrellas — dill, carrots.

*Hesperia comma* (Linnaeus, 1758) is a species of the *Hesperiidae* family. Butterflies fly from mid-July to mid-August. Adult nutrition is noted on the flowers of *Trifolium*, *Prunella*, *Solidago dahurica*. Caterpillar fodder plants are *Coronilla varia*, *Elytrigia* sp., *Festuca* sp., *Holcus* sp., *Lotus* sp., *Poa* sp. The species disappears with continuous mowing, overgrazing, and strong trampling of meadows. It is included in the Red Books of a number of European countries (2–4 category) [17]. The study area was a common species with moderate occurrence in dry areas along the outskirts of the city.

*Arctia caja* L. from the *Arctiidae* family lives in gardens, urban wastelands and other open places. The feed plant of caterpillars is a variety of undersized plants (like plantain and dandelion). Shaggy caterpillars

with light shaggy warts. Butterflies fly in July and August, often can be caught in the light. The area is ubiquitous. The number of individuals in some years is high with an abundance of plantain and dandelion.

From *Sphingidae* family, the wide spreads is the *Hyles euphorbiae*, flies in May and June and is seen in various garden flowers and in various species of *Euphorbia*. Rare species in the city on flowering plants is *Macroglossum stellatarum*. The species is capable of long-distance migrations; we have it from the beginning of May to the end of October and, possibly, represent two migrating generations. Caterpillars develop on bedstands and sprockets.

Thus, during the observation period, 625 *Lepidopteran* specimens belonging to 35 species and 11 families were registered in the landscape gardening zone of the city. All identified species are representatives of the European-Siberian fauna. Background species belong to the families of *Pieridae* (5 genera, 7 species) and *Satyridae* (6 genera, 6 species). According to preliminary data, they need protection: *Hesperia comma* and a *Papilio machaon* (as species listed in the Red Books of European states and neighboring countries).

### Conclusion

The study is showed, that allegedly vulnerable native species of *Machaon* Linnaeus, *Parnassius apollo*, *Iphiclides podalirius*, *Laotloe populi* Linnaeus, *Smerinthus ocellatus*, *Zegheria ante zheris*, *Arctia caja* Linnaeus compiled information booklets «Rare and endangered butterflies of the Central Kazakhstan» to familiarize schoolchildren, students and other visitors to the Museum of Nature of Karaganda State University. Dangerous pests at the caterpillar stage include almost all types of *Pieridae* family: *Aporia hippie*, *Pieris brassicae*, *Pieris rapae*, *Pieris napi*.

Almost all butterflies are pollinators of plants, wild-growing and cultivated, provide seed sets for many species; occupy a certain ecological niche. This is one of the most important values of their stay in urban ecosystems. Many butterflies are quite beautiful, and the aesthetic perception of the world around people is important, especially when relaxing in gardens, parks, squares and boulevards.

The following types of city *Lepidoptera* possess the best aesthetic features: *Lycaenidae* — *Polyommatus icarus* (*Lycaena*), *Nympha lisioides* (*Vanessa*), red admiral butterfly (*Vanessa atalanta* (*Pyrameis*)), *Nympha lisioides* (*Vanessa*), *Melitaea didyma*, *Argynnis pandora*, *Neptis rivularis*, *Nymphalis antiopa* (*Vanessa*), *Polygonia vau-album* (*L-album* Esp.), *Melanargia russicae* (*Suwarovius* Hbc.), *Melanargia galathea*, *Chazara briseis*, (*Hyponenphele jurtina* (*janira* L.), *Hyponenphele lycaon*), *Lasiommata maera* (*Pararge*), *Arctia caja*, *Deilephila porcellus*, *Macroglossum stellatarum*, *Hyles euphorbiae*, white harpy *Cerura ermine* [18].

One of the results of many years of work by specialists of the Department of Zoology in KSU is to study the species diversity of butterflies in Karaganda was the site [butterflies.kz](http://butterflies.kz) — Butterflies [17], which contains partial materials about the lepidopteran region. Further work is required for a comparative study of the biotopic distribution of *Lepidoptera* and changes in the fauna during urban processes.

### References

- 1 Жданко А.Б. Бабочки: Нимфалиды и Сатириды (тип Членистоногие, класс Насекомые). Сер. Животные Казахстана в фотографиях / А.Б. Жданко, В.Л. Казенас. — Алматы: Нур-принт, 2013. — 160 с.
- 2 Беляев Е.А. Булавоусые чешуекрылые (*Lepidoptera: Rhopalocera*) междуречья Рязановки и Гладкой (Приморский край, Хасанский район) / Е.А. Беляев, В.В. Дубатовол // Чтения памяти А.И. Куренцова. — 1997. — Вып. 7. — С. 73–100.
- 3 Бондаренко А.В. Булавоусые чешуекрылые (*Lepidoptera: Rhopalocera*) ядра трансферной территории «Алтай» / А.В. Бондаренко // Зоологич. журн. — 2009. — Т. 88, № 6. — С. 672–684.
- 4 Морган С. Бабочки. Всемирная иллюстрированная энциклопедия / С. Морган. — М.: Эксмо, 2014. — 256 с.
- 5 Кабак Л.В. Бабочки мира / Л.В. Кабак, А.В. Сочивко. — М.: Аванта+, 2001. — 184 с.
- 6 Татаринцев А.Г. Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых на европейском Северо-Востоке России / А.Г. Татаринцев, М.М. Долгин. — СПб.: Наука, 2001. — 244 с.
- 7 Управление природных ресурсов и регулирование природопользования Восточно-Казахстанской области. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.e-priroda.gov.kz/index.php/ru/>.
- 8 Карамышева З.В. Граница между степной и пустынной областями в Центральном Казахстане / З.В. Карамышева, Е.М. Лавренко, Е.И. Рачковская // Ботан. журн. — 1969. — Т. 54, № 4. — С. 513–527.
- 9 Карамышева З.В. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана / З.В. Карамышева, Е.И. Рачковская. — Л.: Наука, 1973. — 278 с.
- 10 Сайт журнала «Растительный и животный мир Казахстана» [Электронный ресурс]. — URL: <https://moxnpn.ru/kazakhstan/68-rastitelnyj-i-zhivotnyj-mir-kazaxstana.html>.



- 11 Хлус К.Н. Фауна Чешуекрылых урбозкосистемы г. Черновцы (Украина) / К.Н. Хлус, Л.Н. Хлус // Экологический мониторинг и биоразнообразие. — 2016. — № 1(11). — С. 140–143.
- 12 Сушев Д.В. Дневные Чешуекрылые на урбанизированной территории / Д.В. Сушев // Изв. ТРТУ. — 2004. — № 1. — С. 220–222.
- 13 Агроклиматические ресурсы Карагандинской области Казахской ССР. — Л.: Гидрометиздат, 1976. — 114 с.
- 14 Жакатаева Б.Т. Атмосферные загрязнения г. Караганды / Б.Т. Жакатаева, З.П. Журавлева // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2010. — № 3(59). — С. 79–84.
- 15 Бабочки. [Электронный ресурс]. — URL: butterflies.kz
- 16 Андреев А.В. Оценка биоразнообразия, мониторинг и экосети / А.В. Андреев. — Кишинев: BIOTICA, 2002. — 168 с.
- 17 Павловский Е.Н. Методы ручного анатомирования насекомых / Е.Н. Павловский. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. — 86 с.
- 18 Чайнери М. Бабочки / М. Чайнери. — М.: Астрель, 2002. — 256 с.

В.С. Абуkenова, А.Г. Каптёнкина

### Қарағанды қаласының лепидоптер фаунасы

Мақалада Қарағанды қаласының лепидоптер түрінің құрамын зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу қалалық саябақтар, алаңдар, аулалар және Қарағанды қаласының іргелес аумақтарында жүргізілген. 11 тұқымдастық өкілдері, 35 түр анықталды. Лепидоптер қоршаған ортаның экологиялық жағдайын бақылаудың танымал объектісі екені белгілі. Мониторингтік зерттеулердегі лепидоптердің биоиндикациялық мәні олардың табиғи қауымдастықтардағы маңызды рөлі мен үлкен биомассаға, ұрпақтарының тез өзгеруіне, жоғары ұрықтылығына, антропогендік әсердің бірқатар түрлеріне, сезімталдыққа және көрнекілікке байланысты. Қарағанды лепидоптерінің түрлік құрамы туралы мәліметтер бұрын жарияланған жоқ. Алдын-ала мәліметтер бойынша *Nymphalidae* және *Satyridae* тұқымдастарының көбелегі ең көп болды. Фондық түрлері — *Nymphalis urticae* L. (*Vanessa*), *Melitaea didyma* Esp., *Hyponephele lycan* Rott. Саны аз және табиғатты әсемдеуші түрлері анықталған. Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің Табиғат мұражайы қала аумағындағы санын мониторингтік бақылау үшін көбелектің түрлері туралы (Орталық Қазақстанның сирек кездесетін және жойылып бара жатқан көбелектері) ақпараттық буклет құрастырды. Зиянкес түрлері бойынша мәліметтер нақтыланған. Кейбір түрлерін жазғы пәндік мектептерде энтомология сабақтарында жинауға және оқуға ұсынылған. Болашақта лепидоптердің қала аумағы бойынша таралуын зерттеу жоспарлануда.

*Кілт сөздер:* қала фаунасы, күндізгі лепидоптер, *Nymphalidae*, *Satyridae*, табиғатты безендіретін түрлері, қалалық экожүйе, көбелектер, *Lepidoptera*.

В.С. Абуkenова, А.Г. Каптёнкина

### Фауна чешуекрылых города Караганды

В статье представлены результаты исследования видового состава чешуекрылых города Караганды. Исследования проводились на территории городских парков, в скверах, дворах и прилегающих территориях г. Караганды. Определены представители 11 семейств, 35 видов. Известно, что булавоусые чешуекрылые являются популярным объектом для мониторинга экологического состояния среды. Биоиндикационное значение чешуекрылых в мониторинговых исследованиях обусловлено их значительной ролью и большой биомассой в природных сообществах, быстрой сменой поколений, высокой плодовитостью, чувствительностью к ряду видов антропогенного воздействия, визуальной заметностью. Данные о видовом составе чешуекрылых Караганды ранее не были опубликованы. По предварительным данным наиболее многочисленными были бабочки семейств Нимфалиды (*Nymphalidae*) и Бархатницы (*Satyrinae*). Фоновыми являются виды Крапивница (*Nymphalis urticae* L. (*Vanessa*)), Шашечница (*Melitaea didyma* Esp.), Ликаон (*Hyponephele lycan* Rott.). Определены малочисленные и украшающие природу виды. Для Музея природы Карагандинского университета им. академика Е.А. Букетова составлены информационные буклеты о видах («Редкие и исчезающие бабочки Центрального Казахстана»), нуждающихся в мониторинге численности на территории города. Часть видов рекомендована для коллекционирования и обучения в летних предметных школах на занятиях по энтомологии. В дальнейшем планируется изучение распределения чешуекрылых по территории города.

*Ключевые слова:* фауна города, дневные чешуекрылые, *Nymphalidae*, *Satyridae*, украшающие природу виды, урбозкосистема, бабочки, *Lepidoptera*.

## References

- 1 Zhdanko, A.B., & Cazenias, V.L., (2013). *Babochki: Nimfalidy i Satiridy (tip Chlenistonohie, klass Nasekomye). Seriya Zhivotnye Kazakhstana v fotohrafiakh. [Butterflies: Nymphalidae and Satyrides (type Arthropods, class Insecta). Series Animals of Kazakhstan in photographs]*. Almaty: Nur-print [in Russian].
- 2 Belyaev, E.A., & Dubatolov, V.V. (1997). Bulavousye cheshuekrylye (*Lepidoptera: Rhopalocera*) mezhduRechiiia Riazanovki i Hladkoi (Primorskii krai, Khasanskii raion) [Lepidoptera mace (*Lepidoptera: Rhopalocera*) between the speech of Ryzanovka and Gladka (Primorsky Territory, Khasansky District)]. *Chteniiia pamiati A.I. Kurentsova — Readings in memory of A.I. Kurentsov*, 7, 73–100 [in Russian].
- 3 Bondarenko, A.V. (2009). Bulavousye cheshuekrylye (*Lepidoptera: Rhopalocera*) yadra transfernoi territorii «Altai» [Lepidoptera (*Lepidoptera: Rhopalocera*) nuclei of the Altai transfer territory]. *Zoolohicheskii zhurnal — Zoological journal*, 6, 672–684 [in Russian].
- 4 Morgan, S. (2014). *Babochki. Vsemirnaia illiustrirovannaia entsiklopediia [Butterflies. World Illustrated Encyclopedia]*. Moscow: Exmo [in Russian].
- 5 Kabak, L.V., & Sochivko, A.V. (2001). *Babochki mira [Butterflies of the World]*. Moscow: Avanta+ [in Russian].
- 6 Tatarinov, A.G., & Dolgin, M.M. (2001). *Vidovoe raznoobrazie bulavousykh cheshuekrylykh na evropeiskom Severo-Vostoke Rossii [Species diversity of club-headed Lepidoptera in the European Northeast of Russia]*. Saint Petersburg: Nauka [in Russian].
- 7 Upravlenie prirodnykh resursov i rehuilirovanie prirodopolzovaniia Vostochno-Kazakhstanskoi oblasti [Management of natural resources and environmental management of the East Kazakhstan region]. *e-priroda.gov.kz*. Retrieved from <http://www.e-priroda.gov.kz/index.php/ru> [in Russian].
- 8 Karamysheva, Z.V., Lavrenko, E.M., & Rachkovskaya, E.I. (1969). Hranitsa mezhdu stepnoi i pustynnoi oblastiami v Tsentralnom Kazakhstane [The border between the steppe and desert regions in the Central Kazakhstan]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 54 (4), 513–527 [in Russian].
- 9 Karamysheva, Z.V., & Rachkovskaya, E.I. (1973). *Botanicheskaia heohrafiia stepnoi chasti Tsentralnogo Kazakhstana [Botanical geography of the steppe part of the Central Kazakhstan]*. Leningrad: Nauka [in Russian].
- 10 Sait zhurnal «Rastitelnyi i zhivotnyi mir Kazakhstana» [Site of journal «Flora and fauna of Kazakhstan.». *moxnpu.ru*. Retrieved from <https://moxnpu.ru/kazakhstan/68-rastitelnyj-i-zhivotnyj-mir-kazakhstan.html> [in Russian].
- 11 Khlus, K.N., & Khlus, L.N. (2016). Fauna Cheshuekrylykh urboekosistemy h. Chernovtsy (Ukraina). [Fauna of Lepidoptera, urban ecosystems, Chernivtsi (Ukraine)]. *Ekolohicheskii monitorinh i bioraznoobrazie — Environmental Monitoring and Biodiversity*, 1 (11), 140–143 [in Russian].
- 12 Sushchev, D.V. (2004). Dnevnye Cheshuekrylye na urbanizirovannoi territorii [Daytime Lepidoptera in the urban area]. *Izvestiia TRTU — News TRTU*, 1, 220–222 [in Russian].
- 13 *Ahroklimaticheskie resursy Karahandinskoi oblasti Kazakhskoi SSR [Agroclimatic resources of the Karaganda region of the Kazakh SSR]*. (1976). Leningrad: Hidrometizdat [in Russian].
- 14 Zhakataeva, B.T., & Zhuravleva, Z.P. (2010). Atmosfernye zahriazneniia h. Karahandy [Atmospheric pollution of the city of Karaganda]. *Vestnik Karahandinskogo universiteta. Seriya Biologii. Meditsina. Heohrafiia — Bulletin of the Karaganda State University. Series Biology. Medicine. Geography*, 3 (59), 79–84 [in Russian].
- 15 Babochki [Butterflies]. *butterflies.kz*. Retrieved from <http://butterflies.kz/> [in Russian].
- 16 Andreev, A.V. (2002). *Otsenka bioraznoobrazii, monitorinh i ekoseti [Assessment of biodiversity, monitoring and eco-networks]*. Kishinev: BIOTICA [in Russian].
- 17 Pavlovsky, E.N. (1957). *Metody ruchnogo anatomirovaniia nasekomykh [Methods of hand anatomic study of insects]*. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR [in Russian].
- 18 Chineri, M. (2002). *Babochki [Butterflies]*. Moscow: Astrel [in Russian].

Г.К. Асанова<sup>1\*</sup>, А.Ш. Додонова<sup>1</sup>, В. Пуш<sup>2</sup><sup>1</sup>Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Казахстан;<sup>2</sup>Вроцлавский университет, Польша

(\*E-mail: gulzina\_as@mail.ru)

## Выявление хемотаксономических маркеров растений из рода *Centaurea* L.

Применение хемотаксономических методов изучения растений позволяет помочь идентифицировать родовую и видовую принадлежность близкородственных растений. Хемотаксономия особенно полезна для систематически молодых групп таксонов растений, отличающихся большой вариабельностью морфологических признаков, трудностью идентификации и уточнения систематической принадлежности. В статье проведен анализ содержания различных групп биологически активных соединений в растениях рода *Centaurea* L. для поиска наиболее удобных хемотаксономических маркеров. В результате анализа вариабельности флавоноидов, сесквитерпеновых лактонов, полисахаридов и других биологически активных веществ рода *Василек* установлено, что «флавоноидные профили» наиболее видоспецифичны, а сесквитерпеновые лактоны могут служить дополнительным таксономическим признаком на уровне подродов и секций данного рода. Для формирования карты распределения биологически активных соединений в качестве хемотаксономических маркеров необходимы более подробные исследования.

*Ключевые слова:* хемотаксономия, хемотаксономические маркеры, род *Centaurea* L., биологически активные соединения, флавоноиды, сесквитерпеновые лактоны.

### Введение

Хемотаксономия (или хемосистематика, биохимическая систематика) — это направление систематики, которое занимается изучением связи химического состава растений с их систематическим положением. Впервые термин «хемосистематика» предложил А.Л. Тахтаджян. Еще в долиннеевский период было известно, что морфологически сходные лекарственные растения имеют сходные химические начала, так как обладают аналогичным действием [1].

Большая часть современных исследований по хемосистематике выполнена с использованием низкомолекулярных соединений — алкалоидов, терпеноидов, иридоидов, кумаринов, флавоноидов и других фенольных соединений. Вещества вторичного обмена чрезвычайно разнообразны, пути их биосинтеза характеризуются пластичностью, что позволяет широко использовать их в качестве критерия родственных отношений. Низкомолекулярная хемосистематика — преимущественно область решения конкретных вопросов систематики таксонов небольшого ранга.

В Казахстане семейство *Asteraceae* Dumort. является одним из наиболее эволюционно молодых, содержит множество родов со сложным определением до видовой принадлежности [2]. По ряду видов имеются вопросы о систематической принадлежности [3]. В этом отношении хемотаксономия может помочь в решении данных вопросов [4–7].

Род *Василек* (*Centaurea* L.) — довольно крупный род, включающий более 550 видов, из которых в Казахстане произрастает порядка 27 видов с 4 эндемиками [8]. Для быстрой идентификации сомнительных видов необходимы маркеры для подтверждения систематической принадлежности.

Цель настоящей работы — рассмотреть химические вещества растений рода *Centaurea* L. и определить вещества, которые могут быть полезны в качестве маркеров.

### Объекты и методика исследований

Материалом для исследований выбраны растения рода *Василек*, собранный гербарный материал из разных регионов Казахстана и стран мира (Гербарный фонд АО «МНПХ «Фитохимия»). Описание видов выверяли на основе «Флоры Казахстана» [2], «Определителя растений Средней Азии» [9]. Химический состав растений определяли по литературным источникам.

## Результаты и их обсуждение

Род *Centaurea* L. относится к семейству *Asteraceae*, порядок *Asterales*, класс *Magnoliopsida*, отдел *Magnoliophyta*, имеет множество подродов, которые делятся на ряд секций и подсекций [2, 9–11].

Подрод *Centaurea* L. включает 13 видов. К нему относятся виды с широкояйцевидными или почти шаровидными обертками; листочки обертки кожистые, зеленоватые, на верхушке притупленные, без придатков или с придатками в виде широкой перепончатой, полупрозрачной каймы; семянки голые, в верхней части слегка поперечно морщинистые; хохолок равен по длине семянке, неоппадающий, буроватый или беловатый, двойной, наружный состоит из нескольких рядов сплюснутых, шероховатых щетинок, внутренний состоит из одного ряда пленковидных щетинок, по краю также шероховатых, а у основания сросшихся в колечко. Цветки имеют желтую окраску.

Подрод *Cyanus* (Mill) Spach. включает 2 секции и 6 подсекций, включающих 18 видов. Он объединяет виды с продолговатыми, яйцевидными или сплюснуто-шаровидными обертками; листочки обертки кожистые, зеленоватые, наружные яйцевидные или треугольно-яйцевидные, внутренние ланцетно-линейные и линейные; придатки перепончатые, неколючие, избегающие на листочки в виде каймы, вместе с каймой по краю бахромчатые или неправильно зубчатые; семянки продолговато-эллипсоидальные или эллипсоидально-обратнояйцевидные, слабо волосистые; хохолок рыжеватый или беловатый, неоппадающий, двойной, наружный состоит из нескольких рядов пильчатых реснитчатых щетинок, внутренний вдвое-вчетверо короче наружного, щетинистый. Краевые цветки бесполое, сильно увеличенные, синие, голубые или розовые.

Подрод *Jacea* (Mill.) Spach. состоит из 2 секций и 14 видов. К нему относятся виды, у которых обертки шаровидно-яйцевидные или продолговато-яйцевидные; придатки листочков обертки перепончатые, не избегающие на листочки, на верхушке оттянутые в шиловидное или хвостовидное, неколючее окончание, цельные или по краю гребенчато-рассеченные на нитевидные длинные реснички. Цветки розовые или лилово-пурпуровые.

К подроду *Heterolophus* (Cass.) Spach. относятся 6 видов. Он объединяет таксоны, у которых придатки листочков обертки по краю бахромчато-надрезанные, зазубренные или частично цельнокрайние. Семянки продолговатые, уплощенные около 5–6 мм длиной; хохолок значительно короче семянки 1,5–3 мм, остающийся, двойной, наружный из перисто-мелко-щетинистых волосков, внутренний из одного ряда линейно-ланцетных гладких пленочек, конусообразно сходящихся верхушкой.

Подрод *Lopholoma* (Cass.) Spach. включает 4 секции и 16 видов, которые объединяют виды, стебли и листья которых покрыты короткими сосочковидными волосками с примесью курчавых волосков и тонкого паутинистого войлочка; наружные и средние листочки обертки с черно-бурыми или почти черными придатками, тонко-кожистыми, избегающими на листочки в виде широкой, гребенчато-реснитчатой каймы; на верхушке кайма часто переходит в шипик или отогнутую колючку.

Подрод *Acrolophus* (Cass.) Dobroc. включает 23 вида, который объединяет двулетние или многолетние растения с паутинистым опушением; стебли сильно разветвленные; придатки листочков обертки избегающие на края листочков, пленчатые или полукожистые, на верхушке с мягким или колючим острием, по краям гребенчато-бахромчатые, реже тонко зазубренные. К данному подроду относятся петрофильные, псамофильные, степные или лесостепные виды.

Подрод *Amblyopogon* (DC.) Tzvel. включает всего 1 вид (*C. meyeriana* Tzvel). Подрод *Xanthopsis* (DC.) Tzvel. включает 3 вида (*C. erivanensis* (Lipsky) Bordz., *C. Xanthocephaloides* Tzvel., *C. Xanthocephala* (DC.) Sosn.). Подрод *Sosnovskya* (Takht.) Czer. включает 4 вида. Подрод *Odontolophus* (Cass.) Hayek. включает 3 вида (*C. Trinervia* Steph., *C. Kobstanica* Tzvel., *C. avarice* Tzvel.). К подроду *Pseudohyallii* Tzvel. относится всего 1 вид (*C. leuzeoides* (Jaub. et Spach.) Walp.). Подрод *Hyaliella* включает 2 секции и 7 видов. Подрод *Czerniakovskya* Czer. включает 2 эндемичных вида (*C. Iljinii* Czerniak., *C. kopetdaghensis* Iljin). Подрод *Psephellus* (Cass.) Schmalh. состоит из 3 секций и включает 30 видов. Подрод *Phalolepis* (Cass.) Dobroc. включает 2 секции и 22 вида. Подрод *Microlophus* (Cass.) Hayek. включает 2 секции и 3 вида. Подрод *Seridia* (Juss.) Czer. включает 1 вид (*C. Stevenii* MB.). Подрод *Rhizocalathium* (Tzvel.) Tzvel. включает 5 видов. К подроду *Solstitiaria* (Hill) Dobroc. относятся 2 вида (*C. solstitialis* L., *C. Adamii* Willd.). Подрод *Calcitrappa* (Adans.) Hayek. включает следующие 2 вида: *C. Iberica* Trev., *C. calcitrappa* L. К подроду *Tetramorphaea* (DC.) Czer. относится 1 вид (*C. belangeriana* (DC.) Steapf.). Таким образом, род *Centaurea* представлен 21 подродом [2, 3].

Химически род *Centaurea* L. мало изучен, данные о химическом составе большинства видов этого рода неполные.

Среда низкомолекулярных биологически активных соединений из рода представлена веществами, относящимися к трем классам: полиацетиленовые соединения, флавоноиды, сесквитерпеновые лактоны.

В результате интенсивных исследований последних лет в области химии природных соединений было обнаружено присутствие в некоторых видах различного типа полинепредельных соединений, содержащих в своей молекуле полиацетиленовые, винилацетиленовые системы связей. Природными полиацетиленами (полиинами) называют соединения, содержащие в своей структуре две или более тройные связи. В широком смысле полиацетилены — соединения, содержащие хотя бы одну тройную связь, и биогенетически происходящие из полиацетиленовых предшественников.

Полиацетиленовые соединения, встречающиеся в растениях, представляют собой относительно неполярные соединения (углеводороды, окиси, спирты, ацетаты, альдегиды, кетоны, эфиры кислот и др.). Все без исключения они имеют неразветвленную углеродную структуру с различной степенью ненасыщенности — от ен-диинной до ен-пентаиновой. Длина цепи колеблется от 9 до 18 углеродных атомов, преобладающими среди них являются соединения  $C_{13}$  и  $C_{17}$ .

21 ациклическое ацетиленовое соединение  $C_{18}$ – $C_{14}$  было выделено и изучено из растений рода *Centaurea* и 18 ациклических ацетиленовых соединений, также обнаружены хлорсодержащие полиацетиленовые соединения.

Спектр биологической активности некоторых полиацетиленов, выделенных из высших растений, сейчас достаточно хорошо исследован. Они, как показывают данные различных авторов, являются сильными фотосенсибилизаторами, проявляют противовоспалительную, антикоагулянтную, антибактериальную, противотуберкулезную, противогрибковую, противовирусную, нейрозащитную и нейротоксическую активности. Поэтому полиацетилены, несомненно, представляют интерес для фармации и медицины.

У всех изучаемых представителей рода *Centaurea* обнаружены главным образом фенольные соединения (флавоноиды, кумарины, фенолокислоты и дубильные вещества) [12]. Флавоноиды обладают выраженными антиаллергическими, антиканцерогенными, противовоспалительными и антивирусными свойствами [12, 13]. Разнообразная биологическая активность флавоноидов обусловлена наличием в их молекулах реактивных гидроксильных и карбонильных групп. Превращаясь в биологических системах в различные хиноны, флавоноиды могут взаимодействовать со специфическими функциональными группами белков-ферментов, изменяя их третичную структуру и каталитические свойства.

Основными флавоноидами рода *Centaurea* являются флавоны (апигенин, лютеолин, гиспидулин, скутелляреин, эцупаторин и др.) и их производные. Для некоторых видов характерны флавонолы (кверцетин и его гликозиды, кемпферол) и их производные [14] (см табл.).

Т а б л и ц а

Состав флавоноидов в различных видах рода *Centaurea*

Наименование соединения	Виды васильков	Литературные ссылки
1	2	3
Апигенин (5,7,4-триоксифлавоны)	<i>C. ciscaucasica</i> Sons., <i>C. cyanus</i> L., <i>C. dealbata</i> Willd., <i>C. declinata</i> Bieb., <i>C. depressa</i> Bieb., <i>C. iberica</i> Trev. Ex Spreng., <i>C. jacea</i> L., <i>C. maroccana</i> Ball., <i>C. pseudophrygia</i> Dobrocs., <i>C. ruthenica</i> Lam, <i>C. tougourensis</i> Boiss. & Reut.	[15, 16]
Кемпферол (3,5,7,4-тетраоксифлавоны)	<i>C. cyanus</i> L., <i>C. depressa</i> Bieb., <i>C. iberica</i> Spreng.	[15, 17]
Сальвигенин (5-гидрокси-6,7,4'-триметоксифлавоны)	<i>C. pseudomaculosa</i> Dobrocz., <i>C. argute</i> , <i>C. jacea</i> L., <i>C. tougourensis</i> Boiss. & Reut., <i>C. behen</i> , <i>C. napifolia</i> , <i>C. scabiosa</i>	[17]
Кверцетин (3,5,7,3,4-пентаоксифлавоны)	<i>C. rupestris</i> L., <i>C. cheiranthifolia</i> Willd., <i>C. cyanus</i> L., <i>C. depressa</i> Bieb., <i>C. iberica</i> Spreng, <i>C. napifolia</i> L., <i>C. pseudophrygia</i> C.A. Mey, <i>C. ruthenica</i> Lam.	[16–18]



1	2	3
Гиспидулин (3-глюкозид-3,5,7,3,4- пентаоксифлавои)	<i>C. arguta</i> Ness, <i>C. cyanus</i> L., <i>C. maroccana</i> L., <i>C. melitensis</i> L., <i>C. napifolia</i> L., <i>C. pseudophrygia</i> C.A. Mey, <i>C. ruthenica</i> Lam.	[17, 18]
Лютеолин (5,7,3,4-тетраоксифлавои)	<i>C. ciscaucasica</i> Sosn., <i>C. cyanus</i> L., <i>C. dealbata</i> Willd., <i>C. declinata</i> Bieb., <i>C. iberica</i> Spreng, <i>C. pseudophrygia</i> C.A. Mey, <i>C. ruthenica</i> Lam.	[15, 19]
Скутеллярин (4',5,6-тригидрокси- 7-О-глюкозид флавои)	<i>C. dealbata</i> Willd., <i>C. depressa</i> Bieb., <i>C. iberica</i> Spreng, <i>C. scabiosa</i> L., <i>C. calcitrapa</i> L.	[19]
Яцеозидин (5,7,4-триокси-6,4- диметоксифлавои)	<i>C. arguta</i> Ness, <i>C. salicifolia</i> M. Bieb., <i>C. pullata</i> L., <i>C. calcitrata</i> L.	[20]

Практически все исследованные растения этого рода содержат сесквитерпеновые лактоны. Так, в монографии К.С. Рыбалко [21] упоминается 23 сесквитерпеновых лактона из растений рода *Centaurea*. Монография А.Д. Кагарлицкого и С.М. Адекенова [22] включает уже 43 соединения. И количество выделенных сесквитерпеновых лактонов из видов васильков постоянно растёт. Так, в обзоре М. Вруно (2013) сообщается о выделении более 200 сесквитерпеновых лактонов, из них большую часть составляют гваянские [23].

Лактоны, выделенные из васильков, в основном, — это нелинейные по расположению лактонного цикла в молекуле. Исключение составляют три гермакранолида: артемизиинфолин, С-15-ацетил-артемизиинфолин и скабиолид, которые относятся к линейному ряду. В большинстве структур экзометиленовая группа сопряжена с карбонилем  $\gamma$ -лактона. Типичными заместителями в структурах сесквитерпеноидов являются кето-, гидроксильные и сложноэфирные группы. Известны соединения, выделенные из *C. glastifolia* L. и *C. hermannii* F. Hermann, в строении которых присутствует гидропероксигруппа [23]. В *Centaurea clementei* Boiss. ex DC., *C. canariensis* Brouss. var. *Subexpinnata* Burch. обнаружены гваянолиды, содержащие в лактонной функции оксетановый цикл. Встречаются лактоны, имеющие в своем строении хлор в виде хлоргидриновой функции.

Также изучены сесквитерпеновые лактоны в растениях *Centaurea solstitialis* ssp. [24, 25], *Centaurea sessilis*, *Centaurea armena* [26, 27], *Centaurea musimomum* [28], *Centaurea spinosa* [29] и *Centaurea scabiosa* [30].

Из других природных соединений, обнаруженных в наземной части видов рода *Centaurea*, можно назвать углеводы, полиацетиленовые соединения, аскорбиновую кислоту, каротиноиды, липиды, стероиды, эфирные масла, каучук [12]. Наличие алколоидов отмечено для таких видов, как *C. aggregate* L., *C. dehen* L., *C. cyanus* L., *C. scabiosa* L., *C. depressa* Bieb. и других, однако компонентный состав алколоидов практически не изучался [12].

Сапонины также обнаружены в наземной части многих видов рода *Centaurea*. Например, в наземной части *C. solstitialis* L., *C. pseudomaculosa* Dobrocs. идентифицирован таракастерол, в *C. behen* — таракастерол и его производные, в *C. calcitrapa* L. и *C. scabiosa* —  $\alpha$  и  $\beta$ -амирины.

Из липофильных извлечений некоторых представителей этого рода (*C. scabiosa*, *C. americana* и др.) были выделены лигнаны дибензилбутиролактона (арктигенин, матаирезинол, матаирезинозид, 17-(S)-гидроксиарктигенин) [31].

В университете Selcuk (Турция) в научной лаборатории факультета биологии проведены изучения антиоксидантной активности *Centaurea urvillei* subsp. Hayekiana. Проведен анализ жирных кислот, в результате идентифицировано 32 соединения. Масло *C. urvillei* охарактеризовано высоким количеством С 18:2\_6 (линолевая кислота) и С 18:1\_9 (олеиновая кислота). *C. urvillei* может быть использован как источник натуральных антиоксидантов и линолевой кислоты в медицине и пищевой промышленности [32].

Также были проведены исследования экстрактов, полученных из наземных частей восьми видов *Centaurea* (*C. calolepis*, *C. cariensis* subsp. *Maculiceps*, *C. cariensis* subsp. *Miclepis*, *C. hierapolitana*, *C. cadmea*, *C. ensiformis*, *C. depressa* и *C. urvillei* subsp. *Urvillei*). Установлено, что концентрация полифенолов в данных видах варьирует от 43,44–120,90 мгГАЕ/л [33]. Экстракт корней *Centaurea behens*, содержащий фенольные соединения, показал значительное антиоксидантное действие [34].

Установлен полный фенольный состав пяти видов рода *Centaurea* (*C. stenolepis*, *C. kilaea*, *C. cuneifolia*, *C. iberica*, *C. solstitialis*) [35]. Данные вещества показали среднюю активность против *Pseudomonas aeruginosa* (MIC: 312 µg/ml), *Candida albicans* (MIC: 312 µg/ml), *Staphylococcus aureus* (MIC: 625 µg/ml) [35]. Фенольные соединения из эндема *Centaurea kilaea* Boiss. показали антипролиферативную активность против человеческих опухолевых клеточных линий [36].

М.С. Ларькиной [37] изучена характеристика полисахаридных комплексов *Centaurea scabiosa* L. и *Centaurea pseudomaculosa* Dobroc. Мономерными единицами полисахаридных комплексов обоих видов являются остатки D-галактуроновой кислоты, L-рамнозы, D-ксилозы, D-маннозы, D-глюкозы и D-галактозы. Из водорастворимых полисахаридов *C. scabiosa* методом ионообменной хроматографии выделены три полисахаридные фракции (с молекулярными массами 667, 722 и 1027 кДа), мономерными единицами которых являются D-галактуроновая кислота, L-рамноза, D-галактоза, D-ксилоза и D-глюкоза [37]. Методом хроматографии на бумаге в 40 и 70 % этанольных экстрактах из наземной части *Centaurea scabiosa* обнаружены кофейная, феруловая, хлорогеновая, *n*-кумаровая, коричная и салициловая кислоты [38].

### Заключение

Таким образом, виды рода *Centaurea* представляют интерес в качестве источников сырья, содержащего биологически активные природные соединения.

В результате анализа варибельности флавоноидов, сесквитерпеновых лактонов, полисахаридов и других биологически активных веществ рода *Василек* установлено, что «флавоноидные профили» наиболее видоспецифичны, а сесквитерпеновые лактоны могут служить дополнительным таксономическим признаком на уровне подродов и секций данного рода.

Для формирования карты распределения биологически активных соединений в качестве хемотаксономических маркеров необходимы более подробные исследования.

### Список литературы

- 1 Сиднева О.В. Хемотаксономическое исследование видов секции *Cenantrum* Koch рода *Astragalus* L. (*Fabaceae* Lindl.) Сибири: автореф. дис. ... канд. наук / О.В. Сиднева. — Новосибирск, 2006. — 24 с.
- 2 Флора Казахстана. — Т. 9. — Алма-Ата: Наука, 1966. — С. 382–386.
- 3 Криворотов С.Б. Пособие по систематике Цветковых растений / С.Б. Криворотов, Н.А. Сионова. — Краснодар: КубГАУ, 2012. — 42 с.
- 4 Воронкова М.С. Вторичные метаболиты азиатских видов рода *Bistorta* (L.) Scop. (*Polygonaceae*) в связи с хемотаксономией и практическим использованием: автореф. дис. ... канд. наук / М.С. Воронкова. — Новосибирск, 2006. — 22 с.
- 5 Дармограй С.В. К хемотаксономическому изучению некоторых видов растений семейства гвоздичных (*Caryophyllaceae* Juss.), принадлежащих к различным его подсемействам / С.В. Дармограй, Н.С. Ерофеева, А.С. Филиппова, Г.В. Дубоделова, В.А. Морозова, В.Н. Дармограй // Междунар. журн. прикл. и фундамент. исслед. — 2017. — № 1. — С. 287–290.
- 6 Храмова Е.П. Хемотаксономическое исследование сибирских видов рода *Pentaphylloides* Hill / Е.П. Храмова // Turczaninowia. — 2013. — Т. 16, № 4. — С. 55–62. <http://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.16.4.10>
- 7 Федоров А.А. Хемосистематика, ее проблемы и практическое значение / А.А. Федоров, М.Г. Пименов // Растительные ресурсы. — 1967. — Т. 3, Вып. 1. — С. 3–16.
- 8 Байтенов М.С. Флора Казахстана. — Т. 2. Родовой комплекс флоры / М.С. Байтенов. — Алматы: Ғылым, 2001. — 280 с.
- 9 Определитель растений Средней Азии (критический конспект флоры). — Ташкент: ФАН, 1993. — Т. 10. — С. 404–414.
- 10 Немирова Е.С. Обзор видов рода *Centaurea* L. (*Asteraceae* Juss.) флоры центральной части Европейской России / Е.С. Немирова, Н.А. Гусева // Вестн. МГОУ. Сер. Естественные науки. — 2016. — № 2. — С. 54–64.
- 11 Клоков М.В. Род *Centaurea* — Василек / М.В. Клоков, Н.Н. Цвелев // Флора СССР. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. — Т. 28. — С. 370–579.
- 12 Растительные ресурсы России: дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. — Т. 5. Семейство *Asteraceae* (*Compositae*). — СПб.: КМК, 2013. — 312 с.
- 13 Федосеева Г.М. Фитохимический анализ растительного сырья, содержащего флавоноиды / Г.М. Федосеева, В.М. Минович, Е.Г. Горячкина, М.В. Переломова. — Иркутск: ИГМУ, 2009. — 67 с.
- 14 Karamenderes C. Total phenolic contents, free radical scavenging activities and inhibitory effects on the activation of NF-κappa B of eight *Centaurea* L. species / C. Karamenderes, S. Konyalioglu, S. Khan, A. Ikhlas // Phytotherapy. — 2001. — Vol. 21, No. 5. — P. 488–491.
- 15 Kaij-A-Kamb M. Chemical and biological activity of the genus *Centaurea* / M. Kaij-A-Kamb, M. Amoros, L. Girre // Pharmaceutica Acta Helvetica. — 1992. — № 67. — P. 178–188.
- 16 Mishio T. Yellow flavonoids in *Centaurea ruthenica* as flower pigments / T. Mishio, T. Honma, T. Iwashina // Biochemical Systematics and Ecology. — 2006. — No. 34. — P. 180–184.

- 17 Ларькина М.С. Фенольные соединения видов рода *Centaurea* мировой флоры (обзор) / М.С. Ларькина, Т.В. Кадырова, Е.В. Ермилова // Химия растит. сырья. — 2011. — № 4. — С. 7–14.
- 18 Akkal S. Flavonoid aglycones from *Centaurea napifolia* / S. Akkal, F. Benayache, K. Medjroubi // Химия природных соединений. — 2003. — № 2. — С. 165, 166.
- 19 Бандюкова В.А. Флавоноиды *Centaurea depressa* / В.А. Бандюкова, Х.Х. Далматов, Х.И. Алимов // Химия природных соединений. — 1969. — № 4. — С. 324, 325.
- 20 Medjroubi K. Flavonoids of the aerial part of *Centaurea pullata* / K. Medjroubi, S. Mezhouol, F. Benayache, E. Sequin, F. Tillequin // Chemistry of natural compounds. — 2005. — № 2. — С. 180–182.
- 21 Рыбалко К.С. Перспективы выявления растений, содержащих сесквитерпеновые лактоны. Растения трибы *Centaureinae* Hoffm. сем. *Asteraceae* Dum. / К.С. Рыбалко, Д.А. Пакалин, Р.И. Евстратова, А.И. Шретер // Растительные ресурсы. — 1975. — Т. 11, Вып. 1 — С. 131–144.
- 22 Кагарлицкий А.Д. Сесквитерпеновые лактоны растений Центрального Казахстана / А.Д. Кагарлицкий, С.М. Адекенов, А.Н. Куприянов. — Алма-Ата: Наука, 1987. — 240 с.
- 23 Bruno M. Sesquiterpenoids in subtribe *Centaureinae* (Cass.) Dumort (tribe *Cardueae*, *Asteraceae*): Distribution, <sup>13</sup>C NMR spectral data and biological properties / M. Bruno, S. Bancheva, S. Rosselli, A. Maggio // Phytochemistry. — 2013. — No. 95. — P. 13–95.
- 24 Gurbuz I. Evaluation of the antiulcerogenic effect of the sesquiterpene lactones from *Centaurea solstitialis* ssp. *solstitialis* by using various in vivo and biochemical techniques / I. Gurbuz, E. Yesilada // Journal of Ethnopharmacology. — 2007. — No. 112. — P. 284–295.
- 25 Yesilada E. Isolation of anti-ulcerogenic sesquiterpene lactones from *Centaurea solstitialis* L. ssp. *Solstitialis* through bioassay-guided fractionation procedures in rats / E. Yesilada, I. Guerbuez, E. Bedir, I. Tatli, I.A. Khan // Journal of Ethnopharmacology. — 2004. — No. 95. — P. 213–219.
- 26 Yayli N. Composition and antimicrobial activity of essential oils from *Centaurea sessilis* and *Centaurea armena* / N. Yayli, A. Yasara, C. Gulec, A. Usta // Phytochemistry. — 2005. — No. 66. — P. 1741–1745.
- 27 Koukoulitsa E. Bioactive sesquiterpene lactones from *Centaurea* species and their cytotoxic/cytostatic activity against human cell lines in vitro / E. Koukoulitsa, H. Skaltsa, A. Karioti, C. Demetzos, K. Dimas // Planta Medica. — 2002. — No. 68. — P. 649–652.
- 28 Medjroubi K. Sesquiterpene lactons from *Centaurea musimomum*. Antiplasmodial and cytotoxic activities / K. Medjroubi, F. Benayache, J. Bermejo // Fitoterapia. — 2005. — No. 76. — P. 744–746.
- 29 Saroglou V. Sesquiterpene lactons from *Centaurea spinosa* and their antibacterial and cytotoxic activities / V. Saroglou, A. Karioti, C. Demetzos, K. Dimas, H. Skaltsa // J. Nat. Prod. — 2005. — No. 68. — P. 1404–1407.
- 30 Краснов Е.А. Выделение гроссгемина из сибирской популяции *Centaurea scabiosa* / Е.А. Краснов, В.А. Ралдугин, Т.В. Кадырова, И.П. Каминский // Химия природных соединений. — 2006. — № 4. — С. 397.
- 31 Ларькина М.С. Фенольные соединения видов рода *Centaurea* мировой флоры (обзор) / М.С. Ларькина, Т.В. Кадырова, Е.В. Ермилова // Химия растительного сырья. — 2011. — № 4. — С. 7–14.
- 32 Zengin G. Antioxidant Properties of Methanolic Extract and Fatty Acid Composition of *Centaurea urvillei* DC. subsp. *Hayekiana* Wagenitz / G. Zengin, A. Aktumsek, G.O. Guler, Y.S. Cakmak, E. Yildiztugay // Records of Natural Products. — 2011. — Vol. 5, No. 2. — P. 123–132.
- 33 Karamenderes C. Total phenolic contents, free radical scavenging activities and inhibitory effects on the activation of NF- $\kappa$ B of eight *Centaurea* L. species / C. Karamenderes, S. Konyalioglu, S. Khan, I.A. Khan // Phytother. Res. — 2007. — Vol. 21. — P. 488–491.
- 34 Chougule P. In-Vitro Antioxidant Activity of Ethanolic Extract of *Centaurea behen* / P. Chougule, R. Pawar, D. Limaye, Y. M. Joshi, V. Kadam // Journal of Applied Pharmaceutical Science. — 2012. — No. 2–4. — P. 106–110.
- 35 Şen A. In vitro evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of some *Centaurea* L. species / A. Şen, L. Bitiş, S. Birteksöz-Tan, G. Bulut // Marmara Pharmaceutical Journal. — 2013. — № 17. — P. 42–45.
- 36 Sen A. In vitro Antiproliferative Activity of Endemic *Centaurea kilaea* Boiss. against Human Tumor Cell Lines / A. Sen, S.T. Ozbas, J. Akbuga, L. Biti // MÜSBED. — 2015. — No. 5 (3). — P. 149–153.
- 37 Ларькина М.С. Характеристика полисахаридных комплексов василька шероховатого (*Centaurea scabiosa* L.) и василька ложнопятнистого (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.) / М.С. Ларькина, С.В. Кривошеков, А.М. Гурьев, Т.В. Кадырова, Е.В. Ермилова, В.В. Коцерубская, М.С. Юсубов // Химия растительного сырья. — 2016. — № 2. — С. 19–24.
- 38 Ларькина М.С. Изучение динамики накопления фенолкарбоновых кислот в надземной части василька шероховатого / М.С. Ларькина, Т.В. Кадырова, Е.В. Ермилова // Химия растительного сырья. — 2008. — № 3. — С. 71–74.

Г.К. Асанова, А.Ш. Додонова, В. Пуш

## ***Centaurea* L. тұқымынан өсімдіктердің хемотаксономиялық маркерлерін анықтау**

Өсімдіктерді зерттеудің хемотаксономиялық әдістерін қолдану жақын туысқан өсімдіктердің тұқымдары мен түрлерін анықтауға көмектеседі. Хемотаксономия әсіресе морфологиялық белгілердің үлкен өзгергіштігімен, жүйелі түрде сәйкестендіруді және нақтылауды қиындататын өсімдіктердің таксондарының жүйелі жас топтары үшін пайдалы. Мақалада *Centaurea* L. тұқымындағы өсімдіктердегі биологиялық белсенді қосылыстардың әртүрлі топтарының құрамына талдау жасалған. Флавоноидтардың, сесквитерпендік лактондардың, полисахаридтердің және *Centaurea* тектес басқа да

биологиялық белсенді заттардың өзгергіштігін талдау нәтижесінде «флавоноид профильдерінің» түр ерекшелігі анықталған, ал сесквитерпендік лактондар субгенус пен осы типтегі секциялар деңгейінде қосымша таксономиялық белгі бола алады. Хемотаксономиялық маркерлер ретінде биологиялық белсенді қосылыстардың таралу картасын қалыптастыру үшін егжей-тегжейлі зерттеулер қажет.

*Кілт сөздер:* хемотаксономия, хемотаксономиялық маркерлер, *Centaurea* L. түрі, биологиялық белсенді қосылыстар, флавоноидтар, сесквитерпен лактондары.

G.K. Asanova, A.Sh. Dodonova, W. Push

## Identification of chemotaxonomic plant markers from the genus *Centaurea* L.

The use of chemotaxonomic methods for studying plants allows you to help identify the ancestral and species affiliation of closely related plants. Chemotaxonomy is especially useful for systematically young groups of plant taxa, characterized by great variability in morphological features, difficulty in identifying and clarifying systematic affiliation. The article analyses the content of various groups of biologically active compounds in plants of the genus *Centaurea* L. to find the most convenient chemotaxonomic markers. As a result of the analysis of the variability of flavonoids, sesquiterpene lactones, polysaccharides and other biologically active substances of the genus *Centaurea*, it was found that «flavonoid profiles» are most species-specific, and sesquiterpene lactones can serve as an additional taxonomic feature at the level of subgenera and sections of this genus. More detailed studies are needed to map the distribution of biologically active compounds as chemotaxonomic markers.

*Keywords:* chemotaxonomics, chemotaxonomic markers, genus *Centaurea* L., biological active compounds, flavonoids, sesquiterpene lactones.

## References

- 1 Sidneva, O.V. (2006). Khemotaksonomicheskoe issledovanie vidov seksii *Cenantrum* Koch roda *Astragalus* L. (*Fabaceae* Lindl.) Sibiri [Chemotaxonomic study of species from section *Cenantrum* Koch of genus *Astragalus* L. (*Fabaceae* Lindl.) of Siberia]. *Candidate's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
- 2 *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. (1966). (Vol. 9). Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 3 Krivorotov, S.B., & Sionova, N.A. (2012). *Posobie po sistematike Tsvetkovykh rastenii [Guide for systematic of flower plants]*. Krasnodar: KubGSU [in Russian].
- 4 Voronkova, M.S. (2006). Vtorichnye metabolity aziatskikh vidov roda *Bistorta* (L.) Scop. (*Polygonaceae*) v sviazi s khemotaksonomie i prakticheskim ispolzovaniem [Secondary metabolites of asian species of genus *Bistorta* (L.) Scop. (*Polygonaceae*) according with chemotaxonomics and practical use]. *Candidate's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
- 5 Darmogray, S.V., Erofeeva, N.S., Filippova, A.S., Dubodelova, G.V., Morosova, V.A., & Darmogray, V.N. (2017). K khemotaksonomicheskomu izucheniiu nekotorykh vidov rastenii semeistva hvozdichnykh (*Saryophyllaceae* Juss.), prinaldlezhashchikh k razlichnym eho podsemeistvam [To the chemotaxonomic study of some species of plants of the clove family (*Caryophyllaceae* Juss.), belonging to its various subfamilies]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy — International Journal of applied and fundamental study*, 1, 287–290 [in Russian].
- 6 Khranova, E.P. Khemotaksonomicheskoe issledovanie sibirskikh vidov roda *Pentaphylloides* Hill [Chemotaxonomic study of Siberian species of the genus *Pentaphylloides* Hill]. *Turczaninowia*, 16(4), 55–62 [in Russian]. <http://dx.doi.org/10.14258/turczaninowia.16.4.10>.
- 7 Fedorov, A.A. & Pimenov, M.G. (1967). Khemosistematika, ee problemy i prakticheskoe znachenie [Chemosystematics, their problems and practical uses]. *Rastitelnye resursy — Plant resources*, 3, 1, 3–16 [in Russian].
- 8 Baitenov, M.S. (2001). *Flora Kazakhstana. T. 2. Rodovoi kompleks flory [Flora of Kazakhstan. Vol. 2. Genus complex of flora]*. Almaty: Hylym [in Russian].
- 9 *Opredelitel rastenii Srednei Azii (kriticheskii konspekt flory) [Determinant of plants in Central Asia (critical concept of flora)]*. (1993). Tashkent: FAN, 10, 404–414 [in Russian].
- 10 Nemirova, E.S., & Guseva, N.A. (2016). Obzor vidov roda *Centaurea* L. (*Asteraceae* Juss.) flory tsentralnoi chasti Evropeiskoi Rossii [Overview of species of the genus *Centaurea* L. (*Asteraceae* Juss.) flora of the central part of European Russia]. *Vestnik MGOU. Seriya Estestvennye nauki — Bulletin of MSOU. Series natural science*, 2, 54–64 [in Russian].
- 11 Klovov, M.V. & Cvelev N.N. (1963). Rod *Centaurea*-Vasilek [Genus *Centaurea* — Cornflower]. *Flora SSSR — Flora of USSR*. Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AS of USSR, 28, 370–379 [in Russian].
- 12 *Rastitelnye resursy Rossii: dikorastushchie tsvetkovye rasteniia, ikh komponentnyi sostav i biolohicheskaiia aktivnost. — T. 5. Semeistvo Asteraceae (Compositae) [Plant resources of Russia: wild flowering plants, their component composition and biological activity. T. 5. Family Asteraceae (Compositae)]*. (2013). Saint Petersburg [in Russian].
- 13 Fedoseyeva, G.M., Mirovich, V.M., Goryachkina, E.G. & Perelomova, M.V. (2009). *Fitokhimicheskii analiz rastitelnoho syria, soderzhashcheho flavonoidy [Phytochemical analysis of raw materials containing flavonoids]*. Irkutsk [in Russian].
- 14 Karamenderes, C., Konyalioglu, S., Khan, S. & Ikhlas, A. (2001). Total phenolic contents, free radical scavenging activities and inhibitory effects on the activation of NF-kappa B of eight *Centaurea* L. species. *Phytotherapy*, 21, 5, 488–491.

- 15 Kaij-A-Kamb, M., Amoros, M. & Girre, L. (1992). Chemical and biological activity of the genus *Centaurea*. *Pharmaceutica Acta Helvetica*, 67, 178–188.
- 16 Mishio, T., Honma, T. & Iwashina, T. (2006). Yellow flavonoids in *Centaurea ruthenica* as flower pigments. *Biochemical Systematics and Ecology*, 34, 180–184.
- 17 Larkina, M.S., Kadyrova, T.V. & Ermilova, M.S. (2011). Fenolnye soedineniia vidov roda *Centaurea* mirovoi flory (obzor) [Phenolic compounds of species of the genus *Centaurea* world flora (overview)]. *Khimiia rastitelnoho syria — Chemistry of Plant Materials*, 4, 7–14 [in Russian].
- 18 Akkal, S., Benayache, F. & Medjroubi, K. (2003). Flavonoid aglycones from *Centaurea napifolia*. *Khimiia prirodnykh soedinenii — Chemistry of Natural Compounds*, 2, 165–166.
- 19 Bandyukova, V.A., Dalmatov, Kh.Kh., & Alimov, Kh.I. (1969). Flavonoidy *Centaurea depressa* [Flavonoids from *Centaurea depressa*]. *Khimiia prirodnykh soedinenii — Chemistry of Natural Compounds*, 4, 324–325 [in Russian].
- 20 Medjroubi, K., Mezhouol, S., Benayache, F., Sequin, E. & Tillequin F. (2005). Flavonoids of the aerial part of *Centaurea pullata*. *Khimiia prirodnykh soedinenii — Chemistry of Natural Compounds*, 2, 180–182.
- 21 Rybalko, K.S., Pakaln, D.A., Evstratov, R.I. & Shreter, A.I. (1975). Perspektivy vyiavlennii rastenii, sodержashchikh seskviterpenovye laktony. Rasteniia triby *Sentaureinaeo* Hoffm. sem. *Asteraceae* Dum. [Prospects for detecting plants containing sesquiterpene lactones. Plants of the tribe *Centaureinaeo* Hoffm. family *Asteraceae* Dum.]. *Rastitelnye resursy — Plant Resources*, 11(1), 131–144 [in Russian].
- 22 Kagarlickij, A.D., Adekenov, S.M., & Kupriyanov, A.N. (1987). *Seskviterpenovye laktony rastenii Tsentralnogo Kazakhstana* [Sesquiterpene lactones of plants of the Central Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 23 Bruno, M., Bancheva, S., Rosselli, S. & Maggio, A. (2013). Sesquiterpenoids in subtribe *Centaureinae* (Cass.) Dumort (tribe *Cardueae*, *Asteraceae*): Distribution, 13C NMR spectral data and biological properties. *Phytochemistry*, 95, 13–95.
- 24 Gurbuz, I., & Yesilada E. (2007). Evaluation of the antiulcerogenic effect of the sesquiterpene lactones from *Centaurea solstitialis* ssp. *solstitialis* by using various in vivo and biochemical techniques. *Journal of Ethnopharmacology*, 112, 284–295.
- 25 Yesilada, E., Guerbuez, I., Bedir, E., Tatli, I., & Khan, I.A. (2004). Isolation of anti-ulcerogenic sesquiterpene lactones from *Centaurea solstitialis* L. ssp. *Solstitialis* through bioassay-guided fractionation procedures in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 95, 213–219.
- 26 Yayli, N., Yasara, A., Gulec, C., & Usta, A. (2005). Composition and antimicrobial activity of essential oils from *Centaurea sessilis* and *Centaurea armena*. *Phytochemistry*, 66, 1741–1745.
- 27 Koukoulitsa, E., Skaltsa, H., Karioti, A., Demetzos, C., & Dimas, K. (2002). Bioactive sesquiterpene lactones from *Centaurea* species and their cytotoxic/cytostatic activity against human cell lines in vitro. *Planta Medica*, 68, 649–652.
- 28 Medjroubi, K., Benayache, F., Bermejo, J. (2005). Sesquiterpene lactons from *Centaurea musimum*. Antiplasmodial and cytotoxic activities. *Fitoterapia*, 76, 744–746.
- 29 Saroglou, V., Karioti, A., Demetzos, C., Dimas, K. & Skaltsa, H. (2005). Sesquiterpene lactons from *Centaurea spinosa* and their antibacterial and cytotoxic activities. *J. Nat. Prod.*, 68, 1404–0107.
- 30 Krasnov, E.A., Raldugin, V.A., Kadyrova, T.V. & Kaminskij, I.P. (2006). Vydelenie hrosshemina iz sibirskoi populiatsii *Centaurea scabiosa* [Isolation of grossgemine from Siberian population of *Centaurea scabiosa*]. *Khimiia prirodnykh soedinenii — Chemistry of Natural Compounds*, 4, 397 [in Russian].
- 31 Larkina, M.S., Kadyrova, T.V., & Ermilova, E.V. (2011). Fenolnye soedineniia vidov roda *Centaurea* mirovoi flory (obzor) [Fenolic compounds of species from genus *Centaurea* of the world flora (review)]. *Khimiia prirodnykh soedinenii — Chemistry of Natural Compounds*, 4, 7–14 [in Russian].
- 32 Zengin, G., Aktumsek, A., Guler, G.O., Cakmak, Y.S., & Yildiztugay, E. (2011). Antioxidant Properties of Methanolic Extract and Fatty Acid Composition of *Centaurea urvillei* DC. subsp. *Hayekiana* Wagenitz. *Records of Natural Products*, 5 (2), 123–132.
- 33 Karamenderes, C., Konyalioglu, S., Khan, S. & Khan, I.A. (2007). Total phenolic contents, free radical scavenging activities and inhibitory effects on the activation of NF-kappa B of eight *Centaurea* L. species. *Phytother. Res.*, 21, 488–491.
- 34 Chougule, P., Pawar, R., Limaye, D., Joshi, Y.M., & Kadam, V. (2012). In-Vitro Antioxidant Activity of Ethanolic Extract of *Centaurea behen*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2–4, 106–110.
- 35 Şen, A., Bitiş, L., Birteksöz-Tan, S. & Bulut, G. (2013). In vitro evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of some *Centaurea* L. species. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17, 42–45.
- 36 Sen, A., Ozbas, S.T., Akbuga, J. & Biti, L. (2015). In vitro Antiproliferative Activity of Endemic *Centaurea kilaea* Boiss. against Human Tumor Cell Lines. *MÜSBED*, 5 (3), 149–153.
- 37 Larkina, M.S., Krivoshchekov, S.V., Gur'ev, A.M., Kadyrova, T.V., Ermilova, E.V., Kocerubskaya, V.V., & Yusubov, M.S. (2016). Kharakteristika polisakharidnykh kompleksov vasilka sherohovatoho (*Centaurea scabiosa* L.) i vasilka lozhnopiatnistoho (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.) [Characteristics of polysaccharide complexes of rough cornflower (*Centaurea scabiosa* L.) and pseudo-spotted cornflower (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.)]. *Khimiia rastitelnoho syria — Chemistry of Plant Materials*, 2, 19–24 [in Russian].
- 38 Larkina, M.S., Kadyrova, T.V. & Ermilova, E.V. (2008). Izuchenie dinamiki nakopleniia fenolkarbonovykh kislot v nadzemnoi chasti vasilka sherokhovatoho [Study of the dynamics of the accumulation of phenolcarboxylic acids in the aerial part of the rough cornflower]. *Khimiia rastitelnoho syria — Chemistry of Plant Materials*, 2, 71–74 [in Russian].

Т.А. Вдовина\*, А.А. Винокуров, Е.А. Исакова, О.А. Лагус

*Алтайский ботанический сад КН МОН РК, Риддер, Казахстан  
(\*E-mail: altai\_bs@mail.ru)*

## **Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в Курчумском районе Восточно-Казахстанской области**

Целью данного исследования было изучение водно-физических параметров почвы, на основе которых можно провести анализ режима увлажнения и сделать выводы о применяемых инновационных технологиях. Схема опыта разработана сотрудниками Алтайского ботанического сада. В статье приведены данные по водно-физическим свойствам почвы: плотности, влажности и предельно-полевой влагоемкости. Результаты опытов показали, что с помощью гидрогеля «Аквасорб» возможно регулирование водного режима почв, повышения запасов влаги, доступной растениям в условиях водного дефицита. Так, добавление препарата при нормах 1,5 кг/м<sup>3</sup> и 2,0 кг/м<sup>3</sup> способствует удержанию в почве наибольшего количества влаги от 15 % до 24 % по всем горизонтам. Эти же нормы повышают запасы воды в почве, особенно в весенний период, и улучшают ее плотность. Все это способствует лучшему развитию растений.

*Ключевые слова:* вариант, климат, почва, гидрогель, предельно-полевая влагоемкость, запасы влаги.

### *Введение*

Вода — важнейший экологический фактор, определяющий не только ход физиологических процессов в растениях, но их рост и продуктивность. Чтобы судить о жизнедеятельности растения от среды обитания, нужно знать водный режим растения, характеризующийся целым комплексом физиологических показателей и почвенные условия. Оптимизация вододерживающей способности почв является первоочередной задачей. Если в почве достаточно доступной воды, создается водный баланс растений. Существует ряд технологий, призванных сохранять и более эффективно использовать водные ресурсы, для выращивания древесно-кустарниковых растений — укрывной материал, капельный полив, различные композиты. В последнее десятилетие в качестве абсорбента почвенной влаги в мировой практике стали использовать водопоглощающие полимеры (гидрогели), способные удерживать и отдавать воду, превышающие их массу в сотни раз. Данные свойства гидрогелей способствуют не только накоплению природной и дополнительной влаги в корнеобитаемом слое, но и снижают физическое испарение и улучшают структуру почвы. Находясь в гелеобразном состоянии, они обеспечивают оптимальный водный режим, питание растений [1–6].

Обеспеченность растений влагой в первую очередь зависит от погодно-климатических условий данной местности. Так, среднегодовое количество осадков в Курчумском районе низкое и составляет 290–310 мм. Осадков в весенние месяцы выпадает немного — от 27 до 35 мм. Климатические характеристики в весенние и летние периоды в годы проведения исследований (2018–2019 гг.) и закладки сада (2018 г.) характеризовались повышенной температурой летом и засушливой погодой. Так, среднемесячные показатели температуры летнего периода на 1–4 °С превышали среднегодовые показатели (1981–2017 гг.).

Почвы на опытном участке представлены суглинком средним и тяжелым, водопроницаемость слабая, влагоемкость высокая. Почва хорошо удерживает воду, скорость испарения воды медленная. Для данных почв характерна бесструктурность верхних горизонтов и уплотненность нижних, что потенциально затрудняет доступ влаги и воздуха в нижние слои почвы.

### *Объекты и методика исследований*

Постановка опытов в аридных условиях Восточного Казахстана проводилась в Курчумском районе, в окрестностях села Сарьюлен (северо-западная периферия Зайсанской котловины).

Учитывая потребность растений во влаге с климатическими и почвенными условиями данного района, заложен опыт по водосберегающим технологиям в пяти вариантах:

- 1 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения 1,0 кг/м<sup>3</sup> (125 г для деревьев и 90 г для кустарников);
- 2 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения 1,5 кг/м<sup>3</sup> (188 г для деревьев и 135 г для кустарников);
- 3 — применение водопоглощающего полимера «Аквасорб», норма внесения 2,0 кг/м<sup>3</sup> (250 г для деревьев и 180 г для кустарников);
- 4 — использование оросительной системы капельного типа;
- 5 — полив по бороздам (контроль).

Технология посадки и нормы внесения гидрогеля по вариантам соблюдались соответственно разработанным рекомендациям [7]. В трех вариантах опыта использовали инновационный препарат «Аквасорб», представляющий органический полимер, способный поглощать и удерживать при набухании большой объем воды.

В данном пункте заложены опыты по выращиванию 10 видов декоративных древесно-кустарниковых и плодовых пород на площади 1 га. Опыт поставлен в пяти вариантах. В каждом варианте все виды и сорта: клен татарский (*Acer tataricum* L.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth.), боярышник мягковатый (*Crataegus submollis* Sard.), яблоня гибридная, сорт 'Заветное' (*Malus hybrid* cv. 'Заветное'), ель сибирская (*Picea pungens* Engelm.), туя западная (*Thuja occidentalis* L.), смородина черная, сорт 'Забава' (*Ribes nigrum* L. cv. 'Забава') и барбарис обыкновенный (*Berberis vulgaris* L.) представлены каждый 21 экземпляром (по 7 штук в каждой повторности).

Оценка плотности почв и изучение предельно-полевой влагоемкости проводились по шкалам Н.А. Качинского [8] по слоям (от 10 до 50 см). Согласно оценке плотности почв суглинистого и глинистого механического состава оптимальной плотностью является показатель 1,2–1,5 г/см<sup>3</sup>, критической — выше 1,8 г/см<sup>3</sup>. Под влагоемкостью понимают способность почвы вмещать и удерживать в своих порах то или иное количество влаги. Ее определение проводилось в весенний, летний и осенний периоды. Почва с влагоемкостью 40–50 % считается наилучшей; 30–40 — хорошей; 25–30 — удовлетворительной; менее 25 % — неудовлетворительной.

Запасы влаги в почве — абсолютное количество воды, содержащееся в определенном слое почвы, рассчитаны в м<sup>3</sup>/га (мощность слоя 50 см).

Статистическая обработка результатов проводилась по методике Зайцева [9].

#### Результаты исследований и их обсуждение

Наиболее важным показателем, характеризующим водный режим почв, является плотность — масса абсолютно сухой почвы в единице объема. Плотность сложения почвы напрямую связана с гранулометрическим составом, количеством органического вещества. От плотности сложения зависит содержание влаги в почве и ее доступность для растений. Изучение плотности почв от применяемых технологий водообеспечения показало, что при применении препарата «Аквасорб» в трех вариантах в верхних слоях почвы (10–30 см) равна 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup>. Здесь расположена большая часть корневой системы растений.

Такая плотность считается оптимальной для роста и развития экспериментальных растений. Уплотнение почвы до 1,7 г/см<sup>3</sup> наблюдается на глубине 30–50 см в вариантах с внесением гидрогеля 1,0 и 2,0 кг/м<sup>3</sup> и при поливе по бороздам (контроль). Плотность почвы достигает критической отметки в 1,9 г/см<sup>3</sup> при внесении полимера в норме 1,0 кг/м<sup>3</sup> и при поливе по бороздам на глубине 30–50 см. В варианте полив по бороздам максимальная плотность почвы отмечена в 2,0 г/см<sup>3</sup> на глубине 30–40 см. При внесении гидрогеля в норме 1,5 кг/м<sup>3</sup> не происходит уплотнения почвы по всем горизонтам (рис. 1).

Плотность почв с капельным орошением и при поливе по бороздам уже с верхних слоев (10–30 см) приближена к критической — 1,7–1,8 кг/м<sup>3</sup>. При таких показателях плотности почвы растения способны удовлетворительно развиваться при достаточном рыхлении. Полив по бороздам имеет наиболее плотные почвы по всему разрезу в сравнении с предыдущими вариантами. Особенно это заметно на глубине 30–40 см. Верхние слои (10–30 см) имеют критическую плотность 1,7–1,8 г/см<sup>3</sup>, нижние, начиная с 30 см слоя, уплотняются до 2,0 г/см<sup>3</sup>. Высокая плотность почв на этой глубине объясняется сплошным потоком воды, который приводит к заиливанию нижних горизонтов. Растения здесь находятся в удовлетворительном состоянии. По данным исследований можно

сделать вывод об улучшении плотности почв в первых трех вариантах, соответственно об эффективности препарата «Аквасорб».

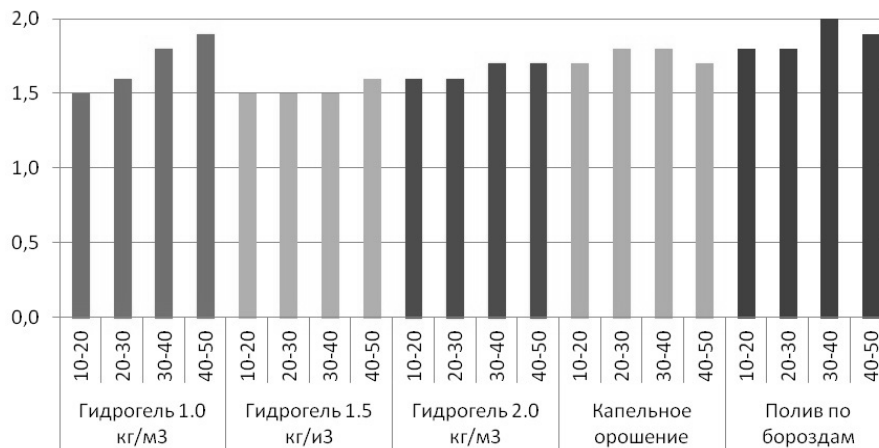


Рисунок 1. Показатели плотности почв по слоям за 2018 г.

От запасов влаги в почве, которые выражаются абсолютным количеством воды, содержащимся в определенном слое почвы, зависит жизнедеятельность растений. Определение запасов влаги в апреле показало, что 1 га накапливает от 3409 м<sup>3</sup> до 7716 м<sup>3</sup> в зависимости от вариантов опыта. Самые большие запасы влаги в пересчете на 1 га отмечены в третьем варианте при внесении 2,0 кг/м<sup>3</sup> гидрогеля «Аквасорб», самые низкие — в четвертом варианте, где проводился капельный полив. Большую роль в этот период играет весенний запас влаги в почве, создающийся благодаря снегозадержанию защитных полос из вяза мелколистного и тополя разнолистного. В момент закладки сада (2018 г.) деревья этих пород достигали высоты 8–9 м, а двухрядная схема посадки образовывала сплошные полосы шириной в 10 м. Зимние осадки играют основную роль для водного режима растений в начальный период вегетации.

В мае из-за активного нарастания средней температуры воздуха с максимальной отметкой +32 °С запасы влаги снижаются и составляют в первом варианте 2997 м<sup>3</sup>/га, во втором — 2783, в третьем — 5655, в четвертом — 2787 и в пятом — 2480 м<sup>3</sup>/га. Третий вариант способствует накоплению влаги в апреле и сохранению ее в мае, соответственно 7716 и 5655 м<sup>3</sup>/га. Если принять весенние запасы влаги в апреле за 100 %, то сохранение влаги в вариантах с гидрогелем составляет от 56,9 % в первом варианте до 73,2 % в третьем варианте. Потери запасов влаги наименьшие — 26,8 % в третьем варианте, максимальные — 50,7 % в пятом при арычном поливе.

В июне запасы влаги повышаются во всех вариантах, за исключением третьего. Так, в первом варианте они равны 3575 м<sup>3</sup>/га, во втором — 4300, в четвертом — 4560 и в пятом — 4099 м<sup>3</sup>/га. В третьем они оценены в 4630 м<sup>3</sup>/га.

Температурный режим в июле в среднем составляет +20–24 °С с абсолютным максимумом в +38–40 °С. При таких условиях для растений наступает критический момент, и они испытывают недостаток влаги. Недостаток осадков компенсировали поливами в критические периоды, с первого варианта по третий и, по мере изменения предельно-полевой влагоемкости, ниже удовлетворительной нормы в четвертом и пятом вариантах. Несмотря на повышение норм полива, запасы влаги в почве варьируют в пределах 1200 м<sup>3</sup>/га во втором и 3476 м<sup>3</sup>/га в третьем вариантах. В первом и четвертом их значение ниже 1322 м<sup>3</sup>/га и 1694 м<sup>3</sup>/га соответственно. В августе за счет выпадения осадков запасы влаги в почве по вариантам возрастают и заметных различий между ними не наблюдается: в первом варианте 4606 м<sup>3</sup>/га, во втором — 4751, в третьем — 4711, в четвертом — 4508 м<sup>3</sup>/га. Лишь в пятом варианте они достигают отметки 5633 м<sup>3</sup>/га.

Исследование влияния различной степени насыщенности влагой почв в 2019 г. проводилось в зависимости от вариантов опыта и от климатических условий. Результаты лабораторных исследований влажности почвы в апреле показали, что влажность почвы варьирует от 15 % в четвертом варианте с капельным орошением до 20 % в вариантах с внесением полимера 1,5; 2,0 кг/м<sup>3</sup> (рис. 2).



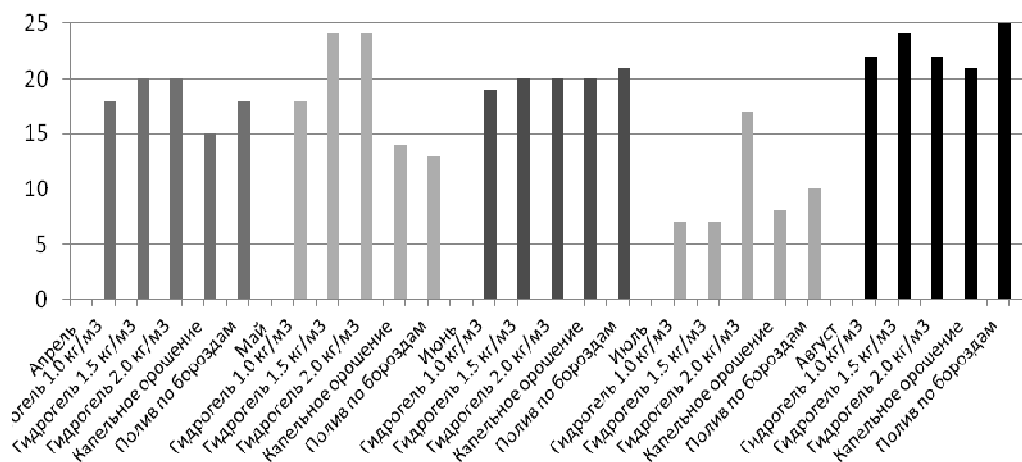


Рисунок 2. Показатели влажности почв за 2019 г.

В мае, когда наблюдается повышение температуры до +30 °С, начинают работать повышенные дозы гидрогеля. Так, во втором и третьем вариантах с внесением полимера 1,5–2,0 кг/м<sup>3</sup> максимальная влажность почвы составила 24 %. Минимальная влажность почвы 13 и 14 % выявлена в контроле с арычным поливом и при капельном орошении. Гидрогель 1,0 кг/м<sup>3</sup> не изменяет влажность почвы. В июне происходит выравнивание показателей по вариантам, вариации незначительны от 19 % в первом варианте до 21 % в пятом. На одном уровне в 20 % оказались данные 2-, 3- и 4-го вариантов.

Согласно исследованиям, наиболее низкий уровень влажности почв выявлен в июле. Так, максимальная влажность почвы в этом месяце составила 17 % на экспериментальных участках с внесением полимера 2 кг/м<sup>3</sup>. В остальных вариантах наблюдается острый дефицит влаги в почве, минимальная влажность почвы составила 7–8 %, в том числе и в контроле. Это обусловлено тем, что температура воздуха в июле повышается, что приводит к быстрому иссушению почвы. Выпадение атмосферных осадков в августе способствует накоплению влаги от 21 до 24 % по всем вариантам и дефицита воды не наблюдается.

Исследование влажности почвы в апреле 2020 г. показало значительное отличие данных по вариантам от 16 % при капельном поливе до 31 % при внесении гидрогеля 2,0 кг/м<sup>3</sup> (рис. 3).

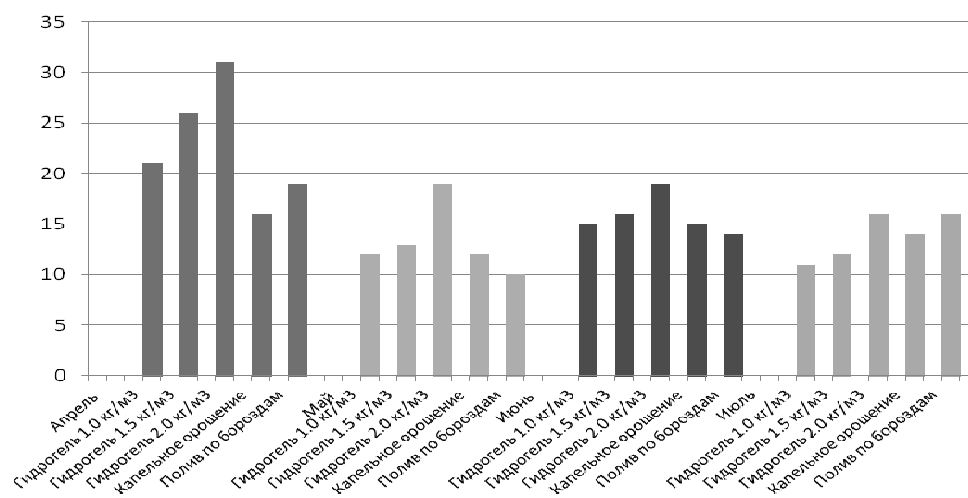


Рисунок 3. Показатели влажности почв за 2020 год

На рисунке наглядно видно положительное действие повышенных норм гидрогеля 1,5 и 2,0 кг/м<sup>3</sup>. В мае из-за повышенной температуры на протяжении всего месяца в пределах +26–30 °С влажность почвы падает до 10–13 % по всем вариантам, лишь в третьем варианте с внесением полимера в дозе 2,0 кг/м<sup>3</sup> максимальная влажность почвы составила 19 %. В июне средние данные в ин-

тервале глубин 0–50 см варьируют от 19 % в четвертом варианте (капельное орошение) до 24 % в третьем, где вносили 2,0 кг/м<sup>3</sup> препарата.

По остальным вариантам данные почти не разнятся. Учитывая очень низкую влажность почвы в июле 2019 г., в 2020 г. были проведены дополнительные поливы, в результате которых влажность почвы повышена с 12 до 22 %.

Сравнительный анализ по определению влажности почвы, эффективности применения различных норм гидрогеля 1,0, 1,5, 2,0 кг/м<sup>3</sup> в годы исследований показал эффективность использования данного препарата. Особенно его действие проявляется в критические периоды для роста и развития растений. Также его эффективность отмечена при накоплении влаги в апреле 2020 г., при котором влажность почвы в первом варианте равна 21 %, что на 3 % выше, чем в 2019 г., во втором варианте отмечена еще большая разница (рис. 4).

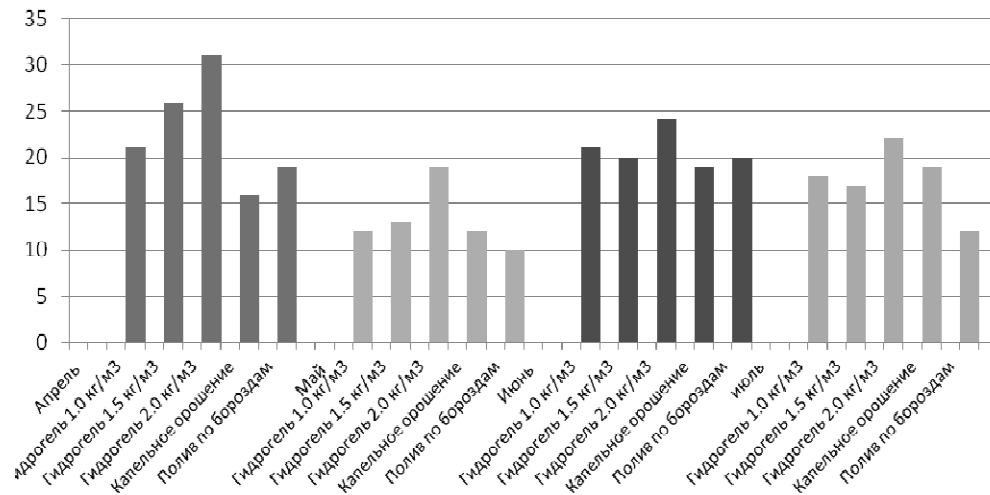


Рисунок 4. Показатели влажности почв (средние показатели за 2019–2020 гг.)

В 2019 г. влажность почвы составила 20 %, в 2020 г. — 26 %. Максимальное значение влажность почвы достигла в третьем варианте, по сравнению с прошлым годом, с превышением в 11 %. Такая разница в накоплении влаги объясняется снежной зимой, высота снежного покрова составила 35 см, а также действием препарата. В четвертом и пятом вариантах данные почти не разнятся. При капельном орошении в 2020 г. влажность составила 16 %, в 2019-м — 15 %. Такая же картина с разницей в 1 % наблюдается и в пятом варианте, в 2020 г. влажность равна 19 %, в 2019-м — 18 %. Если в апреле 2020 г. произошло большее накопление влаги в почве с применением гидрогеля, с превышением прежних показателей на 3–11 % в зависимости от варианта, то в мае содержание влаги снизилось на 6–11 % по гидрогелю и на 2–3 % в четвертом и пятом вариантах. В июне влажность почвы в 2020 г. выше в первом и третьем вариантах, где применялся гидрогель, во втором, четвертом и пятом вариантах данные тождественны значениям 2019 г. Показатель влажности почвы в июле 2020 г. превышал прошлогодние значения на 2 % в контроле и 10–11 % по другим вариантам.

### Заключение

Запасы влаги и влагообеспеченность почв в Курчумском районе зависят как от погодных условий, так и от технологии водообеспечения. По итогам лабораторных исследований выявлено положительное действие препарата «Аквасорб». Плотность почвы улучшается при внесении препарата в норме 1,5 и 2,0 м<sup>3</sup>/га в верхних слоях почвы от 10 до 30 см. Такая плотность считается оптимальной для роста и развития экспериментальных растений. Плотность почвы достигает критической отметки в 1,9 г/см<sup>3</sup> при внесении полимера в норме 1,0 кг/м<sup>3</sup> и при поливе по бороздам на глубине 30–50 см. При капельном орошении и при поливе по бороздам уже с верхних слоев (10; 20; 30 см) складываются критические условия по плотности 1,7–1,8 кг/м<sup>3</sup>. Самые большие запасы влаги в пересчете на 1 га отмечены в третьем варианте в апреле, при внесении гидрогеля «Аквасорб» 2,0 кг/м<sup>3</sup>; самые низкие в четвертом варианте — в июле. В данных условиях, при дозе внесения 1,5; 2,0 кг/м<sup>3</sup> гидрогеля «Аквасорб», создаются наилучшие условия водно-воздушного режима почв для протекания физиологических процессов, роста и развития древесно-кустарниковых растений. Использование

гидрогеля можно рассматривать как новое техническое решение, направленное на влагообеспечение культивируемых растений и рациональное использование водных ресурсов с наименьшими агротехническими затратами.

*Работа выполнена по результатам научно-технической программы BR05236444 «Испытание инновационных технологий при развитии садоводства в аридных условиях Казахстана».*

### Список литературы

- 1 Наумов П.В. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей / П.В. Наумов, Л.Ф. Щербакова, А.А. Околелова // Изв. Нижневолж. агроунивер. компл. — 2011. — № 4. — С. 1–5.
- 2 Тибирьков А.П. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья / А.П. Тибирьков, В.И. Филин // Изв. Нижневолж. агроунивер. комплекса. — 2013. — № 4. — С. 1–5.
- 3 De Bell D.S. Growth and physiology of loblolly pine roots under various water table level and phosphorous treatments / D.S. De Bell, D.D. Hookand, W.H. McKee // J. For. Sci. — 1984. — Vol. 30. — P. 705–714.
- 4 Deren D. Agrogel usage in cultivation of trees planted in ridges / D. Deren, A. Szweczuk, E. Gudarowska // J. Fruit Ornamental Plant Res. — 2010. — Vol. 18, № 2. — P. 520–529.
- 5 Кузин Е.Н. Влияние полимерной мелиорации и удобрений на структурное состояние чернозема выщелоченного и урожайность / Е.Н. Кузин, А.Н. Арефьев // Земледелие. — 2013. — № 2. — С. 12–14.
- 6 Шилов А. Влияние системы удобрений и сильно-набухающего полимерного гидрогеля на урожайность пшеницы / А. Шилов, А. Плотников, В. Тарабаев // Главный агроном. — 2013. — № 2. — С. 15–17.
- 7 Vdovina T.A. Introduction of moisture-holding polymer «Aquasorb» during landing wood-shrubby and fruit plants in the arid conditions of Kazakhstan / T.A. Vdovina, A.A. Vinokurov, O.A. Lagus, E.A. Isakova // Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography. — 2018. — No. 4(92). — P. 33–37.
- 8 Качинский Н.А. Водно-физические свойства и режимы почв / Н.А. Качинский. — М.: Высш. шк., 1970. — 359 с.
- 9 Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов / Г.Н. Зайцев. — М.: Наука, 1973. — 150 с.

Т.А. Вдовина, А.А. Винокуров, Е.А. Исакова, О.А. Лагус

## Шығыс Қазақстан облысының Күршім ауданында гидрогель қолдану арқылы топырақтың су-физикалық қасиеттерін зерттеу

Зерттеудің мақсаты топырақтың су-физикалық параметрлерін зерттеу, оның негізінде ылғал режимін талдауға және қолданылатын инновациялық технологиялар туралы қорытынды жасау. Тәжірибе нәтижелері Алтай ботаникалық бағы қызметкерлерінің көмегімен жасалған. Мақалада топырақтың су-физикалық қасиеттері туралы мәліметтер келтірілген: тығыздығы, ылғалдылығы және шекті-далалық ылғал сыйымдылығы. Тәжірибелердің нәтижелері «Аквасорб» гидрогелінің көмегімен топырақтың су режимін реттеуге және су тапшылығы жағдайында өсімдіктер үшін қолжетімді ылғал қорын көбейтуге болатындығын көрсетті. Мәселен, препараттың  $1,5 \text{ кг/м}^3$  және  $2,0 \text{ кг/м}^3$  нормасымен қосылуы топырақтың барлық горизонттарында 15 %-дан 24 %-ға дейін ылғалдың көп мөлшерін сақтауға көмектеседі. Дәл осындай нормалар топырақтағы су қорын көбейтеді, әсіресе көктемде және оның тығыздығын жақсартады. Мұның бәрі өсімдіктердің жақсы дамуына ықпал етеді.

*Кілт сөздер:* нұсқа, климат, топырақ, гидрогель, шекті-далалық ылғал сыйымдылығы, ылғал қоры.

T.A. Vdovina, A.A. Vinokurov, E.A. Isakova, O.A. Lagus

## Research of water-physical properties of soil with application of hydrogel in the Kurchum district of the Eastern-Kazakhstan region

The purpose of the research is to study the water-physical parameters of the soil, on the basis of which it is possible to analyze the moisture regime and draw conclusions about the applied innovative technologies. The results of the experiments; set according to the developed recommendations by the employees of the Altay Botanical Garden. The article provides data on the water-physical properties of the soil: density, humidity and maximum field moisture capacity. The results of the experiments showed that with the help of the «Aquasorb» hydrogel, it is possible to regulate the water regime of soils and increase the moisture reserves available to plants in conditions of water scarcity. Thus, the addition of the preparation at a rate of  $1.5 \text{ kg/m}^3$  and  $2.0 \text{ kg/m}^3$  helps to retain the greatest amount of moisture in the soil from 15 % to 24 % across all hori-

zons. These same norms increase the water reserves in the soil, especially in the spring and improve its density. All this contributes to a better development of plants.

*Keywords:* option, climate, soil, hydro gel, maximum field moisture capacity, moisture reserves.

## References

- 1 Naumov, P.V., Shcherbakova, L.F., & Okolelova, A.A. (2011). Optimizatsiia vlahobespechennosti pochv s pomoshchiu polimernykh hidrohelei [Optimization of water-content of soils with using of polymer hydro gels]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo ahrouniversitetskogo kompleksa — Bulletin of Nizhnewolgian Agro University*, 4, 1–5 [in Russian].
- 2 Tibirkov, A.P., & Filin, V.I. (2013). Vliianie poliakrilamidnogo hidrohelia na strukturno-ahrehatnyi sostav pakhotnogo sloia svetlo-kashtanovoi pochvy Volho-Don'skogo mezhdurech'ia [Effect of polyacrylamide hydrogel on the structural-aggregate composition of the arable layer of light chestnut soil of the Volga-Don interfluves]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo ahrouniversitetskogo kompleksa — Bulletin of Nizhnewolgian Agro University*, 4, 1–5 [in Russian].
- 3 De Bell, D.S., Hook, D.D., & McKee W.H. (1984). Growth and physiology of loblolly pine roots under various water table level and phosphorous treatments. *J For. Sci.*, 30, 705–714.
- 4 Deren, D., Szewczuk, A., & Gudarowska, E. (2010). Agrogel usage in cultivation of trees planted in ridges. *J. Fruit ornamental Plant Res.*, 18(2), 78–82.
- 5 Kuzin, E.N., & Arefev, A.N. (2013). Vliianie polimernoi melioratsii i udobrenii na strukturnoe sostoianie chernozema vyshchelochennogo i urozhainost [Effect of polymer reclamation and fertilizers on the structural state of leached chernozem and yield]. *Zemledelie — Agriculture*, 2, 12–14 [in Russian].
- 6 Shilov, A., Plotnikov, A., & Tarabaev, V. (2013). Vliianie sistemy udobrenii i silno nabukhaiushcheho polimernogo hidrohelia na urozhainost pshenitsy [Effect of fertilizer system and highly swollen polymer hydrogel on wheat yield]. *Hlavnyi ahronom — The main agronomist*, 2, 15–17.
- 7 Vdovina, A., Vinokurov, A.A., Lagus, O.A., & Isakova, E.A. (2018). Introduction of moisture-holding polymer «Aquasorb» during landing wood-shrubby and fruit plants in the arid conditions of Kazakhstan. *Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 4(92), 33–37.
- 8 Kachinskii, N.A. (1970). *Vodno-fizicheskie svoistva i rezhimy pochv [Water-physical peculiarities and regime of soils]*. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].
- 9 Zaicev, G.N. (1973). *Metodika biometricheskikh raschetov [Biometric Calculation Methodology]*. Moscow: Nauka [in Russian].

Н.К. Жаппар\*, В.М. Шайхутдинов, Б.М. Мырзабаев,  
К.А. Зейнелов, А.К. Шибаета, Л.Ж. Байрон

Филиал РГП «Национальный центр биотехнологии» КН МОН РК, Степногорск, Казахстан  
(\*E-mail: nariman\_zhappar@mail.ru)

## Выделение и изучение штаммов фосфатмобилизирующих микроорганизмов, перспективных для создания биоудобрения

В статье описан процесс выделения и изучения штаммов фосфатмобилизирующих микроорганизмов. В результате анализа почвы выявлено, что в отобранных 9 образцах содержится достаточное количество общего азота, гумуса и подвижных соединений фосфора для развития микроорганизмов. В итоге выделения фосфатмобилизирующих микроорганизмов были отобраны 23 моноизолята. После инкубации колб провели анализы на содержание растворенного фосфора и pH в культуральной жидкости. В результате наибольшее содержание растворенного фосфора получено при инкубации моноизолятов № 9 и 20, которые составили 3,57 г/л и 2,55 г/л соответственно. Кроме того, pH среды у данных моноизолятов показал наименьшие значения: 5,4 и 5,7. Моноизоляты № 9 и 20 зашифрованы как FT1 и FT2. На основе физиолого-биохимических исследований выделенные моноизоляты идентифицированы как *Bacillus megaterium* FT1 и *Bacillus sp.* FT2. В результате изучения фосфатмобилизирующей активности у выделенных штаммов почвенных фосфатмобилизирующих микроорганизмов и коллекционного штамма наибольшую фосфатмобилизирующую активность показал новый штамм *Bacillus megaterium* FT1, который в течение 120 ч растворил 100 % фосфора в среде. Выход растворенного фосфора у штаммов *Bacillus spp.* FT2 и *Serratia plymuthica* N11 составил 50,0 % и 54,2 % в течение 168 ч.

*Ключевые слова:* биоудобрение, микроорганизм, моноизолят, штамм, идентификация, фосфатмобилизирующая бактерия, почва, урожайность.

### Введение

Основные приоритеты, стоящие перед агропромышленным комплексом Республики Казахстан — создание устойчивой системы продовольственной безопасности, развитие агробизнеса, снижение импорта продовольствия и повышение конкурентоспособности отечественной продукции. Одним из путей повышения производительности аграрного сектора сельского хозяйства является повышение урожайности используемых почв путем внесения сбалансированных доз органических удобрений, минеральных компонентов, обогащения почв полезной микрофлорой [1].

Разнообразные климатические условия Казахстана позволяют выращивать почти все культуры умеренного теплого пояса — зерновые, плодовоовощные, масличные, технические.

Повышение эффективности аграрного сектора — сложная и многосторонняя задача. Немаловажная роль должна отводиться разработке и внедрению экологически безопасных систем земледелия, составной частью которых являются плодосменные биологизированные севообороты [2], использование органических и биологических удобрений [3], внедрение ресурсосберегающих технологий культивирования [4], использование биологических средств защиты растений. Биологическое направление в создании препаратов для улучшения плодородия постоянно развивается: появляются новые перспективные организмы для создания на их основе биопрепаратов различного действия.

В сельском хозяйстве как основной отрасли, потребляющей фосфорные соединения, проблемы дефицита доступного фосфора в почве решаются путем регулярного внесения минеральных удобрений. Однако только 10–15 % вносимых фосфорных удобрений ассимилируются растениями, а большая часть их переходит в труднодоступную форму для растений или вымывается с грунтовыми водами. Такого неподвижного необменного фосфора в почве содержится очень много: до 5–6 т в каждом гектаре. Фосфатмобилизирующие бактерии живут в почве, разлагают органические вещества и высвобождают содержащийся в них фосфор, переводя его в растворимые соли фосфорной кислоты. Образующие в дальнейшем соединения фосфорной кислоты становятся доступными для растений.

Наиболее выгодным и экологически безопасным приемом повышения подвижности фосфора в почве и его доступности растениям является микробиологическая фосфатмобилизация — применение

ние бактериальных препаратов, усиливающих мобилизацию фосфора из труднодоступных соединений почвы в легкодоступные.

В связи с изложенным выше, целью данной работы являлось выделение и идентификация активных штаммов фосфатмобилизирующих микроорганизмов для создания биологического удобрения.

#### Методы исследования

Объектами исследований служили штаммы свободноживущих фосфатмобилизирующих бактерий, выделенные из посадочных участков ТОО «Biolife» (Акмолинская область, г. Степногорск).

Отбор проб почв проводили в соответствии с ГОСТ 28168–89 [5]. pH почв определяли методом, основанном на вытеснении обменных катионов 1М раствором KCl из почвенного поглощающего комплекса [6], а содержание гумуса в пробах почв — по методике определения качества почвы [7].

Выделение фосфатмобилизирующих микроорганизмов проводили на плотной питательной среде NBRIP-BPV и жидкой среде NBRIP [8]. Концентрацию фосфора в растворе определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре Biomate 3 (Thermo Fisher Scientific) [9]. Для постановки титра использовали питательную среду NBRIP.

Количественный учет микроорганизмов проводили методом посева по Коху [10]. Величину pH исследуемых растворов определяли с помощью профессионального многоканального pH-метра Mettler Toledo SevenMulti.

Идентификацию бактерий проводили на основании морфологических, культуральных и физиологических признаков, используя «Определитель бактерий Берджи». Результаты исследования были обработаны с использованием критерия Стьюдента.

#### Результаты

Выделение почвенных фосфатмобилизирующих микроорганизмов проводили из 9 проб, отобранных на посадочных участках ТОО «Biolife». Ниже в таблице приведены данные анализа отобранных проб.

Т а б л и ц а

Результаты анализа проб почвы

Проба №	pH	Влажность, %	Общий N, %	Гумус, % (содержание)	Подвижные соединения P, мг/кг (содержание)
1	7,9	5,4	0,3605	6 (среднее)	113 (повышенное)
2	6,65	2,5	0,1413	2,5 (низкое)	99 (среднее)
3	6,34	2,1	0,1684	2,4 (низкое)	113 (повышенное)
4	6,25	2,4	0,4473	3,4 (низкое)	95 (среднее)
5	6,36	2,4	0,2413	2,7 (низкое)	139 (повышенное)
6	7,79	5,2	0,4315	6,4 (повышенное)	93 (среднее)
7	8,0	4,6	0,3789	5,5 (среднее)	2,8 (очень низкое)
8	6,93	3,8	0,0063	3,2 (низкое)	21 (очень низкое)
9	6,81	4,0	0,2284	3,2 (низкое)	27 (низкое)

Согласно результатам анализа почвы, в отобранных образцах содержится достаточное количество общего азота, гумуса и подвижных соединений фосфора для развития микроорганизмов.

Образцы почвы массой 5 г смешивали с 100 мл стерильного 0,9 % раствора хлорида натрия, встряхивали на шейкере в течение 8 ч. После образцы вносили в жидкую среду NBRIP, содержащую нерастворимый ортофосфат кальция, и инкубировали на шейкере-инкубаторе 72 ч при температуре 28 °C и 200 об/мин. При данных условиях преимущественно развивались микроорганизмы, способные к растворению неорганических фосфатов и переводу их в доступные формы. Через 72 ч культивирования готовили последовательные десятикратные разведения полученной суспензии микроорганизмов и высевали на плотную питательную среду NBRIP-BPV для выделения колоний микроорганизмов, способных растворять ортофосфат кальция. При растворении ортофосфата кальция происходило образование зон просветления (зон гало) на изначально мутной среде. После культивирования на среде NBRIP-BPV были отобраны 23 моноизолята, вокруг которых образовывались зоны гало.

Отобранные изоляты были пересеяны на среду NBRIP, содержащую нерастворимый ортофосфат кальция, после инкубировали при 28°C и 200 об/мин в течение 72 ч. После инкубации колб провели анализы на содержание растворенного фосфора и pH в культуральной жидкости (рис. 1).

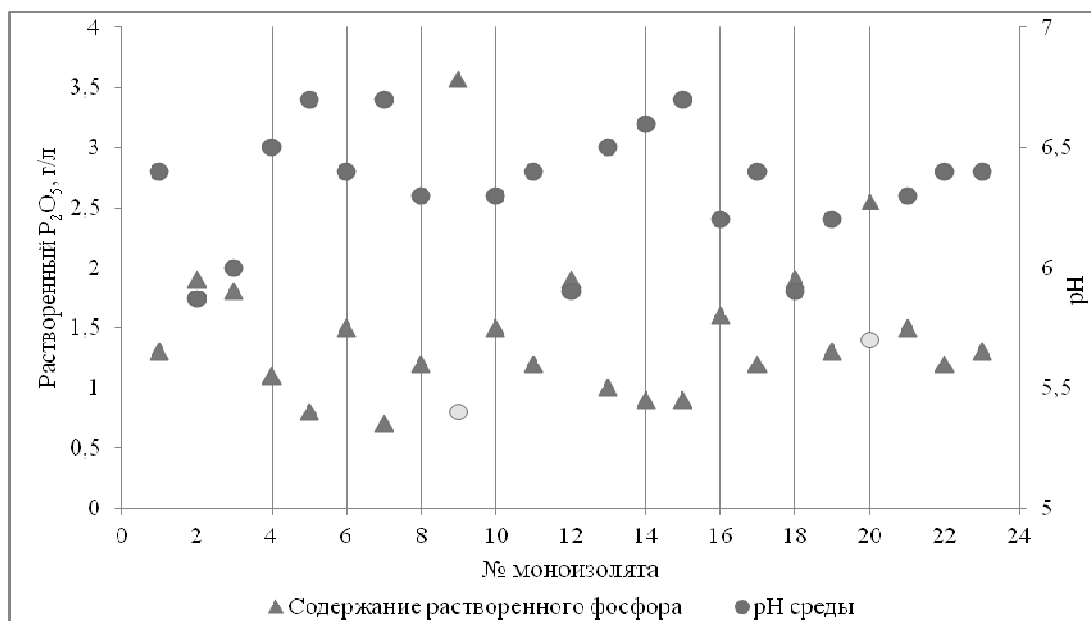


Рисунок 1. Концентрация растворимого фосфора и pH среды после инкубации фосфатмобилизирующих моноизолятов в течение 72 ч

По данным, представленным на рисунке 1, видно, что наибольшее содержание растворенного фосфора получено при инкубации моноизолятов № 9 и 20, которые составили 3,57 г/л и 2,55 г/л соответственно. Кроме того, pH среды у данных моноизолятов показал наименьшие значения: 5,4 и 5,7. Моноизоляты под № 9 и 20 зашифрованы как FT1 и FT2.

Идентификация данных моноизолятов проведена на основании морфологических, культуральных и физиологических признаков с использованием «Определителя бактерий Берджи».

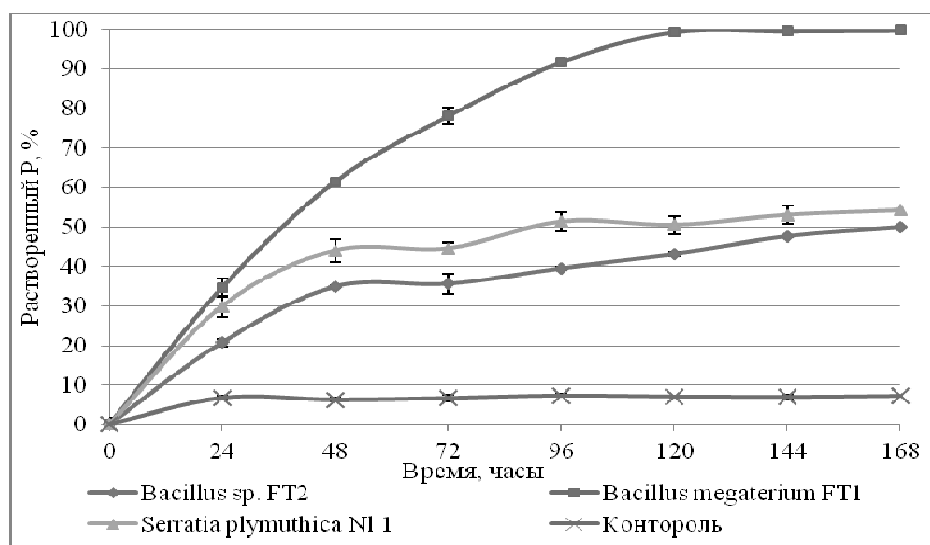
Моноизолят FT1: Клетки прямые палочковидные с закругленными концами, размером 1,9×0,5 мкм, расположенные одиночно, попарно или в виде цепочки, образуют сферические эндоспоры, клетки подвижные. Через 18 ч роста на мясо-пептонном агаре или картофельно-глюкозном агаре клетки образуют колонии грязно-белого цвета. При культивировании штамма на МПА, картофельном агаре, сусло-агаре в течение 24 ч при 28±1 °С образуются складчатые колонии, вязкой консистенции, телесного цвета. Не растет в анаэробных условиях, оптимальная температура роста 28–31 °С, pH 6,8–7,2. Культура ферментирует глюкозу, арабинозу, ксилозу, мальтозу, лактозу, маннит, сахарозу с образованием кислоты без газа. Гидролизует крахмал, желатин, не гидролизует мочевины.

Моноизолят FT2: Грамположительные аэробные спорообразующие палочки, продуцирующие каталазу. На мясо-пептонном агаре, сусло-агаре дают обильный рост. На МПА образует серовато-белые мелкоморщинистые колонии с волнистыми краями, слегка врастающими в агар, вязкой консистенции. Рост в жидкой среде сопровождается помутнением среды, образованием пленки серовато-белого цвета и осадка. Оптимальная температура роста 28–30 °С. Через 18 ч роста в мазках культуры обнаруживаются прямые палочковидные клетки, размером 2–3×0,6 мкм, расположенные одиночно, попарно или цепочкой. При спорообразовании клетка не раздувается. Споры овальные, размер 0,9×0,6 мкм, расположены в клетке центрально или эксцентрично. Культура ферментирует глюкозу, сахарозу, маннит и мальтозу. Гидролизует крахмал, желатин, не гидролизует мочевины.

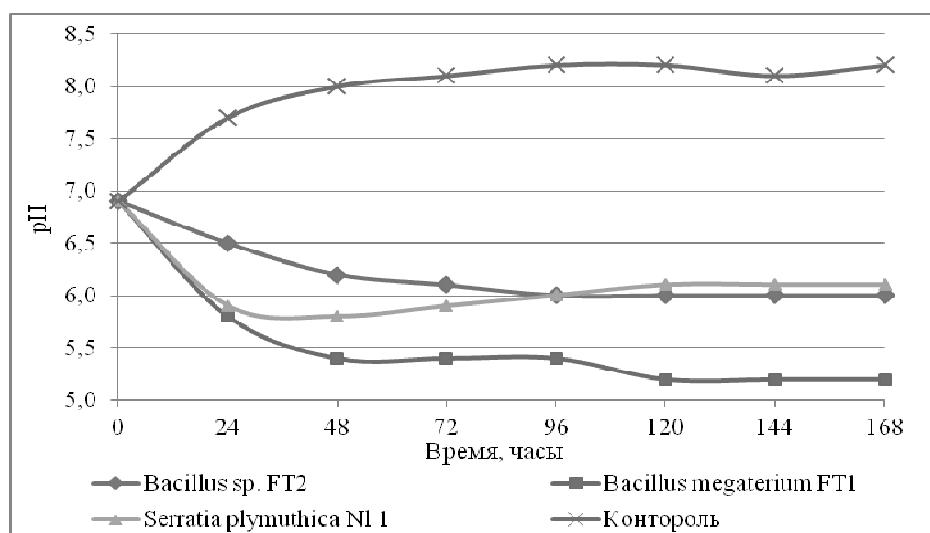
На основе физиолого-биохимических исследований выделенные моноизоляты идентифицированы как *Bacillus megaterium* FT1 и *Bacillus sp.* FT2.

Изучение фосфатмобилизирующей активности у выделенных штаммов *Bacillus megaterium* FT1, *Bacillus sp.* FT2 и штамма *Serratia plymuthica* N11, взятого из коллекции штаммов микроорганизмов филиала «Национальный центр биотехнологии» в г. Степногорске, проводили на жидкой среде NBRIP, содержащей нерастворимый ортофосфат кальция, в течение 168 ч. Содержание растворенно-

го фосфора определяли каждые 24 ч. Результаты по содержанию растворенного фосфора и данные по рН представлены на рисунке 2.



а



б

а — выход фосфора в раствор; б — pH среды

Рисунок 2. Результаты выхода фосфора в раствор и данные по pH среды

Результаты исследований, представленные на рисунке 2а, показали, что наибольшая фосфатмобилизирующая активность наблюдается у штамма *Bacillus megaterium* FT1, который в течение 120 ч растворил 100 % фосфора. Выход растворенного фосфора у штаммов *Bacillus sp.* FT2 и *Serratia plymuthica* NI1 составил 50,0 и 54,2 % соответственно в течение 168 ч. Концентрация растворимого фосфора коррелирует с понижением pH среды в соответствии с рисунком 2б. В результате наибольшую активность показали штаммы *Bacillus megaterium* FT1 и *Serratia plymuthica* NI1, которые были выбраны для дальнейшего создания комплексного органического биоудобрения. На рисунке 3 представлен регрессионный анализ корреляции между pH и содержанием фосфора в культуральной жидкости для всех исследуемых фосфатмобилизирующих штаммов.



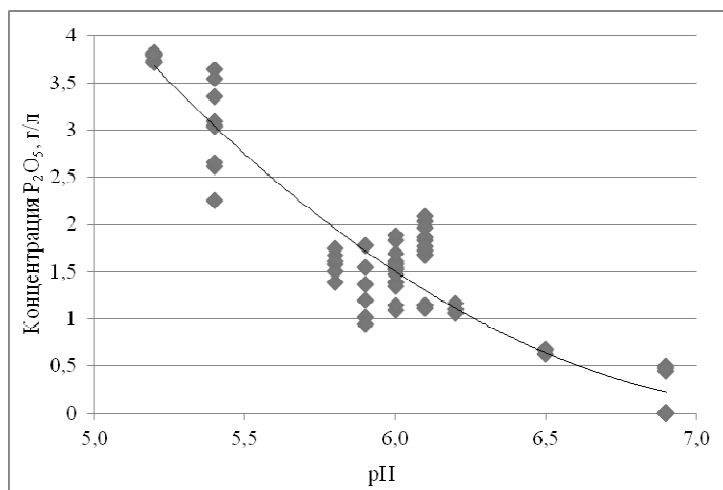


Рисунок 3. Регрессионный анализ корреляции между рН и выходом Р для фосфатмобилизирующих штаммов *Bacillus megaterium* FT1, *Bacillus sp.* FT2 и *Serratia plymuthica* N11

Таким образом, в мобилизации фосфора значительную роль играет снижение рН среды за счет образования кислоты бактериями. Наибольшее растворение фосфора наблюдалось при значениях рН меньше 6,0.

#### Заключение

С целью создания органического удобрения, перспективного для выращивания органической продукции и повышения плодородия почвы, были выделены свободноживущие фосфатмобилизирующие бактерии и изучена фосфатмобилизирующая активность.

Проведен подбор штаммов и отобраны 2 штамма фосфатмобилизирующих бактерий *Bacillus megaterium* FT1 и *Serratia plymuthica* N11.

В результате изучения фосфатмобилизирующей активности у выделенных штаммов почвенных фосфатмобилизирующих микроорганизмов и коллекционного штамма наибольшую фосфатмобилизирующую активность показал новый штамм *Bacillus megaterium* FT1, который в течение 120 ч растворил 100 % фосфора в среде. Выход растворенного фосфора у штаммов *Bacillus spp.* FT2 и *Serratia plymuthica* N11 составил 50,0 % и 54,2 % в течение 168 ч соответственно.

Данная работа была выполнена в рамках научно-технической программы О.0810 «Создание новых препаратов и инновационных биотехнологий для сельского хозяйства и ветеринарии» на 2018–2020 годы.

#### Список литературы

- 1 Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» от 31 января 2017 года [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses\\_of\\_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvarya-2017-g](http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvarya-2017-g) (дата обращения 14.04.2020).
- 2 Crotty F.V. Understanding the Legacy Effect of Previous Forage Crop and Tillage Management on Soil Biology, after Conversion to an Arable Crop Rotation / F.V. Crotty, R. Fychan, R. Sanderson, J.R. Rhymes, F. Bourdin, J. Scullion // Soil Biology and Biochemistry. — 2016. — Vol. 103. — P. 241–252.
- 3 Sattar A. Perspectives of Potassium Solubilizing Microbes in Sustainable Food Production System: A Review / A. Sattar, M. Naveed, M. Ali, A. Zahir, M.S. Nadeem, M. Yaseen [Electronic resource]. — URL: [https://www.researchgate.net/publication/327776810\\_Perspectives\\_of\\_potassium\\_solubilizing\\_microbes\\_in\\_sustainable\\_food\\_production\\_system\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/327776810_Perspectives_of_potassium_solubilizing_microbes_in_sustainable_food_production_system_A_review) (дата обращения 14.04.2020).
- 4 Muriu-Ng'ang'a F.W. Socio-Economic Factors Influencing Utilisation of Rain Water Harvesting and Saving Technologies in Tharaka South, Eastern Kenya / F.W. Muriu-Ng'ang'a, M. Mucheru-Muna, F. Waswa, F.S. Mairura // Agricultural Water Management. — 2017. — Vol. 194. — P. 150–159.
- 5 ГОСТ 28168–89. Почвы. Отбор проб.
- 6 ГОСТ 26425–85. Почва. Метод определения ионов хлорида в водной вытяжке.
- 7 Александрова Л.Н. Лабораторно-практические занятия по почвоведению / Л.Н. Александрова, О.А. Найденова. — Л.: Наука, 1986. — 224 с.

- 8 Yasmin H. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from rhizosphere soil of weeds of khewra salt range and attock / H. Yasmin, A. Bano // Pakistan Journal of Botany. — 2011. — № 3. — P. 1663–1668.
- 9 ГОСТ 26211–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора по методу Аррениуса в модификации ВИУА.
- 10 Нетрусова А.И. Практикум по микробиологии / А.И. Нетрусова. — М.: Академия, 2005. — 608 с.

Н.К. Жаппар, В.М. Шайхутдинов, Б.М. Мырзабаев,  
К.А. Зейнелов, А.К. Шибаета, Л.Ж. Байрон

### Биотыңайтқышты жасау үшін перспективті фосфатмобилизациялайтын микроорганизмдер штамдарын бөліп алу және зерттеу

Мақалада фосфатмобилизациялайтын микроорганизмдер штамдарын бөліп алу және зерттеу үдерісі сипатталған. Топырақты талдау нәтижесінде іріктелген 9 үлгілерде микроорганизмдерді дамыту үшін жалпы азоттың, гумустың және фосфордың жылжымалы қосылыстарының жеткілікті мөлшері бар. Фосфатмобилизациялайтын микроорганизмдердің бөлінуі нәтижесінде 23 моноизоляттар іріктелді. Колбаларды инкубацияланғаннан кейін ерітілген фосфордың және культуралды сұйықтықтағы рН құрамына талдау жасалынды. Нәтижесінде ерітілген фосфордың ең көп құрамы № 9 және 20 моноизоляттарды инкубациялау кезінде алынған, олар тиісінше 3,57 г/л және 2,55 г/л құрады. Сондай-ақ, моноизоляттардың қоректік ортасының рН ең аз мәндерін көрсетті: 5,4 және 5,7. № 9 және 20 моноизоляттар FT1 және FT2 ретінде шифрленген. Физиологиялық-биохимиялық зерттеулер негізінде бөлінген моноизоляттар *Bacillus megaterium* FT1 және *Bacillus sp.* FT2 ретінде сәйкестендірілген. Топырақ фосфатмобилизациялайтын микроорганизмдердің бөлінген штамдарында және коллекциялық штамында фосфатмобилизациялайтын белсенділікті зерттеу нәтижесінде ең үлкен фосфатмобилизациялайтын белсенділікті 120 сағат ішінде қоректік ортада 100 % фосфорды еріткен *Bacillus megaterium* FT1 жаңа штамм көрсетті. *Bacillus spp.* FT2 и *Serratia plymuthica* N11 штамдарында еріген фосфордың шығуы 168 сағат ішінде 50,0 5 және 54,2 % құрады.

*Кілт сөздер:* биотыңайтқыш, микроорганизм, моноизолят, штамм, идентификация, фосфатмобилизациялайтын бактерия, топырақ, өнімділік.

N.K. Zhappar, V.M. Shaikhutdinov, B.M. Myrzabayev,  
K.A. Zeinelov, A.K. Shibayeva, L. Zh. Bairon

### Isolation and study of promising strains of phosphate-mobilizing microorganisms for the creation of biofertilizer

The article describes the process of isolation and study of strains of phosphate-mobilizing microorganisms. As a result of soil analysis, the selected 9 samples contain a sufficient amount of total nitrogen, humus and mobile phosphorus compounds for the development of microorganisms. As a result of the isolation of phosphate-mobilizing microorganisms, 23 mono-isolates were selected. After incubation of the flasks, analyzes for the content of dissolved phosphorus and pH in the culture media were carried out. As a result, the highest content of dissolved phosphorus was obtained by incubation of monoisolates No. 9 and 20, which were 3.57 g/l and 2.55 g/l, respectively. Also, the pH of the medium in these monoisolates showed the lowest values: 5.4 and 5.7, respectively. Monoisolates No. 9 and 20 are named FT1 and FT2, respectively. Based on physiological and biochemical studies, isolated monoisolates were identified as *Bacillus megaterium* FT1 and *Bacillus sp.* FT2. As a result of studying phosphate-mobilizing activity in the isolated strains of soil phosphate mobilizing microorganisms and the collection strain, the new strain of *B. megaterium* FT1 showed the highest phosphate mobilizing activity, where 100 % of phosphorus in the medium were dissolved within 120 hours. The yield of dissolved phosphorus in the medium with the strains of *Bacillus spp.* FT2 and *Serratia plymuthica* N11 were 50.0 5 and 54.2 %, respectively, for 168 hours.

*Keywords:* biofertilizer, microorganism, monoisolate, strain, identification, phosphate-mobilizing bacterium, soil, productivity.

#### References

- 1 Poslanie Prezidenta Respubliki Kazakhstan N. Nazarbaeva narodu Kazakhstanu. «Tretia modernizatsiia Kazakhstanu: hlobalnaia konkurentosposobnost» ot 31 yanvaria 2017 hoda [Message from the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev to the people of Kazakhstan. «The Third Modernization of Kazakhstan: Global Competitiveness» dated January 31,

2017]. *www.akorda.kz* Retrieved from: [http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses\\_of\\_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvary-a-2017-g](http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvary-a-2017-g) [in Russian].

2 Crotty, F.V., Fychan, R., Sanderson, R., Rhymes, J.R., Bourdin, F., & Scullion J. (2016). Understanding the Legacy Effect of Previous Forage Crop and Tillage Management on Soil Biology, after Conversion to an Arable Crop Rotation. *Soil Biology and Biochemistry*, 103, 241–252.

3 Sattar, A., Naveed, M., Ali, M., Zahir, A., Nadeem, M.S., & Yaseen, M. Perspectives of Potassium Solubilizing Microbes in Sustainable Food Production System: A Review. *www.researchgate.net* Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/327776810\\_Perspectives\\_of\\_potassium\\_solubilizing\\_microbes\\_in\\_sustainable\\_food\\_production\\_system\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/327776810_Perspectives_of_potassium_solubilizing_microbes_in_sustainable_food_production_system_A_review).

4 Muriu-Ng'ang'a, F.W., Mucheru-Muna, M., Waswa, F. & Mairura, F.S. (2017). Socio-Economic Factors Influencing Utilisation of Rain Water Harvesting and Saving Technologies in Tharaka South, Eastern Kenya. *Agricultural Water Management*, 194, 150–159.

5 HOST 28168–89. *Pochvy. Otkor prob [State standard 28168–89. Soil. Sampling]* [in Russian].

6 HOST 26425–85. *Pochva. Metod opredeleniia ionov khlorida v vodnoi vytiakhke [State Standard 26425–85. The soil. Method for the determination of chloride ions in an aqueous extract]* [in Russian].

7 Aleksandrova, L.N., & Najdenova, O.A. (1986). *Laboratorno-prakticheskie zaniatii po pochvedeniiu [Laboratory and practical classes in soil science]*. Leningrad: Nauka [in Russian].

8 Yasmin, H., & Bano, A. (2011). Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from rhizosphere soil of weeds of khewra salt range and attock. *Pakistan Journal of Botany*, 3, 1663–1668.

9 HOST 26211–91. *Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenii fosfora po metodu Arrheniusa v modifikatsii VIUA [State standard 26211–91. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus by Arrhenius method modified by VIUA]* [in Russian].

10 Netrusova, A.I. (2005). *Praktikum po mikrobiologii [Microbiology Practicum]*. Moscow: Akademiia [in Russian].

A.A. Imanbayeva\*, G.G. Gassanova, A.T. Tuyakova

*Mangyshlak experimental botanical garden, Aktau, Kazakhstan*  
(\*E-mail: imangarden@mail.ru)

## Results of study of wild medicinal plants of Mangystau region

The study of medicinal plants in the flora of the Mangystau region was the practical interest in assessing the full species composition and prospects for the use of raw materials for the medical and pharmaceutical industries. During 2013–2020, field surveys were carried out to identify the species composition of medicinal plants, their ranking, raw materials and the characteristics of the passage of the main phases of vegetation. The article presents the results of the analysis of the species composition of wild medicinal plants in the natural conditions of Mangystau and their ranking. As a result, the list of medicinal plants amounted to 166 species from 112 genera and 43 families. The predominant number of species is assigned to the families *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Boraginaceae*, *Euphorbiaceae* and *Ranunculaceae*. The largest part of medicinal plants is assigned to species used in folk medicine — 144 species; pharmacological properties were found for 50 species; 36 species are included in the Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. All plants species were ranked into 10 groups of pharmaceutical-therapeutic activity against different diseases: gastrointestinal tract, oral cavity, kidneys and urinary tract, respiratory tract, antipyretic and anti-inflammatory, cardiovascular system, diabetes mellitus, analgesic and wound healing, skin organs, other diseases. There was performed ranking of medicinal plant species into 4 groups by degree of distribution, area of thickets and possibility of stock collection of vegetal raw materials. A collection calendar has been compiled for 166 species of medicinal plants in the flora of the Mangystau region. The obtained data can be used for organization of systematic harvesting of vegetal raw materials and development of environmental measures.

*Keywords:* medicinal plants, Mangystau, prospect, calendar of gathering, raw materials, pharmacological activity, use in official and folk medicine.

### Introduction

Biodiversity conservation is an important component of bio preservation. In addition to the Convention on Biodiversity (1992), which focuses on the conservation, study and protection of biological diversity as a guarantor of ecosystem sustainability, the Global Plant Conservation Strategy (2002) was adopted at the 6th Conference of the Parties to the Convention [1]. At the same time, it is recommended to develop regional and national plant conservation strategies that take into account the specificities of the regions. Therefore, the current task of botany is a comprehensive study of individual groups and species of useful plants for their economic use. Studying and obtaining a complete botanical resource characteristic for each raw material plant is the basis for the development of a scientifically based regime for the use of economically valuable plants that exclude the degradation of their populations or the destruction of species. The whole complex of research is most concerned with wild beneficial plants, widely used in the national economy and medicine [2].

In the Mangystau region, species of economically valuable plants are very poorly studied and therefore this issue is very relevant for the region. Previously conducted botanical research (T.F. Yakubov, 1955; N.U. Kisykov, 1955; S.M. Ageeva, 1955, 1974; N.I. Safronova, 1996; N.K. Aralbay, G.M. Kudabaeva, A.A. Imanbayeva et al., 2010; A.A. Imanbayev et al., 2010) made it possible to determine the species composition of vascular plant flora [3–9], to identify rare and endangered species [8], to determine the composition of wild relatives of cultivated plants [10, 11], to investigate the resources of some medicinal plants [12–15].

Despite significant advances in medicine in recent decades, according to WHO; approximately 80 % of the world's population, about 4 billion people, use medicinal plants to treat various diseases [16–19]. Medicinal raw materials attract people with their complex action, low cost, lack of side effects and low cost. Therefore, the introduction of local flora into the practical use of medicinal plants is an urgent task in the Republic of Kazakhstan.

The purpose of the present study is to summarize the results of the study of medicinal plants in the natural flora in the Mangystau region.

### Methodology

The objects of the study were wild medicinal plants of the Mangystau region (the Western Kazakhstan). Detection of medicinal species is performed on the basis of literature data [16–18, 20–23]. The search for medicinal plants was carried out by route reconnaissance and semi-stationary methods (2013–2020). The collection of herbarium and reproductive material of medicinal plants was carried out during expeditionary trips to Mangystau. The definition of species is made according to the generally accepted determinants [24, 25], the clarification of Latin names — according to S.K. Czerepanov [26]. The identified medicinal plants are ranked in 4 categories by the degree of prevalence, area of thickets and possible reserves of plant raw materials: 1) with a wide habitat, forming significant natural thickets and suitable for industrial harvesting of raw materials; 2) with a wide habitat, forming small natural thickets and suitable for the preparation of raw materials for the needs of the local pharmacy chain; 3) species having a wide habitat, however, growing sporadically and not forming natural thickets suitable for collecting raw materials; and 4) species with conservation status, that is, rare, endangered and endemic.

Species were ranked by use in scientific, official and folk medicine, as well as by manifested pharmacological properties based on literary data [16–23].

The determination of resources in communities was carried out by the method of accounting sites. The size of the accounting site was 1 m<sup>2</sup>, the number of them was laid from 30 to 50 [27]. The territory of the thickets was reduced to any geometric figure, its sides were measured, and the area was calculated. The production reserve of raw materials of above-ground mass was calculated by multiplying the yield of raw materials by the area of thicket. The volume of possible harvests was calculated in the amount of 30–50 % of the exploitation stock, based on the biological characteristics of species and the state of populations; underground organs — in the amount of 10–20 % of the exploitation reserve.

Compilation of collection calendar was carried out on the basis of analysis of vegetation phases and recommendations on gathering of raw materials of medicinal plants [28].

### Results and discussion

Mangystau region is located in the west of the Republic of Kazakhstan, in the desert zone. The territory includes the Mangyshlak Peninsula, the Ustyurt Plateau, the Buzachi and Tub-Karagan Peninsula, the Dead Kultuk and Kaidak sors. From the west, northwest and southwest it is washed by the waters of the Caspian Sea and is located between N 45 and 42°. In the north and northeast it borders with the Atyrau and Aktobe regions, in the east with Uzbekistan, and in the south with Turkmenistan (Kara-Bugaz-Gol Bay). The territory of the region has an area of 165.6 thousand square meters (16 million ha) and belongs to the desert zone [29, 30].

Most of the region's territory is occupied by wormwood-salt-marsh desert with areas of shrub vegetation on brown soils: the surface is partially covered with salt marshes, takyrs, salty soils and sands with extremely rare vegetation. The climate is sharply-continental, extremely arid. The average January temperature is –7 °C, July +27 °C (on some days the maximum temperature exceeds +40 °C). The annual rainfall is about 100–150 mm.

Based on the analysis of literary sources and the results of own field studies, the most complete list of medicinal plants of the Mangystau region was compiled. Based on the taxonomic analysis of the above list, it was revealed that 166 species from 112 genera and 43 families grow on the territory of Mangystau (Table 1).

Table 1

#### Taxonomic composition of medicinal plants of vascular plants of Mangystau region

Family	Amount of genera, piece	Amount of species, piece	Amount of species, used in officinal medicine, piece	Amount of species, used in folk medicine, piece	Amount of species for which pharmacological activity is reported, piece
1	2	3	4	5	6
<i>Amaranthaceae</i>	1	3	-	2	2
<i>Asparagaceae</i>	1	1	-	1	
<i>Apiaceae</i>	6	8	1	6	3
<i>Asteraceae</i>	14	20	2	18	3
<i>Boraginaceae</i>	6	6	1	5	3

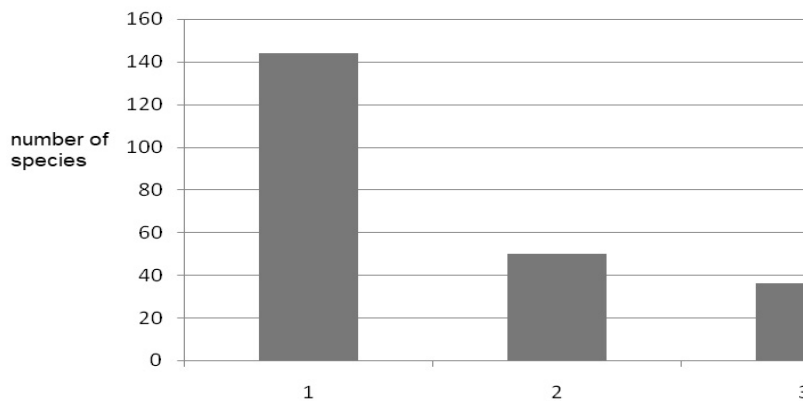
Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6
<i>Brassicaceae</i>	6	9	2	8	-
<i>Capparaceae</i>	1	1	-	1	-
<i>Caprifoliaceae</i>	1	1	-	-	1
<i>Caryophyllaceae</i>	3	5	-	5	1
<i>Chenopodiaceae</i>	12	16	4	14	5
<i>Cuscutaceae</i>	1	1	-	1	1
<i>Dryopteridaceae</i>	1	1	1	1	-
<i>Elaeagnaceae</i>	1	1	-	1	-
<i>Ephedraceae</i>	1	4	-	2	3
<i>Equisetaceae</i>	1	1	-	1	-
<i>Euphorbiaceae</i>	3	6	-	6	1
<i>Fabaceae</i>	8	14	5	10	9
<i>Frankeniaceae</i>	1	2	-	2	-
<i>Fumariaceae</i>	1	2	1	2	-
<i>Gentianaceae</i>	1	1	1	1	-
<i>Iridaceae</i>	1	1	-	1	1
<i>Lamiaceae</i>	8	8	5	8	-
<i>Limoniaceae</i>	1	2	-	1	2
<i>Malvaceae</i>	1	2	1	2	-
<i>Moraceae</i>	1	2	1	2	-
<i>Nitrariaceae</i>	1	2	-	2	2
<i>Onagraceae</i>	1	1	-	1	-
<i>Orobanchaceae</i>	1	2	-	2	2
<i>Papaveraceae</i>	2	3	-	3	2
<i>Peganaceae</i>	1	1	1	1	1
<i>Plantaginaceae</i>	1	2	2	1	-
<i>Polygonaceae</i>	3	3	-	3	-
<i>Ranunculaceae</i>	3	5	1	4	2
<i>Rhamnaceae</i>	1	1	-	1	-
<i>Rosaceae</i>	5	5	3	5	1
<i>Rubiaceae</i>	1	5	-	5	-
<i>Rutaceae</i>	1	1	-	-	1
<i>Salicaceae</i>	1	1	-	1	1
<i>Scrophulariaceae</i>	3	8	2	7	-
<i>Solanaceae</i>	2	2	1	2	1
<i>Tamaricaceae</i>	1	4	-	3	1
<i>Thymeleaceae</i>	1	1	-	1	-
<i>Urticaceae</i>	1	1	1	1	1
<b>Total: 43</b>	112	166	36	144	50

The predominant number of species is assigned to the families *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Boraginaceae*, *Euphorbiaceae* and *Ranunculaceae*. Species from these 10 leading families make up 62.0 % of the total number of species of medicinal plants and 62.6 % of the total number of genera. The largest number of species and genera are marked by family *Asteraceae* — 22 species and 14 genera. The second place is taken by family *Chenopodiaceae* — 15 species from 12 genera. In the third position is family *Fabaceae* — 14 species from 8 genera. In fourth place is family *Brassicaceae* — 9 species from 6 genera. In families *Lamiaceae*, *Apiaceae* and *Scrophulariaceae*, 8 species from 8, 6 and 3 genera were found, respectively. Sixth place is taken by family *Euphorbiaceae* with 6 species from 3 genera, the seventh position is family *Ranunculaceae* with 5 species from 4 genera.

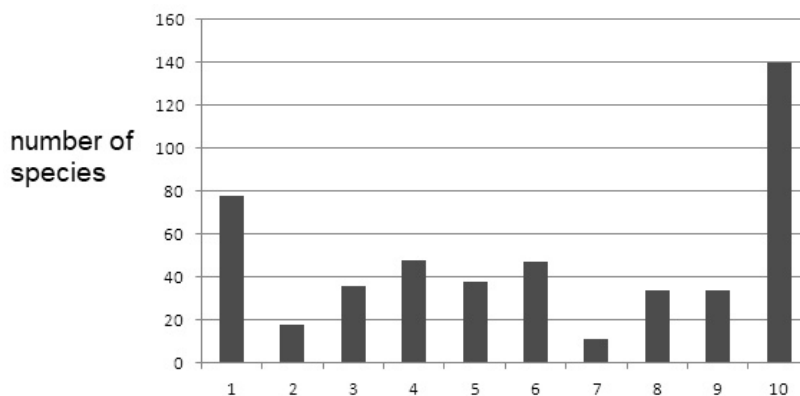
From 166 identified species of medicinal plants, the largest part belongs to species used in folk medicine (Fig. 1) — 144 taxa. For 50 species are determined some pharmacological properties. A small number of species (36 taxa) are used in official medicine.

Medicinal plants have a wide range of pharmacological activity. However, different properties are inherent in a different number of species. We have analyzed the possibility of using Mangystau medicinal plants to treat various diseases (Fig. 2).



1 — species, used in folk medicine; 2 — species with scientifically proven therapeutic properties; 3 — species included in the Pharmacopoeia of Kazakhstan

Figure 1. Ranking the medicinal species of the Mangystau region, by using in officinal and folk medicine



Use of medicinal plants in the treatment of diseases: 1 — gastrointestinal tract; 2 — pubic cavity; 3 — kidneys and urinary tract; 4 — respiratory tract; 5 — antipyretic and anti-inflammatory; 6 — cardiovascular system; 7 — diabetes mellitus; 8 — analgesic and wound healing; 9 — skin organs; 10 — other diseases

Figure 2. Ranking the medicinal plants of Mangystau region by pharmacological and therapeutic action

So, for the treatment of diseases of the gastrointestinal tract, 78 species of medicinal plants can be used, such as *Falcaria vulgaris*, *Ferula foetida*, *Inula britannica*, *Koelpinia*, and etc. For the treatment of diseases of the oral cavity, 18 species can be used: *Ferula karelinii*, *Cichorium intybus*, *Chenopodium alba*, *Limonium gmelinii*, *Capparis spinosa*, and etc. Against diseases of the kidneys and urinary tract, the use of 36 species is recommended: *Amaranthus retroflexus*, *Eryngium planum*, *Cardaria draba*, *Echinops ritro* and others.

For the treatment of diseases of the respiratory tract, 48 species of plants are used, for example, *Urtica dioica*, *Teucrium polium*, *Chenopodium botrys*, etc. 38 species are used as plants exhibiting anti-inflammatory and antipyretic effects: *Artemisia santolinifolia*, *Artemisia scoparia*, *Cynoglossum officinale* and others. For the treatment of the cardiovascular system, it is recommended to use 47 species: *Ziziphora tenuior*, *Euphorbia falcate*, *Iris tenuifolia*, *Lycopus europaeus*, etc. 11 species have a clay property: *Ferula caspica*, *Artemisia lercheana*, *Artemisia sublessingiana*, etc. For the treatment of gynecological diseases, 19 species are recommended: *Amaranthus retroflexus*, *Artemisia austriaca*, *Sisymbrium loeselii*, etc. As anti-diabetic additives, 11 species can be used: *Cichorium intybus*, *Glycyrrhiza aspera*, *Glycyrrhiza glabra*, *Glycyrrhiza korshinskyi* and others.

34 species have wound healing and analgesic properties, including *Chenopodium alba*, *Ephedra aurantiaca*, *Ephedra distachya* and others. Skin diseases can be treated with 34 types: *Ferula foetida*, *Acroptilon repens*, *Anabasis aphylla*, *Camphorosma lessingii* and others. Other pharmacological properties are noted in 104 species.

Species growing in the Mangystau region are not equivalent in the prevalence, area and density of growth formed by raw materials. In this regard, some species can be taken from nature in significant volumes

and used by humans, others — in a limited amount, others — are not subject to removal from nature for any reason. In this regard, according to the results of field studies, all identified wild medicinal plants were divided into 4 categories by the degree of prevalence, area of thickets and the possibility of stock collection of plant raw materials:

1. Species with a wide habitat (raw materials reserves over 5 tons), forming significant natural thickets and suitable for industrial harvesting of raw materials. They are: *Ferula foetida*, *Artemisia lercheana*, *Anabasis aphylla*, *Anabasis salsa*, *Salicornia europaea*, *Alhagi persarum*, *Alhagi pseudoalhagi*, *Peganum harmala*, *Rheum tataricum* (in total — 10 species).

2. Species with a wide habitat, forming small natural thickets and suitable for harvesting raw materials for the needs of the local pharmacy chain (raw materials reserves from 1 to 5 tons). These are: *Asparagus blestlerianum*, *Ferula karelinii*, *Artemisia sublessingiana*, *Artemisia sanlinifolia*, *Artemisia scoparia*, *Chondrilla juncea*, *Cirsium vulgare*, *Echinops ritro*, *Xanthium strumarium*, *Descurainia sophia*, *Lepidium crassifolia*, *Lepidium latifolium*, *Syrenia sessiliflora*, *Capparia spinosa*, *Gypsophila paniculata*, etc. Total — 50 species.

3. Species with a wide habitat, however, growing sporadically and not forming natural thickets suitable for collecting raw materials. Among them: *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Eryngium planum*, *Falcaria vulgaris*, *Ferula caspica*, *Scandix stellata*, *Zozima absinthifolia*, *Acroptilon repens*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia sieversiana*, *Artemisia songarica*, *Carthamus lanatus*, *Cichorium intybus*, *Inula britannica*, *Koelpinia linearis*, *Lactuca serriola*, *Microcephala lamellata*, *Tripolium vulgare*, *Argusia sibirica*, *Arnebia decumbens*, *Asperugo procumbens*, *Onopordum acanthium*, *Buglossoides arvensis*, *Cynoglossum officinale*, *Rindera tetraspis*, *Cardaria draba* and others. Total 111 species.

4. Species with conservation status, that is, rare; endangered, endemic plant species: *Lonicera tatarica*, *Salsola richteri*, *Dryopteris filix-mas*, *Morus alba*, *Elaeagnus angustifolia*, *Papaver pavonicum*, *Clematis orientalis*, *Agrimonia asiatica*, *Rosa laxa*, *Crataegus ambigua*, *Ziziphora tenuior*. These species are either included in the list of rare and endangered species, or their ranges have recently been greatly reduced, and taxa themselves need to be preserved in nature and culture. Total — 15 species.

According to the results of field studies, the distribution and raw materials of 11 species of medicinal plants were studied: *Rheum tataricum*, *Ferula foetida*, *Anabasis aphylla*, *Peganum garmala*, *Ephedra distachya*, *Alhagi pseudoalhagi*, *Meristotropis triphylla*, *Nepeta cataria*, *Mentha longifolia*, *Ziziphora tenuior*, *Anabasis salsa* (Table 2).

Table 2

## Stocks of raw materials of some wild medicinal plants of Mangystau region (on air-dry weight)

Name of species	Place of gathering	Gathering parts of plant	Square, hectares	harvest, tons/ha	Exploitation stock, tons	Volume of annual possible gathering of raw material, tons
1	2	3	4	5	6	7
<i>Rheum tataricum</i>	107 km from Aktau city in direction to Senek settlement	Roots	2400	30,0	72000	7200
<i>Ferula foetida</i>	Sand Tuyesu	Roots	600	3,0	1800	180
<i>Anabasis aphylla</i>	Northern Aktau	Grass	1080	2,1	2258,2	1354,3
	Wintering Zhambyl, 63 km from the city of Aktau, not reaching gorge Southern Aktau		3240	2,4	777,6	466,6
	<b>Total:</b>		<b>4320</b>		<b>3035,8</b>	<b>1820,9</b>
<i>Peganum garmala</i>	Southern Aktau, gorge Karaturan	Grass	150	4,6	690	345
<i>Ephedra distachya</i>	Coast of the Caspian Sea, approx. Aktau city	Grass	480	3,05	1464	586
<i>Meristotropis triphylla</i>	Northern Aktau	Grass	9,2	4,6	4,2	2,5
	Beginning of the North Aktau ridge		0,5	4,6	2,3	1,4
	<b>Total:</b>		<b>9,7</b>		<b>6,5</b>	<b>3,9</b>



Continuation of Table 2

1	2	3	4	5	6	7
<i>Nepeta cataria</i>	Southern Aktau, gorge Karaturan	Grass	200	0,3	60	36
<i>Mentha longifolia</i>	Tunkaragan rayon, boundary Tamshaly	Grass	1,0	2,4	2,4	1,4
	Western Karatau, gorge Akmysh		0,8	2,4	1,9	1,3
	<b>Total:</b>		<b>1,8</b>	<b>4,8</b>	<b>4,1</b>	<b>2,7</b>
<i>Ziziphora tenuior</i>	Western Karatau, gorge Zhanasai	Grass	100	0,15	1,5	0,9
<i>Alhagi pseudalhagi</i>	Western Karatau	Grass	0,9	3,7	6,3	1,9
	District gorge Tamshaly		33,4	2,3	76,8	30,7
	<b>Total:</b>		<b>34,3</b>	<b>6,0</b>	<b>83,1</b>	<b>32,6</b>
<i>Anabasis salsa</i>	Surrounding settlement Taushik	Grass	11,1	0,8	8,9	4,5

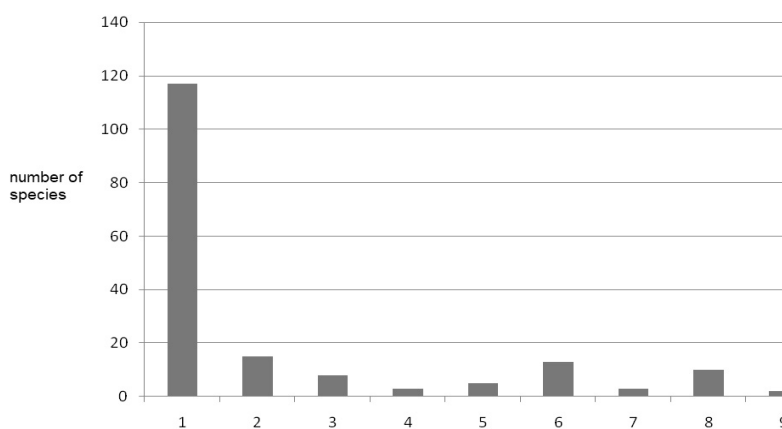
When planning complex or single procurement measures, one of the necessary conditions is knowledge of the exact dates, phases and periods of collection of medicinal vegetative raw materials. We conducted the rhythms of development of medicinal plants, which made it possible to compile a calendar of optimal dates for collecting above-ground and underground organs for a number of medicinal species in the Mangystau region.

The results of the analysis of the collection calendar made it possible to determine that 9 types of raw materials can be harvested in Mangystau: grass, leaves, inflorescences, roots and rhizomes, shoots, bulbs, bark, seeds, juice and fruits (Table 3).

Table 3

## Names of raw materials and number of medicinal plant species in Mangystau region

Name of raw material	Amount of species, piece
Grass	120
Roots and rhizomes	15
Shoots	8
Inflorescences	3
Juice	5
Leaves	13
Bulbs	3
Seeds and fruits	10
Burk	2

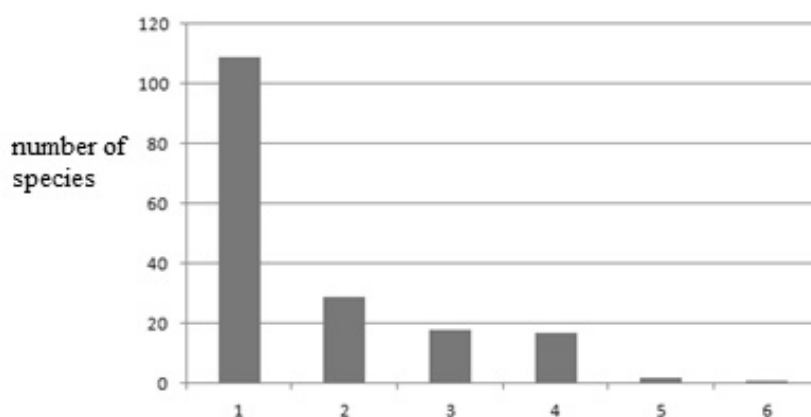


Kind of raw materials: 1 — grass; 2 — roots and rhizomes; 3 — shoots (twigs); 4 — inflorescences; 5 — juice; 6 — leaves; 7 — bulbs; 8 — fruits and seeds; 9 — bark

Figure 3. The volumes of gathering of medicinal raw materials by names

The largest number of species falls on such a type of medicinal raw material as grass — 120 species. The second position is occupied by underground organs (roots and rhizomes) — 15 species. The third place is occupied by leaves — 13 species. The remaining types of raw materials can be collected from a small number of medicinal plants, from 2 to 10 species (Fig. 3).

The largest amount of vegetative raw materials is harvested in the flowering phase (109 names), in the fruiting phase — 17 species, vegetation — 29 species, blossoming — 18 items, death of above-ground organs — 9 species, the beginning of juice movement — 2 species, sporulation — 1 taxon (Fig. 4).



Phase of vegetation: 1 — flowering; 2 — vegetation; 3 — blossoming; 4 — fructification; 5 — start of juice movement; 6 — sporulation

Figure 4. Distribution of medicinal plant species of Mangystau region by vegetation phases required for raw materials harvesting

As a result, the species of medicinal plants we divided into groups on the frequency of collection during the growing season (Tab. 4).

Table 4

**Frequency of collection of medicinal plants in the Mangystau region during the growing season**

Period of gathering	Months	Amount of gathering species, piece
Early spring	March	1
Average spring	April	16
Late spring	May	27
Early summer	June	85
Average summer	July	78
Late summer	August	46
Autumn	September	12
	October	7
Late autumn	November	1

The results are shown that in the territory of Mangyshlak in March it was possible to harvest 1 species of raw materials, in April — 15 species, in May — 26 species, in June — 84 species, in July — 78 species, in August — 46 species, in September — 12 species, in October — 7 species, in November — 1 species.

*Conclusion*

Thus, of the 166 identified species of medicinal plants in the Mangystau flora, the largest part belongs to the species used in folk medicine — 144 taxa. Slightly fewer species for which some pharmacological properties have been found — 50 species; 36 species are included in the Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. All species were ranked into 10 groups of pharmaceutical-therapeutic activity for use in the treatment of diseases: gastrointestinal tract, oral cavity, kidneys and urinary tract, respiratory tract, antipyretic and anti-inflammatory, cardiovascular system, diabetes mellitus, analgesic and wound healing, skin organs, other diseases.

4 groups of medicinal plant species were ranked according to the degree of distribution, area of thickets and the ability of the stock to collect plant raw materials: 1) species with a wide habitat (raw materials reserves over 5 tons) — 10 taxa; 2) species having a wide habitat, forming small natural thickets and suitable for harvesting raw materials for the needs of the local pharmacy chain (raw materials reserves from 1 to 5 tons) — 50 taxa; 3) species having a wide habitat, however, growing sporadically and not forming natural thickets suitable for collecting raw materials — 111 taxa; 4) species with a protective status — 15 taxa.

The gathering calendar has been compiled for 166 species of medicinal plants in the flora of the Mangystau region. The obtained data can be used for organization of systematic harvesting of vegetal raw materials and development of environmental measures.

The research was carried out within the framework of earmarked funding programme «Development of scientific, practical and computer-informational foundations for the creation of landscape-collection and garden-park plantations in the desert zone of Mangystau for the conservation and rational use of plant biodiversity».

## References

- 1 Convention on Biological Diversity and the Nagoya Protocol: Intellectual Property Implications. — United Nations: UNCTAD, 2014. — 215 p.
- 2 Кукенов М.К. Ботаническое ресурсосведение Казахстана / М.К. Кукенов. — Алматы: Ғылым, 1999. — 160 с.
- 3 Якубов Т.Ф. Песчаные пустыни и полупустыни Северного Прикаспия / Т.Ф. Якубов. — М., 1955. — 532 с.
- 4 Кисыков У.К. Материалы к флоре горного Мангышлака / У.К. Кисыков // Тр. Ин-та ботаники АН КазССР. — 1955. — Т. 1. — С. 84–117.
- 5 Агеева Н.Т. Растительность полуострова Мангышлак и перспективы ее освоения / Н.Т. Агеева // Ученые записки Казах. гос. ун-та. Сер. Биология и почвоведение. — 1955. — Т. 17. — С. 3–22.
- 6 Агеева Н.Т. Анализ флоры казахстанского Устюрта и Мангышлака / Н.Т. Агеева // Тр. КазГУ. — 1974. — Вып. 7. — С. 5–7.
- 7 Сафронова И.Н. Пустыни Мангышлака (очерк растительности) / И.Н. Сафронова // Тр. Бот. ин-та РАН. — 1996. — Вып. 18. — 211 с.
- 8 Аралбай Н.К. Государственный кадастр растений Мангистауской области. Список высших сосудистых растений / Н.К. Аралбай, Г.М. Кудобаева, А.А. Иманбаева, П.В. Веселова, М.П. Данилов, А.А. Курмантаева, Н.В. Шадрина, Б.Т. Касенова. — Актау: Типогр. ТОО «Классика», 2006. — 301 с.
- 9 Иманбаева А.А. Дополнения к флоре Мангышлака / А.А. Иманбаева, И.Н. Сафронова // Изв. НАН РК. Сер. биол. и медиц. — 2010. — № 2. — С. 115, 116.
- 10 Иманбаева А.А. К изучению видового состава диких сородичей культурных растений Мангистауской области / А.А. Иманбаева, М.Ю. Ишмуратова, Н.И. Дуйсенова, А.Т. Туякова // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2015. — № 3(79). — С. 44–52.
- 11 Imanbaeva A.A. Screening of Mangystau flora for wild relatives of cultivated plants / A.A. Imanbaeva, M.Yu. Ishmuratova, A.T. Tuyakova // Central European Journal of Botany. — 2015. — Vol. 1, Iss. 1. — P. 12–20.
- 12 Иманбаева А.А. Лекарственные растения во флоре Мангистау / А.А. Иманбаева, М.Ю. Ишмуратова, М.С. Сагындыкова, А.Т. Туякова // Вестн. КазНУ. Сер. экол. — 2015. — № 1/2(43). — С. 431–440.
- 13 Иманбаева А.А. Изучение перспективных кормовых популяций ежовника солончакового на территории Мангышлака / А.А. Иманбаева, М.Ю. Ишмуратова, А.Т. Туякова // Приволж. науч. вестн. — 2015. — № 5–1(45). — С. 53–58.
- 14 Duysenova N.I. The study of the state and structure of populations of rare plant of Mangyshlak *Crataegus ambigua* C.A. Mey ex A. Beck. / N.I. Duysenova, A.A. Imanbaeva, M.Yu. Ishmuratova // Eco. Env. & Cons. — 2016. — Vol. 22, Iss. 4. — P. 523–529.
- 15 Сагындыкова М.С. Эколого-фитоценотическая характеристика *Ferula foetida* (Bunge) Regel. в пустынных сообществах Мангышлака / М.С. Сагындыкова, А.А. Иманбаева, К.Н. Сарсенбаев, И.Н. Сафронова, М.Ю. Ишмуратова // Вестн. КазНУ. Сер. экол. — 2016. — № 3(48). — С. 61–75.
- 16 Грудзинская Л.М. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана: справоч. изд. / Л.Н. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева, Н.В. Нелина, Ж.Ж. Каржаубекова. — Алматы, 2014. — 200 с.
- 17 Guidelines for the regulation of herbal medicines in the South-East Asia region. — New-Delhi: WHO, 2003. — 30 p.
- 18 Nature's pharmacy, our treasure chest: why we must conserve our natural heritage. A native plant conservation campaign report. — New-York, 2008. — 19 p.
- 19 WHO monographs on selected medicinal plants. — Vol. 1–4. — Ottawa: WHO, 1998–2005.
- 20 Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. — Т. 1–5. — СПб.; М.: БИН им. В.Л. Комарова, РАН; КМК, 2008–2012.
- 21 Compendium of Medicinal and Aromatic Plants. — Vol. II. Asia. — Trieste, 2006. — 295 p.
- 22 Мухитдинов Н.М. Лекарственные растения / Н.М. Мухитдинов, Г.Н. Паршина. — Алматы: Қазақ ун-ті, 2002. — 313 с.
- 23 Pharmacognosy. Medicinal Plants (edited by Perveen Sh., Al-Taweel A.). — Riyadh: King Saud University, 2019. — 980 p.
- 24 Флора Казахстана. — Т. 1–9. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1956–1966.

25 Аралбай Н.К. Государственный кадастр растений Мангистауской области. Определитель сосудистых растений / Н.К. Аралбай, Г.М. Кудобаева, А.А. Иманбаева, П.В. Веселова, М.П. Данилов, А.А. Курмантаева, Н.В. Шадрин, Б.Т. Касенова. — Актау: Типограф. ТОО «Классика», 2006. — 452 с.

26 Czerepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent state (the former USSR) / S.K. Czerepanov. Cambridge: University Press, 1995. — 940 p.

27 Крылова И.Л. Методические указания по изучению запасов дикорастущих лекарственных растений / И.Л. Крылова, А.И. Шретер. — М.: ВИЛАР, 1971. — 31 с.

28 Государственная фармакопея Республики Казахстан. — Т. 1–3. — Астана; Алматы, 2008, 2009, 2014.

29 Агроклиматические ресурсы Гурьевской и Мангышлакской областей Казахской ССР. — Л.: Гидрометеоздат, 1978. — 107 с.

30 Проблемы мелиорации почв, озеленения и сельского хозяйства // Освоение Мангышлака. — Шевченко, 1976. — С. 25–36.

А.А. Иманбаева, Г.Г. Гасанова, А.Т. Туякова

### Маңғыстау облысының жабайы өсетін дәрілік өсімдіктерін зерттеу қорытындысы

Маңғыстау облысының флорасының дәрілік өсімдіктерін зерттеу, медициналық және фармацевтикалық өнеркәсіптерде өсімдік шикізаттарын пайдалану перспективасы және толық түрлік құрамын бағалау практикалық қызығушылық тудырады. 2013–2020 жылдар аралығында дәрілік өсімдіктердің түрлік құрамы, олардың ранжирленуі, шикізат қорлары және негізгі вегетациялық фазалардың өту ерекшеліктері анықталып, далалық зерттеулер жүзеге асырылды. Мақалада Маңғыстаудың табиғи жағдайында табиғи өсетін дәрілік өсімдіктердің түрлік құрамын талдау және оларды саралау нәтижелері келтірілген. Нәтижесінде дәрілік өсімдіктердің тізімі 43 тұқымдастан, 112 туыстан тұратын 166 түрді құрады. Түрлердің басым бөлігі *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Boraginaceae*, *Euphorbiaceae* и *Ranunculaceae*. Дәрілік өсімдіктердің ең көп бөлігі халықтық медицинада пайдаланылатын түрлерге жатқызылған — 144 түр; оның ішінде 50 түрдің фармакологиялық қасиеті бар; 36 түр Қазақстан Республикасының Фармакопеясына қосылған. Барлық өсімдік түрлерін фармакотерапиялық белсенділік бойынша 10 емдеу топқа ранжирлеу жүзеге асырылды: асқазан-ішек жолдары, бүйрек және зәр шығару жолдары, тыныс алу жолдары, қызуды төмендететін және қабынуға қарсы, жүрек-тамыр жүйесі, қант диабеті, ауырсынуды басатын және жараны басатын, тері органдары, басқа да аурулар. Дәрілік өсімдіктер түрлерінің таралу дәрежесі, шикізат қорының ауданы және оны жинау мүмкіндігі бойынша 4 топқа саралау орындалды. Маңғыстау облысының дәрілік өсімдіктер флорасының 166 түрін үшін жинау күнтізбе бекітілді. Алынған деректер өсімдік шикізатын жоспарлы дайындауды ұйымдастыру және табиғатты қорғау іс-шараларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

*Кілт сөздер:* дәрілік өсімдіктер, Маңғыстау, перспективалық, жинау күнтізбесі, шикізат қорлары, фармакологиялық белсенділік, ресми және халықтық медицинада пайдалану.

А.А. Иманбаева, Г.Г. Гасанова, А.Т. Туякова

### Итоги изучения дикорастущих лекарственных растений Мангистауской области

Исследование лекарственных растений флоры Мангистауской области представляет практический интерес для оценки полного видового состава и перспектив использования растительного сырья для медицинской и фармацевтической промышленности. В течение 2013–2020 гг. были осуществлены полевые обследования с выявлением видового состава лекарственных растений, их ранжирования, сырьевых запасов и особенностей прохождения основных фаз вегетации. В статье приведены результаты анализа видового состава естественно произрастающих лекарственных растений в природных условиях Мангистау и их ранжирование. В результате перечень лекарственных растений составил 166 видов из 112 родов и 43 семейств. Преобладающее число видов отнесено к семействам *Asteraceae*, *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Lamiaceae*, *Apiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Boraginaceae*, *Euphorbiaceae* и *Ranunculaceae*. Наибольшая часть лекарственных растений отнесена к видам, используемым в народной медицине, — 144 видов; для 50 видов обнаружены фармакологические свойства; 36 видов включены в Фармакопею Республики Казахстан. Осуществлено ранжирование всех видов по фармако-терапевтической активности на 10 групп для лечения: желудочно-кишечного тракта, ротовой полости, почек и мочевыводящих путей, дыхательных путей, жаропонижающее и противовоспалительное, сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета, обезболивающее и ранозаживляющее, органов кожи и прочих заболеваний. Выполнено ранжирование видов лекарственных растений на 4 группы по степени распространенности, площади зарослей и возможности запаса по сбору раститель-

ного сырья. Составлен календарь сбора для 166 видов лекарственных растений флоры Мангистауской области. Полученные данные могут быть использованы для организации планомерной заготовки растительного сырья и разработки природоохранных мероприятий.

*Ключевые слова:* лекарственные растения, Мангистау, перспективность, календарь сбора, сырьевые запасы, фармакологическая активность, использование в официальной и народной медицине.

## References

- 1 Convention on Biological Diversity and the Nagoya Protocol: Intellectual Property Implications (2014). United Nations: UNCTAD.
- 2 Kukenov, M.S. (1999). *Botanicheskoe resursovedenie Kazakhstana [Botanical resource study of Kazakhstan]*. Almaty: Hylym [in Russian].
- 3 Yakubov, T.F. (1955). *Peschanye pustyni i polupustyni Severnogo Prikaspiia [Soil deserts and semi-deserts of Southern Caspian]*. Moscow [in Russian].
- 4 Kisikov, U.K. (1955). Materialy k flore hornoho Manhyshlaka [Materials to the flora of mountain Mangyshlak]. *Trudy Instituta botaniki AN KazSSR — Proceedings of Institute of Botany of Academy of Science of Kazakh SSR, 1*, 84–117 [in Russian].
- 5 Ageyeva, N.T. (1955). Rastitelnost poluostrova Manhyshlak i perspektivy ee osvoeniia [Vegetation of peninsula Mangyshlak and perspectives of its reclamation]. *Uchenye zapiski Kazakhskoho gosudarstvennogo universiteta. Seriya biologiya i pochvovedenie — Scientific Notes of Kazakh State University. Series biology and soil science, 17*, 3–22 [in Russian].
- 6 Ageyeva, N.T. (1974). Analiz flory kazhastanskoho Ustiurta i Manhyshlaka [Analysis of flora of Kazakh Ustyurt and Mangyshlak]. *Trudy Kazakhskoho gosudarstvennogo universiteta — Proceedings of KazSU, 7*, 5–7 [in Russian].
- 7 Safronova, I.P. (1966). Pustyni Manhyshlaka (ocherk rastitelnosti) [The deserts of Mangyshlak (review of vegetation)]. *Trudy Botanicheskoho instituta RAN — Proceedings of Botanical Institute of RAS, 18*, 211 [in Russian].
- 8 Aralbay, N.K., Kudabayeva, G.M., Imanbayeva, A.A., Veselova, P.V., Danilov, M.P., & Kurmantayeva, A.A. et al. (2006). *Hosudarstvennyi kadastr rastenii Manhistauskoi oblasti. Spisok vysshikh sosudistykh rastenii [The State cadastre of plants of Mangystau region. The list of higher vascular plants]*. Aktau: Izdatelskii dom «Klassika» LTD [in Russian, in Kazakh].
- 9 Imanbayeva, A.A., & Safronova, I.N. (2010). Dopolneniia k flore Manhyshlaka [Additional to the flora of Mangyshlak]. *Izvestiia NAN RK. Seriya biologiya i meditsina — Bulletin of NAS RK, series biology and medicine, 2*, 115–116 [in Russian].
- 10 Imanbayeva, A.A., Ishmuratova, M.Yu., Duysenova, N.I. & Tuyakova, A.T. (2015). K izucheniiu vidovogo sostava dikikh sorodichei kulturnykh rastenii Manhistauskoi oblasti [To the study of species composition of wild relatives of cultivated plants of Mangystau region]. *Vestnik Karahandinskoho universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Heohrafiia — Bulletin of Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography, 3(79)*, 44–52 [in Russian].
- 11 Imanbaeva, A.A., Ishmuratova, M.Yu. & Tuyakova, A.T. (2015). Screening of Mangystau flora for wild relatives of cultivated plants. *Central European Journal of Botany, 1, 1*, 12–20.
- 12 Imanbaeva, A.A., Ishmuratova, M.Yu., Sagyndykova, M.S. & Tuyakova, A.T. (2015). Lekarstvennye rasteniia vo flore Manhistau [Medicinal plants in the flora of Mangystau]. *Vestnik Kazakhskoho natsionalnogo universiteta. Seriya ekologicheskaya — Bulletin of Kazakh National University. Series ecology, 1/2(43)*, 431–440 [in Russian].
- 13 Imanbaeva, A.A., Ishmuratova, M.Yu., & Tuyakova, A.T. (2015). Izuchenie perspektivnykh kormovykh populiatsii ezhoznika solonchakovogo na territorii Manhyshlaka [Study of perspective fodder populations of Anabasis salsa at the territory of Mangyshlak]. *Privolzhskii nauchnyi vestnik — Pre-Volgian scientific bulletin, 5–1(45)*, 53–58 [in Russian].
- 14 Duysenova, N.I., Imanbaeva, A.A., & Ishmuratova, M.Yu. (2016). The study of the state and structure of populations of rare plant of Mangyshlak *Crataegus ambigua* C.A. Mey ex A. Beck. *Eco. Env. & Cons., 22 (4)*, 523–529.
- 15 Sagyndykova, M.S., Imanbayeva A.A., Sarsembayev, I.N., Safronova, I.N. & Ishmuratova, M.Yu. (2016). Ekologicheskaya kharakteristika *Ferul foetida* (Bunge) Regel. v pustynnykh soobshchestvakh Manhyshlaka [Ecological — phytocenotic characteristics of *Ferula foetida* (Bunge) Regel. in deserts communities of Mangyshlak]. *Vestnik Kazakhskoho natsionalnogo universiteta. Seriya ekologicheskaya — Bulletin of Kazakh National University. Series ecology, 3(48)*, 61–75 [in Russian].
- 16 Grudzinskaya, L.N., Gemedzhieva, N.G., Nelina, N.V., & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2014). *Annotirovannyi spisok lekarstvennykh rastenii Kazakhstana: Spravochnoe izdanie [Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan. Reference book]*. Almaty [in Russian].
- 17 *Guidelines for the regulation of herbal medicines in the South-East Asia region* (2003). New-Delhi: WHO.
- 18 *Nature's pharmacy, our treasure chest: why we must conserve our natural heritage. A native plant conservation campaign report* (2008). New-York.
- 19 *WHO monographs on selected medicinal plants* (1998–2005). Vol. 1–4. Ottawa: WHO.
- 20 Rastitelnye resursy Rossii. *Dikorastushchie tsvetkovye rasteniia, ikh komponentnyi sostav i biologicheskaya aktivnost [Plant resources of Russia. Wild flowering plants, their component composition and biological activity]*. (2008–2012). Saint Petersburg: Botanical Institute of V.L. Komarov, 1–5 [in Russian].
- 21 *Compendium of Medicinal and Aromatic Plants* (2006). Vol. II. Asia. Trieste.
- 22 Mukhitdinov, N.M., & Parshina, G.N. (2002). *Lekarstvennye rasteniia [Medicinal plants]*. Almaty: Kazakh University [in Russian].
- 23 *Pharmacognosy. Medicinal Plants* (edited by Perveen Sh., Al-Taweel A.) (2019). Riyadh: King Saud University.
- 24 *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]* (1956–1966). (Vol. 1–9). Alma-Ata: Publ. Academy of Science of KazSSR [in Russian].

- 25 Aralbay, N.K., Kudabayeva, G.M., Imanbayeva, A.A., Veselova, P.V., Danilov, M.P., Kurmantayeva, A.A., Shadrina, N.V. & Kasenova, B.T. (2006). *Hosudarstvennyi kadastr rastenii Manhistauskoi oblasti. Opredelitel sosudistykh rastenii* [The state cadastre of plant of Mangystau region. Determinant of vascular plants]. Aktau: Izdatelskii dom «Klassika» Ltd [in Russian, in Kazakh].
- 26 Czerepanov, S.K. (1995). *Vascular plants of Russia and adjacent state (the former USSR)*. Cambridge: University Press.
- 27 Krylova, I.L., & Shreter, A.I. (1971). *Metodicheskie ukazaniia po izucheniiu zapasov dikorastushchikh lekarstvennykh rastenii* [Methodological recommendation for study of wild medicinal plants]. Moscow: VILAR [in Russian].
- 28 *Hosudarstvennaia farmakopeia Respubliki Kazakhstan* [The State Pharmacopeia of Republic of Kazakhstan] (2008, 2009, 2014). Astana-Almaty, 1–3 [in Russian].
- 29 *Ahroklimaticheskie resursy Hurevskoi i Manhyshlaksnoi oblasti Kazakhskoi SSR* [Agro climatical resources of Gurjyev and Mangyshlak regions of Kazakh SSR]. (1978). Leningrad: HydroMeteolzdats [in Russian].
- 30 *Problemy melioratsii pochv, ozeleneniia i selskogo khoziaistva* [Problems of soil melioration, green building and agriculture] (1976). *Osvoenie Manhyshlaka — Development of Mangyshlak*. Shevchenko, 25–36 [in Russian].

A.A. Imanbayeva\*

*Mangyshlak experimental botanical garden, Aktau, Kazakhstan*  
(\*E-mail: imangarden@mail.ru)

## **Assessment of the perspectivity of introduction of woody plants in the arid conditions of Mangystau**

The introductory study and identification of promising and sustainable taxa of woody plants is important for green construction and ornamental gardening of Kazakhstan. It is important to choose sustainable crops for arid conditions characterized by extreme conditions and deficient woody plants of local flora. This article presents data on the study of the rhythms of seasonal growth and plant development. There are differences that are expressed in changing the timing of the onset of vegetation (5–10 days), flowering and fruiting (15–20 days) and reducing their duration. In the arid conditions of Mangyshlak, according to the vegetation dates, there was an increase in plant prospects for phenogroups from PP (previously the beginning and earlier the end of vegetation) to PII (previously the beginning and later the end of vegetation), a decline in CP (the middle beginning and earlier the end of vegetation) and an increase in CC (the middle beginning and the middle end of vegetation). From the 183 introduced plants 52 taxa belong to the first perspective group (high), 95 taxa — to the second group (elevated), 34 taxa — to the third (medium) and 2 taxa — to the fourth (low) of the selected 6 pheno groups. These data indicate the success of the introduction and the prospects for their further use. An electronic database on collectible woody plants is being formed on the computer program «DInCeR,» developed by the Mangyshlak Experimental Botanical Garden.

*Keywords:* Mangystau, arid conditions, introduction, woody plants, phenology, growth and development, perspectivity.

### *Introduction*

The success of the introduction process depends on the correct combination of the biological characteristics of woody plants with the ecological, climatic conditions of the introduction area. In the arid conditions of Mangystau, the introduction of plants depends on a whole complex of factors: winter resistance, drought resistance, heat resistance, salt resistance, etc. [1].

The main limiting factor is the strong continental climate. According to long-term data on the climatic characteristics of Mangystau, winter is short-term, characterized by unstable snow cover and frequent thaws, but rarely cold winters. Unstable snow cover in cold winters leads to deep freezing of the soil. The average temperature of the coldest month January varies from –3 to –10 °C. In some years, sharp deviations from the norm are observed. There were cases when in January the temperature decreased until –26...–31 °C. Winter Period on Mangyshlak is the windiest period. Often, the absolute wind speed exceeds 15–20 m/s.

The very severe conditions are carried out by introduced plants in the summer. The summer months are dry and stably hot with the large amplitude of fluctuation in daily temperatures. Absolute maximum is +40–45 °C, when heating the soil to +60–70 °C. Days without sun are practically absent. The evaporability of moisture exceeds the amount of precipitation by 10–15 times, dry winds are not uncommon, with a wind speed of 15–16 m/s. The average annual air temperature is +9.6–11.5 °C, the absolute minimum is +34 °C, maximum is until +47 °C. Annual falls are 107–181 mm. There are frequent strong winds, which lead to the spread of dry winds, dust storms, and the removal of salts from the Caspian.

The soils of the territory are zonal brown, from weakly alkaline to neutral, characterized by chloride-sulfate salinization and underdeveloped profile. At a depth of up to 7–8 m, there is bedrock in the form of Sarmatian limestone, which serves as a water stop and has large cup-shaped closed depressions filled with loose rocks — a gravel mixture and a shell. Soils are poor in humus, nitrogen and phosphorus.

This brief information on some indicators of the natural conditions of Mangystau gives an idea of the main tasks facing scientific botanists, for the correct organization of the introductory process. Woody plants should have hereditary deep winter rest, have reliable cover tissues that protect them from winter drying and summer burns. They should finish growing early and retire with well-matured wood. Plants need to have high physiological frost resistance, since the absence of snow cover leads to freezing of root systems [2]. No less stringent plant conditions are encountered during the growing season. High summer temperatures and

wind conditions require intensive watering. Planting is carried out in specially prepared dug pits, beds and checks with application of soil 40–50 t/ha of organic fertilizers and sawdust.

The aim of the study is to study the features of growth and development to identify the most promising woody plants in the area of introduction in the arid conditions of Mangystau.

### Methodology

Objects of investigation were 169 species of deciduous woody plants belonging to 61 genera: *Acer* — 6, *Ailanthus* — 1, *Amygdalus* — 1, *Amorpha* — 2, *Armeniaca* — 1, *Amelanchier* — 1, *Berberis* — 14, *Celtis* — 1, *Catalpa* — 2, *Caragana* — 3, *Cerasus* — 2, *Cersis* — 1, *Cladrastis* — 1, *Cotoneaster* — 8, *Cornus* — 3, *Colutea* — 1, *Crataegus* — 14, *Cydonia* — 1, *Elaeagnus* — 2, *Euonymus* — 4, *Lonicera* — 8, *Ligustrum* — 2, *Juglans* — 2, *Forestiera* — 1, *Forsythia* — 1, *Fontanesia* — 1, *Fraxinus* — 4, *Gleditsia* — 3, *Gymnocladus* — 1, *Koelreuteria* — 1, *Haloxylon* — 2, *Halimodendron* — 1, *Hemiptella* — 1, *Maclura* — 2, *Malus* — 10, *Mahonia* — 2, *Morus* — 1, *Mespilus* — 1, *Nitraria* — 1, *Pallurus* — 1, *Padus* — 5, *Platanus* — 1, *Populus* — 3, *Ptelea* — 1, *Physocarpus* — 2, *Philadelphus* — 2, *Pyrus* — 5, *Prunus* — 1, *Salix* — 3, *Sambucus* — 1, *Sorbus* — 1, *Quercus* — 2, *Rhamnus* — 4, *Rosa* — 6, *Robinia* — 1, *Rhus* — 3, *Tilia* — 2, *Sophora* — 1, *Spiraea* — 1, *Symphoricarpos* — 4, *Viburnum* — 3, *Zanthoxylum* — 1, *Ulmus* — 1, attracted for introduction in period 1990–2000. Long-term observation makes it possible to identify the most promising species in the introduction of arid conditions of Mangystau.

To compare and assess the prospects for the ranges, 65 species of North American, 56 species of the Central Asian, 62 species of the Eastern Asian floristic regions, mainly reaching the age of flowering and fruiting, were subjected.

The study of the rhythms of seasonal plant development and the prospects of introduced plants was carried out according to the phenological observation technique developed for botanical gardens [3]. Assessment of drought resistance was carried out on the scale of S.C. Pyatnitsky [4]. Winter resistance was determined visually on a 7-point scale [5]. Most attention was paid to the study of the phases of flowering and fruiting, as the main factor of decorativeness. The height and growth of plants were also taken into account.

To assess viability and perspective, the scale compiled by P.I. Lapin and S.V. Sidneva [5], supplemented by M.N. Kosaev [6], was applied. This scale includes 7 main indicators, which are determined by systematic visual observations of general and seasonal plant development. The following features were taken into account: the degree of annual ripening of shoots, winter resistance, drought resistance, preservation of habitus, self-educational ability, regular growth of shoots, ability for generative development and available methods of propagation of tested plants in the area of introduction [5, 6].

Based on the analysis of the indicators and the sum of the points, the studied plants were divided into the following perspective groups: 1) Quite promising plants (the sum of points 106–115), although they are not in their ecological optimum, usually reach their characteristic size, flower and bear fruit normally, form high-quality seeds, winter stamens, drought-resistant only in unfavorable years they can have freezing annual shoots or short-term loss of turgor leaves. 2) Perspective group (sum of points 91–105). It includes plants that mostly do not reach their inherent size, bear fruit and form germinating seeds. Usually they freeze slightly, in drought the leaves can lose turgor, which is restored during watering. 3) Less promising plants (the sum of points 76–90) are characterized by slow growth, poor fruiting; often with low seed viability, mostly systematically suffer from frost or drought. 4) Low-potential plants (the sum of points 56–75) are characterized by depressed growth, do not bear fruit or bear fruit only in favorable years, as a rule, significant winter injuries or mass burns of leaves and drying of shoots in dry periods are observed.

### Results and discussion

Analysis of results of adaptation capabilities of woody plants is used for objective introductive prediction and theoretical developments related to adaptation of plants in new conditions and subsequent selection of promising assortment of woody plants [7].

According to the results of many years of introduction experience, on Mangyshlak, the natural range of introduced species mainly falls on North America (65 species from 17 families and 29 genera), Central Asia (56 species from 17 families and 29 genera) and Eastern Asia (62 species from 15 families and 24 genera).

Theoretically and on the basis of the experience of plant introduction on Mangyshlak, the prospect of attracted species from North America, Central and Southern Asia that showed the best adaptation capabilities was justified, having successfully passed the introduction.



The flora of the Atlantic North American region is rich in species promising for introduction to Europe and Asia, as confirmed by the experience of the introducers [8]. Botanists have long drawn attention to the amazing similarity of the flora of Atlantic North America with that of East Asia. This similarity of flora and their connections are expressed in the presence of a large number of common genera and close species. From the flora of Atlantic North America (Appalachian province), representatives of the genera *Mahonia* L., *Maclura* Nutt., *Celtis* L. have been successfully introduced on Mangyshlak. Species such as *Robinia pseudoacacia*, *Gleditsia tricanthos*, *Maclura aurantacia* from the North American provinces on Mangyshlak, species of the genus *Amorpha* L. were successfully introduced.

The flora of the Central Asia developed as xerophilic [9]. However, at the end of the Pliocene and in the Quaternary, as a result of mountain formation and glaciation, conditions were created for the penetration of mesophilic-type woody plants from Siberia, the Caucasus, northern Iran and the Himalayas. These sources served as the basis for the formation of the flora of the Small and Central Asia. Therefore, the flora includes autochthonous and alien species [10]. Under the influence of arid conditions in the Central Asia, mesophilic plants were transformed into xeromesophytes.

The Eastern Asian flora was formed at fairly high temperatures, with strong daily and seasonal fluctuations, a very low and high degree of humidification, and moderate vegetation duration. Here the center of development of cultivated plants is formed. Many researchers consider the Eastern Asia to be the center of ancient agriculture for cultivated plants, including the primary center for the formation of forms of fruit crops of *Rosaceae* family, genera *Malus*, *Pyrus* and *Prunus*, which go far beyond the centers of origin [11–13]. It was established that the conditions, in which the evolution of plants, took place impose requirements for the conditions for its growth. This is the length of the day, temperature, vegetation duration and humidity. The approach to the introduction of plants in desert areas depends on a set of agricultural measures that allow creating the closest possible conditions of the place of introduction to the conditions of the homeland of the plant (humidification, changing the physical and chemical composition of soils, etc.). When introducing plants outside their natural range, the study of their rhythms of seasonal growth and development is of great importance [14, 15].

From 183 taxa introduced under Mangyshlak conditions, 173 taxa (94.2 %) entered the generative phase. Among the life forms there are: 90 species of trees, 93 species of shrubs; among them the North-American — 37 trees and 28 shrubs; the Central Asian — 20 trees and 36 shrubs; the Eastern Asian — 33 trees and 29 shrubs.

Based on the results of phenological observations, it was established (Tab. 1), that swelling and unfolding of buds in early-vegetating Central Asian species (*Populus alba*, *P. bolleana*, *Salix alba*) and Eastern Asian species (*Lonicera maackii*, *L. edulis*, *L. ruprechtiana*, *Padus davurica*, *Ligustrum tshonoskii*, *L. japonicum*) noted in the II-III decades of February, and for many species — in the I-II-III decades of March, except for the Northern American taxa *Zanthoxylum simulans*, *Mahonia aguifolium*, *Cladrastis lutea*, *Juglans cinerea*, *J. nigra*, *Ptelea serrate*, *Philadelphus hirsutus*, *Ph. lewisii*, *Fraxinus lanceolata*, *Amorpha fruticosa*, *A. schafranifolia*, *Crataegus rus-galli*, *Cr. kellermanii*, *Cr. lanuginosae*, *Gleditsia aquatica*, *G. triacanthos*, *Robinia pseudoacacia*, *Gymnocladus dioecus*, *Cercis canadensis*, *Celtis occidentalis*, *Forestiera neo-mexicana*, *Platanus occidentalis*, 3 species of *Crataegus*, 2 species of *Catalpa*, *Gleditsia* and *Maclura*.

The latest beginning of vegetation was noted in the first decade of April for Asian species from the genus *Pyrus*, *Crataegus*, *Fraxinus*. Species from the genera *Lonicera* L., *Fraxinus* L., *Acer* L. bloom very early. All species of *Lonicera* L., *Crataegus* L., *Berberis* L., *Cotoneaster* Medik., *Cotinus* Scop., *Caragana* L. are flowering abundantly.

Early ripening of fruits and abundant fruiting are noted all introduced plants from genus *Lonicera*. Late bloom is noted for *Koelreuteria apiculata*, *Koelreuteria bipinnata* and species of genus *Catalpa* Scop.; the latest ripening of fruits is observed for *Mespilus germanica*, *Zanthoxylum simulans*. With the onset of summer heat (end of June — beginning of July), leaves in *Acer* species (*Acer sachharum*, *Acer negundo*) and all species of *Catalpa* are burned; leaves of *Corylus avellana* are also suffer from dry air.

But, with the advent of more favorable conditions (a decline in high temperature), almost all species have young leaves, and some introducents have a secondary growth of shoots (*Quercus robur*, *Sambucus canadensis*, *Caraganda arborescens*). From mid-April, the growth of shoots of all collectible species begins, intensive growth has been observed since the third decade of April, and at the end of May — in early June, the growth of shoots in some species stops (representatives of families: *Rosaceae* and *Fagaceae*) [16].

Table 1

## Comparative characteristics of the North-American, Central-Asian and Eastern-Asian introduced plants by phonological groups and perspective in the conditions of Mangyshlak

Pheno- group	Name of plant	Average height of shoots, cm	4		Duration, days	6		Duration, days	8		Winter resistant	Drought resistant	Group of perspective
			Average period of beginning and ending of flowering	Average period of beginning and ending of fruiting		Average period of beginning and ending of vegetation	Duration, days						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
The Northern America													
PP	<i>Acer negundo</i> L.	25, 298	31.03.-19.04.	19	10.09.-30.09.	20	28.03.-26.10.	213	I	II	II-105		
	<i>Crataegus rivularis</i> Nutt.	27, 155	23.04.-14.05.	21	30.07.-11.08.	12	20.03.-22.10.	216	I	III	I-115		
	<i>Padus serotina</i> (Ehrh) Agardh.	13, 169	11.05.-20.05.	9	25.07.-09.08.	15	21.03.-25.10.	218	I-II	II-III	III-90		
	<i>Padus virginiana</i> (L.) Mill.	12, 210	03.05.-13.05.	10	12.07.-24.07.	12	23.03.-27.10.	218	I-II	III	III-90		
	<i>Quercus imbricaria</i> Michx.	23, 400	12.04.-06.05.	24	01.10.-29.10.	28	30.03.-01.10.	185	I	II	II-101		
	<i>Crataegus combia</i> L.	11, 268	24.04.-08.05.	14	21.09.-30.09.	10	23.03.-30.10.	222	I	II	II-105		
	<i>Crataegus punctata</i> L.	5, 155	08.05.-22.05.	15	30.09.-11.10.	12	25.03.-30.10.	220	I	III	II-104		
	<i>Physocarpus opifolius</i> (L.) Maxim.	10, 87	16.05.-25.05.	10	18.08.-05.09.	19	19.03.-3.11.	228	II	II	III-90		
	<i>Quercus borealis</i> L.	10, 120	Not	Not	Not	Not	12.04.-25.10.	196	I	II	III-82		
	<i>Sambucus canadensis</i> L.	16, 200	24.05.-28.06.	34	13.08.-07.09.	26	19.03.-4.11.	229	I-II	III	III-81		
PII	<i>Viburnum trilobum</i> Marsh.	11, 185	10.05.-26.05.	16	16.09.-30.09.	14	27.03.-09.11.	227	II	II	II-92		
	<i>Zanthoxylum simulans</i> Hance	7, 170	16.05.-25.05.	10	24.10.-08.11.	15	08.04.-25.11.	235	I	I-II	I-115		
	<i>Symphoricarpos orbiculatus</i> Moench.	8, 95	02.07.-23.07.	21	08.11.-05.12.	27	23.03.-25.11.	247	I-II	I-II	II-91		
	<i>Symphoricarpos occidentalis</i> Hook.	7, 57	22.08.-29.09.	37	10.10.-30.10.	20	18.03.-28.11.	273	I-II	I-II	II-91		
	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Gray.	8, 140	11.06.-10.08.	60	19.10.-29.11.	40	30.03.-30.11.	245	I-II	I-II	II-91		
	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) Blake.	8, 135	10.06.-11.08.	66	22.10.-29.11.	38	25.03.-30.11.	230	I-II	I-II	II-91		
	<i>Rosa woodsii</i> Lindl.	7, 92	07.05.-28.05.	21	27.08.-09.09.	14	21.03.-26.11.	270	I-II	I-II	I-106		
	<i>Rosa californica</i> L.	8, 180	20.05.-31.05.	11	04.09.-17.09.	13	20.03.-22.11.	247	I	I-II	I-112		
	<i>Rosa blanda</i> Ait.	15, 153	10.05.-09.06.	30	07.09.-30.09.	23	20.03.-30.11.	254	I	II	II-105		
	<i>Crataegus collina</i> Chapm.	18, 190	12.05.-24.05.	12	05.10.-22.10.	17	25.03.-26.11.	246	I	I-II	I-110		
CP	<i>Cr. aestivalis</i> (Walter.) Torr.	12, 150	13.05.-17.05.	14	12.09.-11.10.	29	04.03.-02.11.	241	I	II	II-105		
	<i>Amelanchier canadensis</i> (L.) Medic.	9, 144	22.04.-03.05.	11	07.06.-24.06.	17	22.03.-20.11.	244	I	I-II	II-105		
	<i>Quercus rubra</i> L.	3, 90	Not (10 years)	Not	Not	Not	15.04.-28.10.	195	I	II	III-82		
	<i>Quercus macrocarpa</i> Michx.	5, 195	Not (9 years)	Not	Not	Not	01.04.-04.12.	247	I	I-II	III-82		
	<i>Acer saccharum</i> Marsh.	11, 257	25.03.-10.04.	16	Not	Not	03.04.-28.10.	205	I-II	III	III-80		
	<i>Mahonia aguiifolium</i> Nutt.	6, 54	15.04.-15.05.	30	01.07.-10.07.	11	09.04.-20.10.	194	I	I-II	II-91		
	<i>Cladrastis lutea</i> (Mich.f.) C.Koch.	8, 165	05.06.-17.06.	12	Not	Not	12.04.-13.10.	184	I	I-II	II-95		
	<i>Amorpha frangrans</i> L.	25, 110	10.05.-08.06.	28	16.09.-05.10.	20	03.04.-18.11.	228	I	I-II	II-98		

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CP	<i>Diospyros virginiana</i> L.	33,160	02.07.-30.09.	90	28.10.-25.11.	28	07.04.-18.10.	196	I	I-II	II-98
	<i>Juglans cinerea</i> L.	10,119	30.04.-15.05.	16	25.08.-20.09.	25	10.04.-12.10.	186	I-II	III-II	III-83
	<i>Juglans nigra</i> L.	9,180	27.04.-13.05.	15	23.08.-18.09.	26	15.04.-23.10.	192	I-II	III-II	IV-73
	<i>Philadelphus hirsutus</i> Nutt.	9,141	26.05.-11.06.	17	12.09.-02.10.	20	01.04.-05.11.	219	I-II	II	IV-73
	<i>Ptelea serrata</i> Small.	15,168	22.05.-09.06.	15	05.09.-20.09.	15	03.04.-30.10.	210	I	I-II	III-90
	<i>Philadelphus lewisii</i> Pursh.	9,140	31.05.-11.06.	12	12.09.-05.10.	23	03.04.-08.11.	219	I-II	II	III-90
	<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.	30,500	08.04.-27.04.	19	23.09.-11.10.	18	03.04.-30.10.	211	I	II	I-110
	<i>Fraxinus acuminata</i> Lam.	9,3,7	18.03.-13.04.	25	13.09.-07.10.	25	25.03.-18.11.	236	I	II	I-106
	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	17,150	16.05.-07.06.	22	13.09.-27.09.	14	08.04.-30.10.	206	I	I-II	I-106
	<i>Amorpha schafraifolia</i> L.	16,200	18.05.-09.06.	21	16.09.-30.09.	15	09.04.-03.11.	208	I	I-II	I-106
	<i>Crataegus crus-galli</i> L.	4,157	21.05.-04.06.	11	07.10.-01.11.	24	10.04.-05.11.	209	I	I-II	II-105
	<i>Crataegus kellermanii</i> L.	9,185	07.05.-17.05.	11	03.10.-17.10.	14	07.04.-07.11.	214	I	I-II	I-110
	<i>Crataegus lanuginosa</i> Sarg.	4,188	19.05.-28.05.	10	05.10.-18.10.	13	06.04.-30.10.	207	I	III	II-98
CII	<i>Calycanthus occidentalis</i> Hook. et Arn.	12,155	25.05.-14.06	20	Not		07.04.-10.11	217	III	I-II	III-81
	<i>Gleditsia aguatrica</i> Marsh.	11,465	18.05.-27.05.	9	30.09.-17.10.	18	06.04.-20.10.	197	I	I-II	I-112
	<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	20,560	19.05.-30.05.	11	29.09.-18.10.	19	09.04.-19.10.	193	I	I-II	I-112
	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	29,620	20.05.-02.06.	13	28.08.-25.09.	28	10.04.-7.11.	210	I	I-II	I-110
	<i>Gymnocladus dioecus</i> (L.) C.Koch.	6,60	20.05.-28.05.	8	Not		22.04.-21.10.	182	I	I-II	III-83
	<i>Cercis canadensis</i> L.	6,115	25.04.-08.05.	13	07.07.-23.07.	16	07.04.-28.10.	204	I-II	III	III-85
	<i>Salix fragilis</i> L.	16,125	11.04.-23.04	12	Not		13.03.-21.10	223	I-II	III	III-83
	<i>Rhus toxicodendron</i> L.	8,71	15.04.-10.05	25	14.08.-06.09.	19	05.04.-05.11.	214	I	I-II	III-88
	<i>Rhus typhina</i> L.	30,170	17.04.-13.05.	26	18.08.-08.09.	20	05.04.-10.11.	224	I	I-II	II-103
	<i>Rhus trilobata</i> L.	12,173	16.04.-11.05.	25	16.08.-07.09.	21	05.04.-10.11.	224	I	I-II	II-97
	<i>Celtis occidentalis</i> L.	5,200	21.04.-30.04.	10	10.08.-23.08.	14	05.04.-07.11.	216	I-II	I-II	III-88
	<i>Catalpa speciosa</i> Warder.	32,520	30.05.-14.06.	15	10.10.-27.10.	17	17.04.-08.11.	205	I	III	II-100
	<i>Catalpa ovata</i> G.Don.	30,210	28.05.-11.06.	14	12.10.-30.10.	18	14.04.-10.11.	210	I	III	II-100
<i>Crataegus macracantha</i> Lodd.	16,218	21.05.-04.06.	13	07.10.-01.11.	24	03.04.-25.11.	236	I	II	II-102	
<i>Crataegus phaenopyrum</i> (L.) Medic.	7,148	02.06.-13.06.	11	08.10.-20.10.	122	30.03.-10.11.	244	I	I-II	II-105	
<i>Crataegus uniflora</i> L.	5,72	26.05.-08.06.	13	11.10.-07.11.	26	01.04.-27.11.	214	I	I-II	III-88	
<i>Cornus obliqua</i> Rag.	9,138	14.05.-01.06.	16	17.08.-04.09.	18	01.04.-12.11.	246	II	II-III	III-89	
<i>Cornus amomum</i> Mill	11,92	12.05.-27.05	15	10.08.-01.09	22	16.03.-11.11	240	I-II	II-III	II-98	
<i>Gleditsia texana</i> L.	50,600	17.05.-01.03	15	13.09.-04.10	22	01.04.-28.10	211	I	I	I-112	
<i>Platanus occidentalis</i> L.	16,355	22.05.-02.06.	11	23.10.-26.11	33	10.04.-16.11.	220	I	II	II-101	
<i>Maclura aurantiaca</i> Nutt.	20,400	17.05.-31.05.	14	01.11.-26.11.	25	10.04.-30.11.	224	I	I	I-112	
<i>Maclurapomifera</i> (Rag.) C.R. Schneid.	18,121	11.05.-25.05.	14	25.09.-27.10.	33	09.04.-3.12	238	I	I	I-112	
<i>Spiraea menziesii</i> Hook	7,65	18.014-05.05	17	25.07.-17.08	23	10.03.-25.11	259	II	II	II-104	
<i>Forestiera neo-mexicana</i> Gray.	10,300	15.04.-07.05.	37	19.08.-11.09.	23	02.04.-10.11.	222	I	II	II-105	

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
				<b>The Central Asia</b>									
PP	<i>Malus sieversii</i> (Ledeb.) M. Roem.	5, 650	23.04.-04.05.	12	20.06.-10.09	83	24.03.-18.10	196	I	III	II-100		
	<i>Cerasus frutescens</i> Pall.	8, 130	22.04.-02.05.	10	10.06.-30.06.	20	24.03.-15.10.	193	I	I-II	II-105		
	<i>Cerasus tianchanica</i> Pojark.	12, 170	19.04.-28.04.	9	06.06.-30.06.	24	23.03.-15.10.	194	I	I-II	II-104		
	<i>Caragana grandiflora</i> (Bieb.) DC. Prodr.	12, 110	17.04.-03.05.	16	29.04.-10.06.	40	26.03.-15.10	195	I	I	II-105		
	<i>Salix alba</i> L.	54, 510	19.03.-18.04.	30	21.05.-05.06.	15	25.02.-20.10.	233	I-II	I-II	II-93		
PC	<i>Berberis ilicifolia</i> M.Pop.	22, 110	02.05.-28.05.	26	15.07.-19.08.	35	24.03.-17.10	207	I	I-II	II-103		
	<i>Haloxylon aphyllum</i> (Minkm.) Ijtin.	23, 180	14.04.-10.05.	26	24.09.-25.10	31	14.03.-10.11	241	II	I	II-97		
	<i>Haloxylon persicum</i> Bunge.	24, 210	20.04.-10.05.	20	28.09.-26.10	28	16.03.-02.11	231	II	I	II-97		
	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	33, 370	15.05.-14.06.	29	5.08.-7.09.	32	29.03.-28.10	216	II	I	I-106		
	<i>Elaeagnus oxycarpa</i> Schlecht.	40, 580	12.05.-29.05.	17	08.09.-6.10.	28.	30.03.-30.10	216	II	I	I-106		
	<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch.	45, 210	11.05.-09.06.	29	13.09.-04.10.	21	18.03.-8.11.	234	I	II	I-112		
	<i>Halimodendron halodendron</i> (L.) Voss.	23, 160	10.05.-30.06.	50	1.07.19.07.	18	30.03.-30.10	215	I	I	II-105		
PII	<i>Acer semenovii</i> Rgl. et Herd.	28, 520	05.05.-26.05.	21	20.08.-10.09.	20	25.03.-23.11	243	I-II	I-II	I-106		
	<i>Berberis oblonga</i> (Regel) Schneid.	31, 160	01.05.-15.05.	16	30.08.-26.09.	26	18.03.-04.12.	261	I	I-II	II-103		
	<i>Berberis turcomanica</i> Karel.	14, 155	04.05.-17.05.	14	26.08.-28.09.	32	16.03.-04.12	263	II	I-II	II-100		
	<i>Berberis nummularia</i> Bge.	23, 150	07.05.-18.05.	12	23.08.-19.09.	36	24.03.-05.12	256	I	I-II	II-105		
	<i>Berberis karkarakiensis</i> Korn. et Potap.	18, 90	05.05.-22.05.	17	24.08.-27.09.	33	20.03.-10.12	266	I	I-II	II-103		
	<i>Lonicera karelinii</i> Bunge.	20, 270	28.04.-20.05.	24	21.06.-18.07.	28	12.03.-25.11.	258	I	I-II	II-103		
	<i>Lonicera korolkowii</i> Stapf.	19, 265	28.04.-15.05.	19	18.06.-16.07.	29	15.03.-17.11	247	I	I-II	II-103		
	<i>Lonicera lanata</i> Pojark.	13, 240	30.04.-25.05.	26	22.06.-18.07.	27	12.03.-07.12.	269	I	I-II	II-103		
	<i>Lonicera microphylla</i> Willd.	21, 465	28.04.-15.05.	18	12.06.-08.07.	27	10.03.-30.11.	265	I	I-II	II-103		
	<i>Lonicera tatarica</i> L.	19, 275	28.04.-20.05.	23	15.06.-12.07.	28	05.03.-29.11.	270	I	I-II	II-103		
	<i>Viburnum opulus</i> L.	13, 245	20.04.-10.05.	21	18.08.-01.09.	13	21.03.-26.11.	251	I	II	III-89		
	<i>Cornus meyeri</i> L.	8, 125	17.05.-30.05.	14	11.08.-29.08.	18	30.03.-30.11.	245	I	II-III	III-84		
	<i>Caragana aurantiaca</i> L.	12, 145	25.04.-17.05.	22	05.06.-16.06.	11	15.03.-29.11.	258	I	I	II-104		
	<i>Caragana turkestanica</i> Kom.	11, 300	20.04.-10.05.	21	10.06.-22.06.	12	21.03.-05.12	260	I	I-II	I-108		
	<i>Colutea paulsenii</i> Freyn et Sint.	14, 165	06.05.-25.05.	20	23.07.-18.07.	25	26.03.-19.11.	239	I	II	II-101		
	<i>Cotoneaster insignis</i> Pojark.	41, 205	07.05.-30.05.	24	11.09.-03.10.	22	21.03.-05.12.	260	I	I-II	I-112		
	<i>Cotoneaster multiflorus</i> Bunge.	42, 175	29.04.-21.05.	23	21.08.-26.09.	36	16.03.-06.12.	265	I	I-II	I-112		
	<i>Cotoneaster oliganthus</i> Pojark.	26, 160	10.05.-05.06.	25	23.07.-14.08.	20	15.03.-25.11.	255	I	I-II	I-112		
	<i>Cotoneaster pseudomultiflorus</i> M.Pop.	35, 170	06.05.-04.06.	28	19.08.-11.09.	23	24.03.-25.11.	249	I	I-II	I-112		
	<i>Cotoneaster racemiflorus</i> (Desf.) C.Koch.	20, 126	06.05.-05.06.	30	27.08.-20.09.	24	05.03.-23.11.	257	I	I-II	I-110		
	<i>Cotoneaster ignavus</i> C.Koch.	13, 120	11.05.-07.06.	27	17.08.-10.09.	23	16.03.-27.11	256	I	I-II	I-110		
	<i>Crataegus alma-atensis</i> A.Pojark.	12, 200	29.04.-15.05.	17	07.07.-11.09.	35	19.03.-25.11.	251	I	I-II	I-110		

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПП	<i>Crataegus transcaspica</i> Pojark.	29, 260	06.05.-26.05.	20	05.08.-27.08.	22	27.03.-30.11.	248	I	I	I-110
	<i>Populus diversifolia</i> Schrenk.	47, 650	7.04.-8.05.	31	14.05.-20.06.	35	15.03.-10.11.	241	I	I-II	I-106
	<i>Populus bolleana</i> Lauche.	48, 900	20.03.-13.04.	30	09.04.-25.04.	16	19.02.-15.11.	264	I	II	I-106
	<i>Populus alba</i> L.	47, 660	20.03.-18.04.	29	Not		19.02.-10.11.	263	II	II	II-98
	<i>Rosa beggeriana</i> Schrenk	28, 195	10.05.-07.06.	27	13.08.-15.09.	32	14.03.-28.11.	259	I	I-II	I-113
СР	<i>Armeniaca vulgaris</i> L.	9, 350	08.04.-28.04.	20	8.06.-15.07.	38	01.04.-30.09.	189	I	I-II	I-110
	<i>Amygdalus communis</i> L.	12, 240	03.04.-20.04.	17	25.07.-20.08.	27	01.04.-20.10.	214	I	I-II	I-108
	<i>Pyrus tadchikistanica</i> Zapr.	22, 270	19.04.-02.05.	13	20.08.-30.09.	40	04.04.-15.10.	225	I	III	II-98
	<i>Morus nigra</i> L.	39, 400	03.05.-08.05.	15	10.05.-20.06.	30	18.04.-01.11.	198	I	I-II	I-112
	<i>Nitraria schoberi</i> L.	43, 150	16.05.-14.06.	28	10.06.-18.07.	38	3.04.-20.10.	201	I	I	I-112
СШ	<i>Koelreuteria apiculata</i> Rehd et Wils.	22, 390	13.06.-02.07	20	03.08.-01.09	29	26.03.-08.11	225	II	I-II	I-112
	<i>Koelreuteria bipinnata</i> Franch.	25, 760	08.06.-09.06	29	06.08.-26.08	20	24.03.-07.11	223	II	I-II	I-115
	<i>Rhamnus sintonisii</i> Rech.	21, 140	10.05.-24.05.	15	1.06.-25.08.	55	27.03.-8.10	197	I	I	II-102
	<i>Crataegus turkestanica</i> L.	8, 165	08.05.-26.05.	18	12.09.-07.10.	25	10.04.-4.11.	201	I	I-II	I-108
	<i>Cydonia oblonga</i> Mill.	18, 350	24.04.-11.05.	17	10.07.-25.10.	105	06.04.-23.10.	201	I	I-II	I-115
	<i>Prunus spinosa</i> L.	7, 185	15.04.-23.04.	9	26.05.-10.07.	65	30.03.-09.10.	195	I	I-II	II-100
	<i>Fraxinus sogdiana</i> Bunge.	22, 700	27.03.-15.04.	19	16.09.-08.10.	22	04.04.-12.11.	222	I	I-II	I-112
	<i>Fraxinus syriaca</i> Boiss.	21, 380	30.03.-15.04.	16	17.09.-11.10	24	03.04.-12.11.	221	I	I-II	II-105
	<i>Mespilus germanica</i> L.	9, 210	06.05.-25.05.	20	26.10.-18.11.	23	03.04.-23.11.	234	I	I-II	II-105
	<i>Paliturus spina-christi</i> Mill.	11, 165	21.05.-10.06.	21	02.08.-27.08.	25	30.03.-20.11	236	I	I-II	II-101
	<i>Rhamnus arguta</i> Maxim.	12, 140	30.04.-12.05.	13	26.07.-20.08.	25	29.03.-17.11.	234	I	I-II	II-102
	<i>Rhamnus dolicoxylla</i> L.	13, 220	05.05.-16.05.	11	28.07.-19.08.	22	27.03.-20.11.	237	I	I-II	II-102
<b>The Eastern Asia</b>											
PP	<i>Berberis amurensis</i> Rupr.	23, 130	01.05.-16.05.	16	26.08.-25.09.	30	13.03.-12.10.	212	I	I-II	II-103
	<i>Berberis bretschneideri</i> Rehd.	28, 110	25.04.-14.05.	20	27.08.-01.10.	35	07.03.-23.10.	229	I	I-II	II-103
	<i>Berberis koreana</i> Palib.	22, 115	02.05.-15.05.	13	21.08.-01.09.	11	09.03.-22.10	227	I	I-II	II-101
	<i>Berberis poiretii</i> Schneid.	25, 90	02.05.-15.05.	13	25.08.-28.09.	30	13.03.-23.10.	231	I	I-II	II-103
	<i>Lonicera maackii</i> Rupr.	11, 201	11.05.-28.05.	17	05.07.-28.07.	23	22.02.-01.10	220	I	I-II	II-103
	<i>Euonymusbungeana</i> Maxim.	19, 260	10.05.-11.06.	31	19.09.-11.10.	22	05.03.-11.10	220	I-II	I-II	II-103
	<i>Euonymusjaponica</i> Mig.	18, 160	23.06.-13.07.	21	22.10.-18.11.	27	07.03.-03.10	210	III	II-III	III-76
	<i>Euonymusoxyphylla</i> Mig.	18, 185	30.04.-19.05.	20	13.09.-05.10	22	11.03.-15.10.	218	I	II	II-105
	<i>Euonymus maackii</i> Rupr.	20, 260	10.05.-12.06.	32	19.09.-12.10.	23	05.03.-15.10.	224	I-II	I-II	II-103
	<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh.	4, 470	23.04.-07.05.	14	20.06.-15.09.	55	22.03.-15.10.	209	I	I-II	I-106
	<i>Malus floribunda</i> Siebold.	38, 420	21.04.-12.05.	21	27.05.-10.09.	103	29.03.-22.10.	209	I	I-II	II-96
	<i>Malus halliana</i> Koehne.	18, 330	30.04.-12.05.	13	18.06.-20.09.	94	28.03.-05.10.	193	I	I-II	III-88
<i>Malus manshurica</i> (Maxim.) Komar.	10, 520	24.04.-07.05.	13	10.06.-25.09.	105	16.03.-23.10.	220	I	I-II	III-88	
<i>Malus sargentii</i> Rehder.	9, 230	14.04.-11.05.	27	28.05.-10.09.	105	27.03.-16.10.	204	I	I-II	II-96	

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PP	<i>Malus sikkimensis</i> (Wenz.) Koehne.	10, 180	04.05.-16.05.	12	25.06.-15.09.	84	30.03.-15.10.	202	I	I-II	II-96
	<i>Malus sylvestris</i> (L.) Mill.	10, 260	28.04.-08.05.	10	16.06.-12.09.	86	30.04.-13.10.	198	I	I-II	III-88
	<i>Malus zumi</i> (Matsum.) Rehdert.	1,5, 350	30.04.-10.05.	11	26.05.-02.09.	96	29.03.-20.10.	203	I	I-II	II-96
	<i>Pyrus serotina</i> Rehdert.	16, 350	16.04.-06.05.	20	28.05.-10.09.	102	27.03.-08.10.	196	I	I-II	II-103
	<i>Sorbus sibirica</i> L.	27, 325	02.05.-13.05.	11	27.08.-17.10.	51	15.03.-18.10.	218	I	II	II-96
	<i>Salix dasyclados</i> Wimm.	16, 310	15.03.-27.03.	12	11.04.-23.05.	43	07.03.-22.10.	227	I	II	III-90
	<i>Berberis regeliana</i> Koehne ex Schneid.	21, 88	30.04.-18.05.	19	20.08.-03.09.	14	07.03.-25.10.	232	I	I-II	II-103
	<i>Berberis jamesiana</i> Forrest et w. Sm.	20, 80	28.04.-17.05.	16	26.08.-02.10.	36	05.03.-25.10.	234	I	I-II	II-103
	<i>Berberis sieboldii</i> Mig.	18, 115	27.04.-15.05.	19	24.08.-11.09.	18	17.03.-25.10.	223	I	I-II	II-101
	<i>Berberis thunbergii</i> DC.	27, 210	25.04.-12.05.	18	01.09.-02.10.	32	03.03.-22.10.	235	I	I-II	II-103
	<i>Cornus alba</i> L.	10, 115	12.05.-27.05.	15	09.08.-12.10.	23	05.03.-25.10.	234	I-II	I-II	III-89
	<i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.	27, 110	21.04.-12.05.	21	21.08.-19.09.	28	04.03.-30.10.	239	I	I-II	II-101
	<i>Gleditsia japonica</i> Mig.	24, 250	Not	Not	Not	Not	06.04.-03.11.	212	I	I-II	III-88
	<i>Forsythia ovata</i> Nakai.	15, 155	18.03.-10.04.	23	26.08.-09.10.	44	19.03.-07.11.	229	I	I-II	II-101
	<i>Ligustrum japonicum</i> L.	39, 205	20.05.-03.06.	14	26.09.-22.10.	27	27.02.-28.10.	239	I	I-II	II-96
	<i>Ligustrum tshonoskii</i> Decne.	9, 135	15.05.-02.06.	18	18.10.-04.11.	26	27.02.-06.11.	247	I	II	II-104
	<i>Malus hupehensis</i> (Pamp.) Rehdert.	13, 280	24.04.-08.05.	14	09.06.-20.09.	101	24.03.-25.10.	216	I-II	I-II	II-105
<i>Padus grayana</i> Schneid.	19, 350	15.04.-29.04.	14	19.06.-05.07.	17	02.03.-28.10.	239	I-II	I-II	II-105	
<i>Padus asiatica</i> Kom.	33, 300	09.04.-28.04.	19	16.07.-09.08.	24	10.03.-27.10.	231	I	II - III	II-105	
<i>Padus davurica</i> L.	12, 150	08.04.-23.04.	15	08.06.-06.07.	28	27.02.-26.10.	241	I	II - III	II-105	
<i>Koeleria paniculata</i> Laxm.	14, 225	11.06.-01.07.	20	06.08.-27.08.	21	24.03.-09.11.	226	I	I-II	I-115	
<i>Hemiptella davidii</i> (Hance) Planch.	20, 250	05.05.-17.05.	12	20.07.-29.08.	39	21.03.-30.10.	224	I	I	I-112	
<i>Rhamnus ussuriensis</i> Ja Vassil.	8, 115	02.05.-17.05.	15	22.07.-18.08.	26	15.03.-04.11.	233	I	II	II-102	
<i>Salix rorida</i> Laksch.	21, 180	14.04.-27.04.	13	25.05.-09.06.	15	18.03.-29.10.	223	I	II - III	III-83	
PII	<i>Acer truncatum</i> Bunge.	12, 275	Not	Not	Not	Not	17.03.-15.11.	243	I-II	III	III-79
	<i>Acer ginnala</i> Maxim.	15, 185	28.04.-13.05.	16	21.07.-17.08.	27	20.03.-10.11.	232	I	I-II	I-106
	<i>Acer pictum</i> Thunb.	13, 250	Not	Not	Not	Not	19.03.-25.11.	251	I	III	III-77
	<i>Berberis souliana</i> L.	2, 95	10.04.-01.05.	21	02.10.-05.11.	33	05.03.-23.11.	263	I	I-II	III-74
	<i>Crataegus chlorosarca</i> Maxim.	18, 330	23.04.-10.05.	17	19.07.-04.08.	15	01.03.-14.11.	257	II	II - III	II-105
	<i>Lonicera edulis</i> Turcz. ex Freyn.	20, 270	20.04.-18.05.	29	13.06.-09.07.	27	20.02.-18.12.	298	I	I-II	II-103
	<i>Lonicera ruprechtiana</i> Regel et Herd.	19, 260	20.04.-17.05.	27	13.06.-05.07.	23	20.02.-21.11.	270	I	I-II	II-103
	<i>Viburnum burejaticum</i> Regel et Herd.	10, 195	17.04.-05.05.	18	14.08.-06.09.	23	15.03.-25.11.	254	I	II - III	III-83
	<i>Sophora japonica</i> L.	26, 490	18.07.-08.08.	21	15.10.-18.11.	34	26.03.-16.11.	233	I	I-II	I-112
	<i>Ligustrina pekinensis</i> Rupr.	11, 265	15.05.-06.06.	12	23.09.-21.10.	29	15.03.-15.11.	245	I	I-II	II-103
	<i>Physocarpus amurensis</i> Maxim.	13, 190	08.05.-20.05.	12	13.08.-01.09.	18	09.03.-11.11.	230	I	I-II	II-101
	<i>Spiraea japonica</i> L.	11, 80	10.06.-15.07.	35	21.08.-04.09.	15	03.03.-02.12.	270	I	I-II	II-99
	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swinge.	43, 520	01.06.-22.06.	22	25.08.-19.09	25	23.03.-21.12.	271	I	I-II	I-110

End of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПП	<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	18, 165	02.05.-26.05.	24	08.08.-08.09.	30	10.03.-20.11.	252	I	I-II	I-110
	<i>Rosa ussuriensis</i> L.	37, 135	11.05.-30.05.	19	03.09.-01.10.	28	04.03.-01.12	269	I	I-II	I-112
СР	<i>Tilia ledebouriana</i> L.	4,5, 230	09.06.-22.06.	13	08.08.-30.08.	22	01.04.-18.10	202	I	III	II-103
	<i>Tilia mongolica</i> L.	5,5, 210	06.06.-20.06.	14	24.07.-20.08.	27	01.04.-05.10	188	I	III	II-103
	<i>Pyrus lindleyi</i> Rehder.	13, 350	19.04.-04.05.	15	30.05.-20.09.	111	07.04.-5.10.	183	I	III	II-98
	<i>Fraxinus rhyncophylla</i> Hance.	11, 180	Not		Not		03.04.-23.10.	205	I	III	III-79
СС	<i>Pyrus bretschnideri</i> Rehder.	15, 480	10.04.-04.05.	24	25.05.-20.09.	115	06.04.-24.10.	206	I	I-II	II-93
	<i>Fontanesia fortunei</i> Carr.	22, 260	09.05.-04.06.	25	26.09.-30.10.	35	01.04.-10.11.	223	I-II	I-II	II-105
	<i>Ulmus pumila</i> L.	42, 650	10.04.-25.04.	15	25.04.-10.05.	16	30.03.-29.10.	214	I	I	I-115
СШ	<i>Gleditschia caspica</i> Desf.	26, 500	18.05.-02.06	14	12.09.-05.10	23	04.04.-30.10	240	I-II	I-II	I-112
	<i>Zizyphus jujuba</i> Mill.	16,320	03.06.-03.07	31	27.08.-30.09	34	15.04.-29.11	228	I-II	I-II	I-112

During observations of plant growth and development in the conditions of the Mangyshlak Experimental Botanical Garden, it was established that the beginning of plant vegetation depends on weather conditions. The considered introducents of deciduous dendroflora are conditionally divided into pheno groups by the dates of onset and termination of vegetation. The studied introducents according to the development dates from the beginning of swelling to the onset of mass leaf fall according to the method of S.N. Makarov [16], with some changes in local natural conditions introduced into the culture, were divided into 6 pheno groups. Under the conditions of Mangyshlak, introducents quite early begin vegetation. Those who began growing from the end of February to March 30 are classified as early; from April as secondary; from May as late. Accordingly, introducents, whose end of vegetation is noted until October, 20, are considered as early; from October, 25 to November, 10 — as average; after November, 10 — as late.

Phenogroup PP has 5 species of the North American (*Acer negundo*, *Crataegus rivularis*, *Padus serotina*, *Padus virginiana*, *Quercus imbricaria*) and the Central Asian (*Malus sieversii*, *Cerasus fruticosa*, *C.tianschanica*, *Caragana fruticosa*, *Salix alba*) — 2.73 %; from the Eastern Asia — 20 species (species from genera *Berberis*, *Malus*, *Euonymus*, also *Lonicera maackii*, *Pyrus serotina*, *Sorbus sibirica*, *Salix dasyclados*) — 10.9 % of total number of the studied introduced species. The age of plants is 15–26 years, which is quite enough to determine the success of plants in introduction. All of them are characterized by the rapid end of the growth of shoots and their complete dressing. The average vegetation duration is 185–231 days. All species are winter-resistant; belong to the first and second groups of perspectives. Some species from the genera *Padus*, *Malus* and *Salix dasyclados*, due to poor drought resistance, belong to the third perspective groups. Introduced plants this group annually give a good increase in shoots — 12–45 cm; full-fledged seed products. In culture, it is very well propagated by seeds of local reproduction *Acer negundo*, which is successfully used in green building.

Fenogroup PC has 31 species, from them the North American 6 species (*Crataegus combia*, *Crataegus punctata*, *Physocarpus opulifolius*, *Sambucus canadensis*, *Viburnum trilobum*, *Quercus borealis*), the Central Asian 7 species (*Berberis iliensis*, *Cotoneaster melanocarpus*, *Halimodendron halodendron*, by 2 species from genera *Haloxyton* and *Elaeagnus*); the Eastern Asian 18 species (*Cornus alba*, *Cotoneaster lucidus*, *Gleditsia japonica*, *Forsythia ovata*, *Malus hupehensis*, *Koelreuteria paniculata*, *Hemiptella davidii*, *Rhamnus ussuriensis*, *Salix rorida*, 3 species from genus *Berberis* and *Padus*, 2 species of genus *Ligustrum*) — 16 % from common species composition. Plants are characterized by a timely end to the growth of shoots, giving an annual average shooting ability of 5–45 cm, an increase in the main shoots and complete lignification. All species are characterized by the beginning of vegetation on an equal footing with the first group, but the end is slightly later. Plants bloom stably and bear fruit, except for the Eastern Asian species *Gleditsia japonica*. The average duration of flowering and fruiting for the most introducents is 10–35 days; the vegetation duration is 216–247 days. The most species of this group (70 %) do not freeze, only for the Northern American, as *Sambucus canadensis*, *Physocarpus opulifolius* in the cold winter years there is a freezing of 50 % of the shoots of annual growth. In summertime from this group at the Northern American species (*Crataegus punctata*, *Physocarpus opulifolius*, *Sambucus Canadensis* and *Viburnum trilobatum*) and the Eastern Asian one species (*Cornus alba*) partially burn leaves and some loss of turgor of leaves is observed.

According to the perspective, plants from this group are assigned to 2 and 3 prospect groups, except for the North American species *Crataegus combia*, the Central Asian species *Elaeagnus angustifolia*, *Elaeagnus oxycarpa*, *Cotoneaster melanocarpus* and the Eastern Asian species *Koelreuteria paniculata*, which belong to the 1<sup>st</sup> group.

Phenogroup PII has 53 species, among them 11 taxa are the Northern American (*Zanthoxylum simulans*, *Symphoricarpos orbiculatus*, *S. occidentalis*, *S. microphyllus*, *S. albus*, *Rosa woodsii*, *R. californica*, *R. blanda*, *Crataegus collina*, *Cr. aestivalis*, *Amelanchier canadensis*); the Central Asian are 27 taxa (*Acer semenovii*, *Cornus meyeri*, *Colutea paulsenii*, 2 species of genus *Caragana*, 4 species of genus *Berberis*, 5 species of genus *Lonicera*, 6 species of genus *Cotoneaster*, *Crataegus alma-atensis*, *C.transcaspica*, *Populus alba*, *P.bolleana*, *P.diversifolia*, *Rosa beggeriana*); the Eastern Asian are 15 species (*Ailanthus altissima*, *Berberis souliana*, *Crataegus chlorosarca*, *Viburnum burejaticum*, *Sophora japonica*, *Ligustrina pekinensis*, *Physocarpus amurensis*, *Spiraea japonica*, 3 species of *Acer*, 2 species of *Lonicera* and *Rosa*) — 28 %.

Vegetation duration is 230–270 days. The growth of plant shoots lasts longer, but the timing of shoots growth does not differ from the average dates for Mangyshlak. Despite the late end of vegetation, plants from these groups are mostly winter-resistant, slight freezing of annual shoots is noted in species from the genera *Rosa*, *Symphoricarpos*, *Berberis*, *Lonicera* and *Cornus meyeri*. Every year they give an outgrowth of



shoots of 7–29 cm, only in the Central Asian species *Populus alba*, *Populus bolleana*, *P. diversifolia* and the Eastern Asian species *Ailanthus altissima*, the annual increase is 43–48 cm. Introduced plants from this group give full seeds. So, *Ailanthus altissima* is very well propagated by seeds of local reproduction, gives self-seeds, also it is successfully used in green building. Most plants from this group are mainly shrubs; belong to the 1–2 perspective groups. Plants from this group can freeze slightly, drought-resistant, flowering duration is 10–66 days, almost all species bear fruit. But, despite 25 years of age, the Eastern Asian species *Acer truncatum*, *Acer pictum* in Mangyshlak do not bloom and do not bear fruit.

Phenogroup CP has 17 species, among them the Northern American 10 species (*Acer saccharum*, *Mahonia aguifolium*, *Cladrastis lutea*, *Quercus gambelii*, *Quercus rubra*, *Quercus macrocarpa*, *Juglans cinerea*, *J. nigra*, *Amorpha frangrans*, *Diospyros virginiana*), the Central Asian (*Armeniaca vulgaris*, *Amygdalus communis*, *Pyrus tadchikistanica*) and the Eastern Asian (*Tilia ledebouriana*, *Tilia mongolica*, *Pyrus lindleyi*, *Fraxinus rhyncophylla*) — 9 %. The average vegetation duration is 173–225 days. Among taxa, the North American species *Acer saccharum* singly blooms, but does not bear fruit, and 3 species (*Quercus gambelii*, *Quercus rubra*, *Quercus macrocarpa*) have not reached the age of the generative phase, do not bloom, and accordingly do not bear fruit. The North American species *Cladrastis lutea* flower, but does not bear fruit. The Eastern Asian species *Fraxinus rhyncophylla*, despite its full age (more than 30 years in culture) does not bloom and does not bear fruit. Species of the genus *Juglans* and *Tilia* burn strongly in the summer and most leaves and young shoots lose turgor, and in other species only in the afternoon there is some loss of turgor leaves. All species of this group have low self-educational ability (annual increases in shoots are 5–13 cm).

By parameters of perspective, the Northern American species are mainly assigned to 2<sup>nd</sup> group. The absence of flowering and fruiting of *Acer saccharum* and 3 species of *Quercus*, despite their high winter resistance, attributed them to the 3 perspective group (less promising); and *Juglans cinerea*, *J. nigra* — to the 4<sup>th</sup> perspective group (little promising). The Eastern Asian species were assigned to the 2<sup>nd</sup> perspective group, excepting *Fraxinus rhyncophylla*, which belongs to the 3<sup>rd</sup> perspective group. The Central Asian species (*Armeniaca vulgaris*, *Amygdalus communis*) are very promising, reproduce well with seeds, give self-settling, and are successfully used in landscaping.

The CC phenogroup has 28 species (the Northern American — 17 species: *Ptelea serrata*, *Philadelphus hirsutus*, *Ph. lewisii*, *Fraxinus lanceolata*, *F. acuminata*, *Salix fragilis*, *Amorpha fruticosa*, *A. schafranifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Crataegus crus-galli*, *Crataegus kellermanii*, *C. lanuginosae*, *Gleditsia aquatica*, *G. triacanthos*, *Gymnocladus dioecus*, *Cercis canadensis*, *Calycanthus occidentalis*; the Central Asian — 8 species: *Morus nigra*, *Cr. turkestanica*, *Cydonia oblonga*, *Koelreuteria apiculata*, *K. bipinnata*, *Prunus spinosa*, *Nitraria schoberi*, *Rhamnus sintonensis*; the Eastern Asian — 3 species: *Pyrus bretschneideri*, *Fontanesia fortunei*, *Ulmus pumila*) — 3 %.

Plants from this group begin and end vegetation in the average period with a vegetation duration of 182–223 days, with complete blanketing of shoots, frost is not observed. Plants of all species retain their inherent form of growth, have an average shoot-formed ability (5–15 cm); excepting the Northern American species — *Gleditsia triacanthos* (30 cm), *Robinia pseudoacacia* (29 cm), *Fraxinus lanceolata* (20 cm) and *Koelreuteria apiculata* (35 cm); the Eastern Asian species *Ulmus pumila* (42 cm), which have a high shoot-formed ability, annually give full seeds. Local reproduction plants are obtained from seeds, which are successfully used in landscaping. The drought resistance of the most promising species from the CC pheno group is 1 and 2 points, with the exception of some (*Crataegus lanuginosae*, *Cercis canadensis*, *Salix fragilis* — 3 points). Most plants mainly belong to the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> group of plant prospects, except for 2 species of the genus *Philadelphus* and species *Cercis canadensis* (not drought resistant), *Gymnocladus dioecus*, *Salix fragilis* and *Calycanthus occidentalis* (only bloom, but do not bear fruit), therefore belong to 3<sup>rd</sup>. In the Eastern Asian species *Ulmus pumila* in recent years, in early July, leaves are damaged by pests (ilm leaf). This species, despite the very high drought resistance, is assigned to the 2<sup>nd</sup> perspective group.

Phenogroup CII has 25 species (the Northern American — 17 species: *Rhus toxecodendron*, *Rh. typhina*, *Rh. trilobata*, *Celtis occidentalis*, *Catalpa speciosa*, *Crataegus macracantha*, *Cr. phaenopyrum*, *Cr. uniflora*, *Cornus obliqua*, *Maclura aurantiaca*, *M. pomifera*, *Forestiera neo-mexicana*, *Platanus occidentalis*, *Gleditsia texana*, *Cornus amomum*, *Padus serotina*, *S. menziesii*; the Central Asian: *Fraxinus sogdiana*, *Fraxinus syriaca*, *Mespilus germanica*, *Paliurus spina-christi*, *Rhamnus arguta*, *Rhamnus dolichophylla*; the Eastern Asian species: *Gleditschia caspica*, *Zizyphus jujuba*) — 13 %.

The duration of vegetation is 204–246 days, with an average vegetation onset, a late end, almost before frosts (December) and a later change in leaf color and leaf fall. Plants of all species of this group have low

(5–10 cm) and medium (12–25 cm) shoot-forming ability, only 2 species of the genus *Catalpa*, species of *Cotoneaster*, *Rhus typhina*, the Central Asian species *Fraxinus sogdiana* and the Eastern Asian species *Gleditschia caspica* have high shoot-forming ability (25–32 cm). Basically, the tops of annual shoots freeze slightly in plants of this group, except *Rhus typhina* and *Cornus obliqua*, in which 50 % of the ends of annual, biennial and older shoots freeze in cold winters. Plants of this group are mainly drought-resistant, with the exception of species from the genus *Catalpa*, which in hot, dry summers the leaves burn up and lose turgor, but, with a decline in high temperatures, they recover. Plants from this pheno group mainly belong to 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> perspective groups.

The highest indicators (106–112 points) scored species of the most promising group: taxa of the Northern American flora (*Acer negundo*, *Gleditsia triacanthos*, *Robinia pseudoacacia*, *Fraxinus lanceolata* and species of genus *Lonicera*, *Rosa*, *Amorpha*, *Crataegus*); the Central Asian flora species (*Acer semenovii*, *Armeniaca vulgaris*, *Amygdalus communis*, *Berberis iliensis*, *B.oblonga*, *Morus nigra*, *Nitraria schoberi*, *Koelreuteria apiculata*, *K.bipinnata*, *Fraxinus sogdiana*, *Populus diversifolia*); species from the Eastern Asian flora (*Acer ginnala*, *Ailanthus altissima*, *Malus baccata*, *Koelreuteria paniculata*, *Hemiptella davidii*, *Sophora japonica*, *Spiraea japonica*, *Rosa rugosa*, *Zizyphus jujube*).

### Conclusion

The dynamics of the development of introduced plants varies significantly depending on climatic factors. A comparative analysis of phenological observations made it possible to establish some differences, which are expressed in the change in the timing of the onset of individual phenophases and a significant reduction in their duration. So, for cold spring and humid, moderately hot summer growing periods, later (from the second decade of March) extended onset dates (until the third decade of November) and the duration of phenophases are characteristic. In warm spring, arid and hot summer years, phenophases are more compressed (from the 3<sup>rd</sup> decade of February to the 1<sup>st</sup> decade of November). The difference in the timing of the beginning of vegetation is 5–10 days, flowering and fruiting — up to 15–20 days. The intensive growth of shoots of woody plants begins from the 1st decade to the 3rd decade of April; the earliest start date of the phase was noted in March, before the onset of summer extremely high temperatures, the most recent — at the end of June, growth lasts until June-August. Flowering in different species begins from the 2nd decade of April to the 3rd decade of May, on average for 10–25 days. Extreme flowering dates are at the beginning of March and the end of June. The beginning of ripening of fruits is noted from July to the 1st decade of November with a difference of 45–50 days between species. The beginning of the leaf fall begins in mid-September, the end of the leaf fall — from November 15 to 20 with a difference between species of 15–20 days.

Among 183 deciduous woody plants, which have undergone introduction tests, 52 species (28.96 %) belong to the first group (the highest) of perspective (among them the Northern American — 16 taxa, the Central Asian — 25 taxa, the Eastern Asian — 11 taxa); 95 species (54.1 %) — to the second group (high) of perspective (among them the North American — 28 taxa, the Central Asian — 29 taxa, the Eastern Asian — 38 taxa); 34 species (16.9 %) are assigned to the 3 group (average) of prospects (among them the Northern American — 20 taxa, the Central Asian — 2 taxa, the East Asian — 12 taxa); 2 Northern American species (6.6 %) — to the fourth (low) group. According to the vegetation dates, there was an increase in plant prospects in Mangyshlak conditions for pheno groups from PP to PII, a decline in CP and an increase in CC; flowering and fruiting of most species indicates the success of their introduction and high prospects for further use.

For form an electronic DB developed by the Mangyshlak Experimental Botanical Garden, the computer program «DInCeR» introduces information on biology and ecology, registration number, year of involvement, donor-organization, type of reproductive material, number of copies, occupied area. The specified computer program on indicators «Stability,» «Decoration,» «Reproducibility» and «Application» using the regional scale on collectible tree species diagnoses the introductive value of plants [17].

### Acknowledgements

The work was carried out with the support of the state grant of the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (AP05130997) «Study of the features of the adaptation reaction of plants to the limit factors of the habitat in the arid conditions of the Mangystau desert as the scientific and theoretical basis for their conservation and rational use ex situ».

## References

- 1 Иманбаева А.А. Древесные растения Мангышлакского экспериментального ботанического сада. 40 лет интродукции / А.А. Иманбаева, О.Н. Косарева, А.Т. Туякова. — Актау, 2012. — 244 с.
- 2 Иманбаева А.А. Особенности роста и развития инорайонных лиственных древесных растений в аридных условиях Мангышлака / А.А. Иманбаева // Плодоводство и ягодоводство России. — 2017. — Т. 51. — С. 146–154.
- 3 Методики фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Методики интродукционных исследований в Казахстане. — Алма-Ата: Наука, 1987. — С. 4–35.
- 4 Пятницкий С.С. Практикум по лесной селекции / С.С. Пятницкий. — М., 1961. — 271 с.
- 5 Лапин П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. — М.: ГБС АН СССР, 1973. — С. 6–67.
- 6 Косаев М.Н. Оценка перспективности интродукции древесных растений / М.Н. Косаев // Методики интродукционных исследований в Казахстане. — Алма-Ата, 1987. — С. 37–45.
- 7 Байтуллин И.О. Теоретические основы и методические подходы к интродукции растений в регионы с экстремальными климатическими условиями / И.О. Байтуллин // Изв. НАН РК. Сер. биол. и мед. — 2010. — № 2(278). — С. 18–25.
- 8 Рубаник В.Г. Интродукция североамериканских растений на юге-востоке Казахстана / В.Г. Рубаник, И.Н. Солонинова. — Алма-Ата: Наука, 1989. — 172 с.
- 9 Культиасов М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений / М.В. Культиасов // Бюлл. Гл. бот. сада. — 1953. — Вып. 53. — С. 15–41.
- 10 Петрова И.П. Интродукция древесных растений Средней Азии в Москве / И.П. Петрова. — М.: Наука, 1978. — 154 с.
- 11 Вавилов Н.И. Пять континентов / Н.И. Вавилов. — М.: Мысль, 1987. — 348 с.
- 12 Жуковский П.М. Культурные растения и их сородичи. Систематика, география, цитогенетика, экология, происхождение, использование / П.М. Жуковский. — Л.: Колос, 1971. — 752 с.
- 13 Гончаров Н.П. Центры происхождения культурных растений / Н.П. Гончаров // Вестн. ВОГиС. — 2007. — Т. 11, № 3/4. — С. 561–574.
- 14 Лапин П.И. Сезонный ритм развития древесных растений и его значения для интродукции / П.И. Лапин // Бюлл. Гл. бот. сада. — 1967. — Вып. 65. — С. 13–18.
- 15 Щербацевич В.Д. Фенологические группы североамериканских лиственных деревьев и кустарников / В.Д. Щербацевич // Опыт интродукции древесных растений. — М.: ГБС АН СССР, 1973. — С. 125–152.
- 16 Imanbayeva A.A. Diagnostics of introduction value of herbs of natural flora in the conditions of Mangystau / A.A. Imanbayeva, I.F. Belozеров, M.Yu. Ishmuratova // Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography. — 2018. — № 4/92. — P. 54–58.
- 17 Imanbayeva A.A. Formation of the electronic database of the collection gene fund of the Mangyshlak experimental botanical garden / A.A. Imanbayeva, I.F. Belozеров // EurAsian Journal of BioSciences. — 2019. — Vol. 13, № 2. — P. 1405–1410.

A.A. Иманбаева

### Маңғыстаудың аридті жағдайында ағаш тектес өсімдіктерін интродукциялаудың перспективасын бағалау

Ағаш өсімдіктерінің перспективалы және тұрақты таксондарын интродукциялық зерттеу және анықтау Қазақстанның жасыл құрылысы мен сәндік бағбандылығы үшін маңызды қолданбалы мәнге ие. Жергілікті флораның төтенше жағдайлары мен ағаш өсімдіктерінің тапшылығымен ерекшеленетін арид жағдайлары үшін тұрақты дақылдарды таңдау маңызды. Мақалада өсімдіктердің маусымдық өсу ырғағы мен дамуын зерттеу бойынша деректер берілген, олар вегетацияның басталу мерзімдерінің өзгеруінен (5–10 күн), гүлдену және жеміс беру (15–20 күн) мен олардың ұзақтығының қысқаруының өзгерісін көрсетті. Маңгышлақтың аридті жағдайында вегетация мерзімі бойынша ЕЕ-ден (вегетацияның ерте басталуы және ерте аяқталуы) ЕК-ке (вегетацияның ерте басталуы және кеш аяқталуы) дейін фенотоптар бойынша өсімдіктердің перспективалық сандарының өсуі, ОЕ-ден (вегетацияның орта басталуы және ерте аяқталуы) құлдырау мен ОО-дан (вегетацияның орта басталуы және орта аяқталуы) өсуі байқалады. 183 интродуценттерінің ішінен 52-і таксонды перспективалықтың бірінші тобына (жоғары), 95-і — екінші топқа (жоғары), 34-і — үшінші топқа (орташа) және 2-і — төртінші топқа (төменге) жатады, бұл өсімдіктер интродукциясының сәттілігін және оларды одан әрі қолданудың перспективалылығын көрсетті. Коллекциядағы ағаш тектес өсімдіктер бойынша Маңгышлақ эксперименталдық ботаникалық бағы әзірлеген «DInCeR» компьютерлік бағдарламасында электрондық деректер базасы қалыптастырылуда.

*Кілт сөздер:* Маңгыстау, аридті жағдайлар, интродукция, ағаш өсімдіктері, фенология, өсуі мен дамуы, перспективасы.

А.А. Иманбаева

## Оценка перспективности интродукции древесных растений в аридных условиях Мангистау

Интродукционное изучение и выявление перспективных и устойчивых таксонов древесных растений имеет важное прикладное значение для зеленого строительства и декоративного садоводства Казахстана. Важное место занимает выбор устойчивых культур для аридных условий, отличающихся экстремальными условиями и дефицитом древесных растений местной флоры. В статье представлены результаты по исследованию ритмов сезонного роста и развития растений. Установлены различия, которые выражаются в изменении сроков наступления начала вегетации (5–10 дней), цветения и плодоношения (15–20 дней) и сокращении их продолжительности. В аридных условиях Мангышлака по срокам вегетации отмечено нарастание баллов перспективности растений по феногруппам от РР (раннее начало и раннее окончание вегетации) до РП (раннее начало и позднее окончание вегетации), спад в СР (среднее начало и ранее окончание вегетации) и нарастание в СС (среднее начало и среднее окончание вегетации). Из 183 интродуцентов 52 таксона относятся к первой группе перспективности (высокая), 95 — ко второй группе (повышенная), 34 — к третьей (средняя) и 2 — к четвертой (низкая) из выделенных 6 феногрупп, что свидетельствует об успешности интродукции и перспективности их в дальнейшем применении. Формируется электронная база данных в компьютерной программе «DInCeR», разработанной Мангышлакским экспериментальным ботаническим садом, по коллекционным древесным растениям.

*Ключевые слова:* Мангистау, аридные условия, интродукция, древесные растения, фенология, рост и развитие, перспективность.

### References

- 1 Imanbayeva, A.A., Kosareva, O.N., & Tuyakova, A.T. (2012). *Drevesnye rasteniia Manhyshlaksokho eksperimentalnogo botanicheskoho sada. 40 let introduksii* [The woody plants of Mangyshlak experimental botanical garden. 40 year of introduction experience]. Aktau [in Russian].
- 2 Imanbayeva, A.A. (2017). Osobennosti rosta i razvitiia inoraionnykh listvennykh drevesnykh rasteniia v aridnykh usloviiakh Manhyshlaka [Features of the growth and development of foreign deciduous woody plants in the arid conditions of Mangyshlak]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii — Fruit growing and berry growing in Russia*, 51, 146–154 [in Russian].
- 3 Metodiki fenolohicheskikh nabludenii v botanicheskikh sadakh SSSR [Methodology of phenological observation in botanical gardens of USSR] (1987). *Metodiki introduktsionnykh issledovaniia v Kazakhstane — Methodology of introduction study in Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 4 Pyatnickij, S.S. (1961). *Praktikum po lesnoi seleksii* [Practicum on forest selection]. Moscow [in Russian].
- 5 Lapin, P.I., & Sidneva, S.V. (1973). Otsenka perspektivnosti introduksii drevesnykh rasteniia po dannym vizualnykh nabludenii [Assessment of the prospects of introduction of woody plants according to visual observations]. *Opyt introduksii drevesnykh rasteniia — Experience of introduction of woody plants*. Moscow: Main Botanical Garden of AS USSR, 6–67 [in Russian].
- 6 Kosayev, M.N. (1987). Otsenka perspektivnosti introduksii drevesnykh rasteniia [Assessment of perspectivity of introduction of woody plants]. *Metodiki introduktsionnykh issledovaniia v Kazakhstane — Methodology of introduction study in Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 7 Baitulin, I.O. (2010). Teoreticheskie osnovy i metodicheskie podhody k introduksii rasteniia v rehiony s ekstremalnymi klimaticheskimi usloviiami [Theoretical foundations and methodological approaches to plant introduction to regions with extreme climatic conditions]. *Izvestiia NAN RK. Serii biologicheskaiia i meditsinskaiia — Bulletin of NAS RK. Series biology and medicine*, 2(278), 18–25 [in Russian].
- 8 Rubanik, V.G., & Soloninova, I.N. (1989). *Introduktsiia severoamerikanskikh rasteniia na yuho-vostoke Kazakhstana* [Introduction of the Northern-American plants in the South-East of Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 9 Kultiasov, M.V. (1953). Ekologo-istoricheskii metod v introduksii rasteniia [Ecological-historical method on plant introduction]. *Biulleten Hlavnogo botanicheskoho sada — Bulletin of Main Botanical Garden*, 53, 15–41 [in Russian].
- 10 Petrova, I.P. (1978). *Introduktsiia drevesnykh rasteniia Srednei Azii v Moskve* [Introduction of Central Asian woody plants in the Moscow]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 11 Vavilov, N.I. (1987). *Piat kontinentov* [Five continents]. Moscow: Mysl [in Russian].
- 12 Zhukovskii, P.M. (1971). *Kulturnye rasteniia i ikh sorodichi. Sistematika, heohrafiia, tsitohenetika, ekolohiia, proiskhozhdenie, ispolzovanie* [Cultivated plants and their relatives. Systematics, geography, cytogenetics, ecology, origin, using]. Leningrad: Kolos [in Russian].
- 13 Goncharov, N.P. (2007). Tsentry proiskhozhdeniia kulturnykh rasteniia [The centers of origin of cultivated plants]. *Vestnik VOGiS — Bulletin of VOGiS*, 11(3/4), 561–574 [in Russian].
- 14 Lapin, P.I. (1967). Sezonnii ritm razvitiia drevesnykh rasteniia i eho znacheniia dlia introduksii [Seasonal rhythms of development of woody plants and their meaning for introduction]. *Biulleten Hlavnogo botanicheskoho sada — Bulletin of Main Botanical Garden*, 65, 13–18 [in Russian].

15 Shcherbatsevich, V.D. (1973). Fenologicheskie hruppy severoamerikanskikh listvennykh derevev i kustarnikov [Phenological groups of North American deciduous trees and shrubs]. *Opyt introduktsii drevesnykh rastenii — Experiences of introduction of woody plants*. Moscow: MBG AS USSR [in Russian].

16 Imanbayeva, A.A., Belozarov, I.F., & Ishmuratova, M.Yu. (2018). Diagnostics of introduction value of herbs of natural flora in the conditions of Mangystau. *Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 4/92, 54–58.

17 Imanbayeva, A.A., & Belozarov, I.F. (2019). Formation of the electronic database of the collection gene fund of the Mangyshlak experimental botanical garden. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13(2), 1405–1410.

M.Yu. Ishmuratova<sup>1\*</sup>, A.N. Kalizhanova<sup>2</sup>, A.A. Erezhep<sup>1</sup>, T.Yu. Shelestova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan;*

<sup>2</sup>*Academy «Bolashaq», Karaganda, Kazakhstan;*

(\*E-mail: margarita.ishmur@mail.ru)

## **Effectiveness of the application of a specialized dictionary in the teaching of Biology in English**

In Kazakhstan, in the process of transition the education to updated content, there is a problem of providing biology classes with the necessary materials in English. At the school and university level, there is a lack of textbooks, manuals and trilingual dictionaries on Biology. This aspect does not allow to learn successfully biology in English, to understand translation of terms, to translate in English. In present article materials on studying of application's efficiency of the using trilingual dictionary (English-Russian-Kazakh, Russian-Kazakh-English and Kazakh-English-Russian) in senior high school are stated. The effectiveness of the trilingual dictionary on zoology in additional Biology classes in English was evaluated. The results of the studies show that the application of the trilingual dictionary in Biology lessons reliably increases the level of understanding of specialized texts and translation of scientific materials. The use of the dictionary on zoology increases the efficiency of translation from English to Russian and from Russian to English, reduces the time required for translation.

Keywords: trilingual dictionary, school, experiment on translation, biology training in English, specialized biological terms, accuracy of the translation.

### *Introduction*

One of the most important aspects of economic and social modernization of education system, taking place in Kazakh society, is language policy [1, 2]. Within the framework of this program it is assumed that school disciplines of the natural science cycle, such as Physics, Biology, Chemistry and Information and Communication Technologies (here in after ICT) should be taught in high school in English [2, 3].

An analysis of the material provision of schools indicates that there is a shortage of additional materials to ensure English-language classes. One of problems is the lack of specialized dictionaries and glossaries on Biology, Physics, Chemistry and ICT [4–6].

Teaching English at school is aimed at achieving general communication skills and competencies, however, does not cover the needs of specialized areas of natural science subjects. In addition, many terms (compound, connection, bond, equilibrium and others) in physics, chemistry or biology have different definitions [5].

Working with scientific and scientific-cognitive texts in English may not lead to a complete understanding of the text, as not all terms can be adequately understood by school-students and school teachers. Difficulties in working with English-language textbooks can lead to a decrease in the level of understanding, as well as a lack of understanding of terms in the native language (Russian or Kazakh).

There is a problem as the need to ensure simultaneous understanding of terms in 3 languages (Kazakh, Russian and English) in order to be able to freely navigate in text, video or audio information [7, 8].

Today, Kazakhstan is creating bilingual and trilingual dictionaries on separate disciplines of higher education [9]. Thus, there are trilingual glossaries and terminology dictionaries on Common Physics, Higher Mathematics, Organic Chemistry, Botany, Ecology and the Base of Invertebrate Zoology. However, these dictionaries are not easily accessible to a wide audience; also they are not suitable for school disciplines [5, 10].

Thus, we face the problem of creating and testing a trilingual dictionary on the school course of Biology.

Proceeding from the aforesaid, the purpose of this article is to carry out approbation of the trilingual dictionary on Zoology on additional classes in Biology on English on example of senior high school.

### Methods

The main research was carried out on the basis of Karaganda regional specialized boarding school «Daryn» in 2019–2020.

The experiment was conducted with two mixed groups from the 9th grades, the total number of respondents — 20 people. 10 school-students are the control group, and 10 school-students are the experimental group. The control group received texts on Zoology of 500–600 words for translation without a dictionary, experimental — using a trilingual dictionary on Zoology [11, 12]. For translation from English to Russian we used tree texts: 1) Cells and Protoplasts; 2) Protozoa. Amoeba; 3) Crayfish. For translation from Russian to English we also used tree texts: 1) Earthworm; 2) Frog; 3) Structure of insects. The texts describe the cell and its main parts, the structure, distribution and features of animal habitation.

Texts were given in English for translation into Russian as well as in Russian for translation into English. In each variant, school-students were given a time limit of 20 minutes to translate one text. In assessing the results, we took into account the following indicators:

-The accuracy of the translation (high, medium, low) by assessing the general meaning and correctness of the use of terms (Tab. 1);

-The school-students met the deadline during translation — 20 minutes (yes, no).

Table 1

#### Criteria for assessment of the accuracy of the translation

Criteria	High level	Average level	Low level
Meaningful identity of the translation text	Equivalent translation: meaningful identity of the translation text	Translation errors: translation errors do not violate the general meaning of the original	Non-equivalent transfer of meaning: errors represent a distortion of the content of the original
Grammatical aspects of the translation	Use of grammatical equivalents for 30 % of text	Use of grammatical equivalents for 60–70 % of text	Equivalent translation using the basic grammatical constructions characteristic of the scientific text
Observance of language norms and rules of translation language: stylistic identity of translation text	Compliance with language and translation language rules for 30 % of the text	Compliance with language and translation language rules for 60–70 % of the text	Observance of language norms and rules of translation language of scientific text

After two tasks each school-student of control group noted the frequency of using the dictionary:

- Examined in dictionary 1–2 terms;
- Examined 3–5 terms in the dictionary;
- Examined more than 5 terms in the dictionary.

### Results and discussion

The analysis of results showed that translation accuracy between control and experimental group differs. So, school-students without using of the dictionary were estimated at average and low level at the translation of texts from English into Russian (Table 2, Fig. 1) and as low level at the translation from Russian into English (Table 3, Fig. 2). The experimental groups with using the dictionary the translation quality was estimated higher than for control group without dictionary.

Table 2

#### Assessment of the level of translation of texts on Zoology from English to Russian

Group	Amount of school-students		
	High level	Average level	Low level
Control, without dictionary (10 people)	2	4	4
Experimental, with dictionary (10 people)	4	5	1

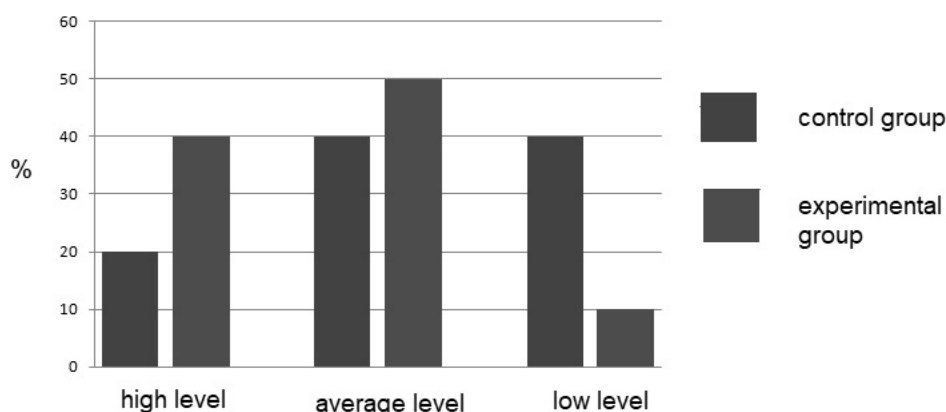


Figure 1. Percent of school-students with different level of translation from English to Russian

Table 3

**Assessment of the level of translation of texts on Zoology from Russian to English**

Group	Amount of school-students		
	High level	Average level	Low level
Control, without dictionary (10 people)	0	3	7
Experimental, with dictionary (10 people)	2	7	1

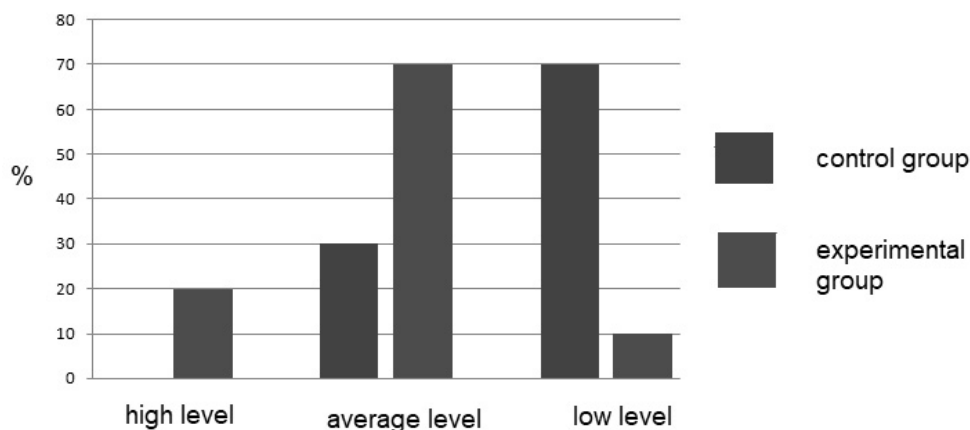


Figure 2. Percent of school-students with different level of translation from Russian to English

That is we observed a reliable difference between control and experimental group. So, at the translations from English into Russian the control group was distributed as follows: 20 % with high level, 40 % with average and 40 % with low level. At the translation from Russian into English made distribution: high level — 0 %, average — 30 %, low — 70 %.

In experimental group at the translation from English for the Russian 40 % of pupils showed high level, 50 % — average and only 10 % — low. It was on 20; 10 and 30 % higher than similar indicators of control group. At the translation from Russian into English the share with high level made 20 %, with average level 70 % and with low level 10 %. These data exceeded similar results of control group on 20; 40 and 60 %, respectively.

All school-students noted, as was confirmed with results of an experiment that it is easier to do the translation from English into Russian, than to translate from Russian into English.

It should be noted that not all school-students, who participated in an experiment with using dictionary and without, completed the tasks in 20 minutes. In control group the share of school-students, who did not make the translation in 20 minutes was higher, than in experimental group (Table 4).



Table 4

**Evaluation of translation time indicators**

Group	Translation from English to Russian		Translation from Russian to English	
	Completed the task in 20 minutes, people	Took more time, people	Completed the task in 20 minutes, people	Took more time, people
Control, without dictionary (10 people)	8	2	3	7
Experimental, with dictionary (10 people)	9	1	7	3

Analysis of the obtained data shows that 8 school-students in the control group completed task in time during translating from English to Russian, and two pupils took longer. In the experimental group 9 school-students completed in time, and only one school-student took more than 20 minutes for translation.

In variant with translating from Russian to English in the control group completed the tasks in 20 minutes 3 school-students, and 7 people spent more time. In the experimental group 7 school-students completed tasks in time; and 3 school-students spent more than 20 minutes. That is, the difference in the first variant of translation was 1 person; in the second variant were 4 persons.

In conclusion, we analyzed the frequency of using the dictionary for the experimental group (Table 5).

Table 5

**Frequency of using terms when translating texts on Zoology**

Variant of translation	1–2 terms	3–5 terms	More than 5 terms
Translation from English to Russian	2	6	2
Translation from Russian to English	1	3	6

The obtained data showed that for the translation from English into Russian the school-students used the trilingual dictionary in the lesser extent, than at the translation from Russian into English.

So, in the first variant of translation 2 school-students noted that they used no more than 2 terms, 6 people — watched the translation of 3–5 terms, and 2 school-students noted that they used more than 5 terms.

At the second variant of translation only 1 school-student noted that he used the dictionary for search of 1–2 terms, 3 school-students marked that used from 3 to 5 terms, and the 6 school-students — more than 5 terms.

Thus, results of researches show that application of the trilingual dictionary at lessons of Biology might help with understanding of specialized texts and the translation of scientific texts.

*Conclusion*

The introduction of the program of trilingual education at all levels of the education in the Republic of Kazakhstan implies the development of the system of education of subjects of the natural scientific cycle, including Biology in English. One of the problems of educational institutions is the lack of a proper level of knowledge of English, especially specialized terminology.

Based on the above, there is a need to conduct research on the organization of Biology education in English using various teaching tools, including trilingual terminology dictionaries and glossaries.

The effectiveness of the trilingual dictionary on Zoology in additional biology classes in English was evaluated. The results of the studies show that the application of the trilingual dictionary in Biology lessons reliably increases the level of understanding of specialized texts and translation of scientific materials. Use of the dictionary on zoology increases the efficiency of translation from English to Russian on 20 % with high level, 40 % with average level and 40 % with low level. At the translation from Russian into English the efficiency of translation was the following: high level — 0 %, average level — 30 %, low level — 70 %.

During translation from English to Russian, the number of school-students, who completed into 20 minutes, was more on 10 % in the experimental group. In process of translation from Russian to English, the number of school-students, who completed the task at 20 minutes, was also more on 40 % in the experi-

mental group. All school-students of experimental group noted the difficulty of translating from Russian to English.

*The research was carried out within the framework of the grant project of the Ministry of Education and Science of Kazakhstan «Creation of a trilingual dictionary of biological terms with a linguo-cultural component».*

## References

- 1 Государственная программа развития образования в Республике Казахстан на 2011–2020 годы. Указ Президента Республики Казахстан № 110 от 29.01.2011 г. — Астана, 2011. [Электронный ресурс]. — Режим доступа <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1000001118>.
- 2 Жетписбаева Б.А. От идеи «триединство языков» Н.А. Назарбаева до полиязычного образования в Казахстане / Б.А. Жетписбаева, О.Т. Аринова // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Филол. — 2012. — № 3. — С. 12–16.
- 3 Об особенностях преподавания основ наук в общеобразовательных организациях (в том числе реализующих инклюзивное образование) Республики Казахстан в 2014–2015 учебном году: инструкт.-метод. письмо. — Астана: Национальная академия образования им. И. Алтынсарина, 2014. — 181 с.
- 4 Ишмуратова М.Ю. Оценка подготовленности учащихся среднего звена школы к обучению биологии на английском языке / М.Ю. Ишмуратова // Молодежь и глобальные проблемы современности: материалы Респ. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых. — Т. 3. — Караганда, 2016. — С. 21–25.
- 5 Kalizhanova A. Creation of an electronic trilingual dictionary of biological terms with linguocultural components / A. Kalizhanova, T. Maryshkina, M. Ishmuratova, Ye. Gruzina, B. Ibrayeva // *Opicion*. — 2020. — Vol. 36, No. 27. — P. 705–723.
- 6 Ishmuratova M.Yu. Analysis of the terms of the school course of biology and formation of the concept of presentation of information for the creation of a trilingual dictionary / M.Yu. Ishmuratova, A.N. Kalizhanova, T.V. Maryshkina, G. Dyke, S.U. Tleukenova // *Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*. — 2019. — No. 4(96). — P. 20–26.
- 7 Пассов П.В. Принципы иноязычного образования, их система и иерархия / П.В. Пассов // *Материалы XIII Конгр. Междунар. орг. преп. рус. яз. и лит.* — Гранада, 2015. — 143 с.
- 8 Байниева К.Т. Функциональная значимость трехязычных словарей в полиязычном образовании / К.Т. Байниева, А.Ж. Умурзакова // *Междунар. журн. приклад. и фундамент. иссл.* — 2015. — № 8–4. — С. 776–779.
- 9 Жакупова А.Д. Информативные возможности многоязычного мотивационно-сопоставительного словаря как словаря нового типа / А.Д. Жакупова // *Вестн. Томск. гос. ун-та. Сер. филол.* — 2011. — № 3(15). — С. 38–44.
- 10 Олжанова А.Д. Создание трехязычных словарей биологических терминов / А.Д. Олжанова, М.Ю. Ишмуратова, А.Н. Калижанова, Б.М. Ибраева // *Методология, теория и практика современной биологии: материалы V Междунар. науч.-практ. конф.* — Костанай, 2020. — С. 600–604.
- 11 Ишмуратова М.Ю. Англо-русско-казахский, русско-англо-казахский, казахско-англо-русский словарь по зоологии (для общеобразовательных школ) / М.Ю. Ишмуратова, А.Н. Калижанова, Т.В. Марышкина, Г.Ш. Оразгалиева. — Караганда: РИО «Болашак-Баспа», 2018. — 68 с.
- 12 Золотова М.В. Ботаника и зоология: сб. текстов и заданий по английскому языку: практ. / М.В. Золотова. — Нижний Новгород: Изд-во Нижне-Новгород. гос. ун-та, 2017. — 68 с.

М.Ю. Ишмуратова, А.Н. Калижанова, А.Ә. Ережеп, Т.Ю. Шелестова

### **Ағылшын тілінде биологияны оқытуда арнайы сөздік қолданудың тиімділігі**

Қазақстанда білім берудің жаңартылған мазмұнына көшу барысында биология бойынша сабақтарды ағылшын тіліндегі қажетті материалдармен қамтамасыз ету мәселесі тұр. Мектеп және жоғары білім беру деңгейінде биология бойынша оқулықтар, құралдар мен үш тілді сөздіктердің жетіспеушілігі анықталған. Бұл аспект биология бойынша білімді ағылшын тілінде меңгеруге, терминдердің аудармасын табысты түсінуге, аудармалар жасауға мүмкіндік бермейді. Мақалада мектептің орта буынында үш тілді сөздікті (ағылшын-орысша-қазақша, орысша-қазақша-ағылшынша және қазақша-ағылшынша-орысша) қолданудың тиімділігін зерттеу бойынша материалдар баяндалған. Биология пәнінен ағылшын тілінде қосымша сабақ өткізу кезінде зоология бойынша үш тілді сөздікті қолдану тиімділігі бағаланды. Зерттеу нәтижелері биология сабақтарында үш тілді сөздікті қолдану мамандандырылған мәтіндерді түсіну және ғылыми материалдарды аудару деңгейін дұрыс арттыратынын көрсетті. Зоология сөздігін пайдалану ағылшын тілінен аударудың тиімділігін арттырады.

*Кілт сөздер:* үш тілді сөздік, мектеп, аударма бойынша эксперимент, биологияны ағылшын тілінде оқыту, мамандандырылған биологиялық терминдер, аударма дәлдігі.

М.Ю. Ишмуратова, А.Н. Калижанова, А.А. Ережеп, Т.Ю. Шелестова  
**Эффективность применения специализированного словаря  
при обучении биологии на английском языке**

В Казахстане в процессе перехода образования на обновленное содержание стоит проблема обеспечения занятий по биологии необходимыми материалами на английском языке. На школьном и вузовском уровнях выявлен недостаток учебников, пособий и трехязычных словарей по биологии. Данный аспект не позволяет успешно усваивать знания по биологии на английском языке, понимать перевод терминов, осуществлять точные переводы. В статье изложены материалы по изучению эффективности применения трехязычного словаря (англо-русско-казахский, русско-казахско-английский и казахско-англо-русский) в среднем звене школы. Оценена эффективность применения трехязычного словаря по зоологии при проведении дополнительных занятий по биологии на английском языке. Результаты исследований показывают, что применение трехязычного словаря на уроках биологии достоверно повышает уровень понимания специализированных текстов и перевода научных материалов. Использование словаря по зоологии повышает эффективность перевода с английского на русский язык и с русского на английский, сокращает время, затрачиваемое на перевод.

*Ключевые слова:* трехязычный словарь, школа, эксперимент по переводу, обучение биологии на английском языке, специализированные биологические термины, точность перевода.

### References

- 1 *Hosudarstvennaia prohramma razvitiia i funkcionirovaniia yazykov v Respublike Kazakhstan na 2011–2020 hh. Ukaz Prezidenta RK № 110 ot 29.04.2011 [State program of development and function of languages in Republic of Kazakhstan on 2011–2020. The law of President of RK № 110 from 29.04.2011].* (2011). Astana [in Russian]. — URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1000001118>.
- 2 Zhetpisbayeva, B.A., & Arinova, O.T. (2012). Ot idei «triedinstvo yazykov» N.A. Nazarbaeva do poliiazychnoho obrazovaniia v Kazakhstane [From idea «Tri unity of languages» of N.A. Nazarbayev until multilingual education in Kazakhstan]. *Vestnik Karahandinskogo universiteta. Seriya Filologiya — Bulletin of Karaganda University. Series Philology*, 3(88), 12–16 [in Russian].
- 3 *Ob osobennostiakh prepodavaniia osnov nauk v obshcheobrazovatelnykh orhanizatsiakh (v tom chisle realizuiushchikh inkluzivnoe obrazovanie) Respubliki Kazakhstan v 2014–2015 uchebnom godu: instruktivno-metodicheskoe pismo [About the features of teaching the basics of science in General education organizations (including those implementing inclusive education) of the Republic of Kazakhstan in the 2014–2015 academic year. Instructional and methodological letter].* (2014). Astana: I. Altynsarin National Academy of Education [in Russian].
- 4 Ishmuratova, M.Yu. (2016). Otsenka podgotovlennosti uchashchikhsia srednego zvena shkoly k obucheniiu biolohii na anhliiskom yazyke [Assessment of the readiness of secondary school students to learn biology in English]. Proceeding from: Youth and global problems of modernity: *Respublikanskaia konferentsiia — Republican Conference*. Karaganda, 3, 21–25 [in Russian].
- 5 Kalizhanova, A., Maryshkina T., Ishmuratova, M., Gruzina, Ye., & Ibrayeva, B. (2020). Creation of an electronic trilingual dictionary of biological terms with linguocultural components. *Opcion*, 36, 27, 705–723.
- 6 Ishmuratova, M.Yu., Kalizhanova, A.N., Maryshkina, T.V., Dyke, G., & Tleukenova S.U. (2019). Analysis of the terms of the school course of biology and formation of the concept of presentation of information for the creation of a trilingual dictionary. *Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 4(96), 20–26.
- 7 Passov, P.V. (2015). Printsipy inoiazychnoho obrazovaniia, ikh sistema i ierarkhiia [Principles of foreign language education, their system and hierarchy]. Proceedings from: XIII Congress of International Organization of Teachers of Russian Language and Literature: *Respublikanskaia konferentsiia — Republican Conference*. Granada, 143 [in Russian].
- 8 Bainiyeva, K.T., & Umyrzakova, A.Zh. (2015). Funktsionalnaia znachimost trekh yazychnykh slovari v poliiazychnom obrazovanii [Functional significance of trilingual dictionaries in multilingual education]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy — International journal of applied and fundamental research*, 8–4, 776–779 [in Russian].
- 9 Zhakupova, A.D. (2011). Informativnye vozmozhnosti mnogoyazychnoho motivatsionno-sopostavitelnogo slovaria kak slovaria novogo tipa [Informative features of a multilingual motivational-comparative dictionary as a new type of dictionary]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya filologiya — Bulletin of Tomsk State University. Series philology*, 3(15), 38–44 [in Russian].
- 10 Olzhanova, A.D., Ishmuratova, M.Yu., Kalizhanova, A.N., & Ibrayeva, B.M. (2020). Sozdanie trekhiazychnykh slovari biologicheskikh terminov [Creation of trilingual dictionary of biological terms]. Proceeding from: Methodology, theory and practice of modern biology: *V Mezhdunarodnaia konferentsiia — V International Conference*. Kostanai, 600–604 [in Russian].
- 11 Ishmuratova, M.Yu., Kalizhanova, A.N., Maryshkina, T.V., & Orazgaliyeva, G.Sh. (2018). *Anhlo-russko-kazakhskii, russko-anhlo-kazakhskii, kazakhsko-anhlo-russkii slovar po zoolohii (dlia obshcheobrazovatelnykh shkol) [English-Russian-Kazakh, Russian-English-Kazakh, Kazakh-English-Russian dictionary on zoology (for secondary school)]*. Karaganda: Bolashaq-Baspa [in Russian, in Kazakh, in English].
- 12 Zolotova, M.V. (2017). *Botanika i zoolohiia: sbornik tekstov i zadaniy po anhliiskomu yazyku: praktikum [Botany and zoology: collection of texts and tasks in English: workshop]*. Nizhny Novgorod: Publ. of Nizhny Novgorod State University [in Russian, in English].

M.Yu. Ishmuratova\*, S.S. Tyrzhanova

*Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan  
(\*E-mail: margarita.ishmur@mail.ru)*

## Study of peculiarities of morphology and germination of seeds of *Scabiosa ochroleuca* from the Central Kazakhstan

The study of the biology and morphology of seed germination of medicinal plants is an important aspect of species introduction. This article investigated the features of the biology of germination and seed germination of a perspective medicinal plant *Scabiosa ochroleuca* depending on various factors. It is determined that seeds of some geographical origin differ in size and weight, the morphology of seedlings, which is explained by the difference in soil and climatic conditions. The best values of germination (90.5 %) and germination energy (80.3 %) of seeds were recorded in large samples collected in the Buiratau mountains, the minimum — in small seeds collected in the Karkaraly mountains (germination 14.0 %, germination energy 8.5 %). The maximum morphological parameters of seedlings, such as the length of the root, the length of the hypocotyl, the length and width of the cotyledon leaf, are revealed in seeds from the Karkaraly mountains; the minimum — from the vicinity of the village Karagaily. This aspect indicates the need to select seeds for introduction from certain habitats and to separate them before sowing. Stages of germination of seed material of this medicinal plant are defined, including the following: swelling of seeds, tilting, appearance of root, appearance and bending of hypocotyl, removal of cotyledon leaves, and deployment of cotyledon leaves. Dynamics of seeds germination during storage (from freshly harvested seeds up to 3 years) was determined, positive influence of stratification during 3 months was revealed to increase seed germination and germination energy. According to the results of the studies, it was determined that the seeds of *Scabiosa ochroleuca* are characterized by the lack of drainage during wetting, the terrestrial type of germination, shallow physiological rest, by the type of germination are assigned to the group of seeds with accelerated germination.

*Keywords:* herb, *Scabiosa ochroleuca*, Central Kazakhstan, seed germination, energy of germination, morphology, natural flora, storage, size of seeds.

### Introduction

Plants from different habitats form different potentials of productivity, morphological structures and variability according to some characteristics. So, depending on the growing conditions, plants can develop organs of various sizes, the intensity of physiological processes changes, which is reflected in the size and performance of seeds [1–3]. In favorable conditions of growing, seeds are formed large, full-fledged and with a well-developed embryo and a supply of nutrients.

Identification of the influence of factors on the development and germination indicators of seeds is important for issues of plant introduction, as well as factors that can increase the germination of seed material.

Introduction into the culture of medicinal plants has an important practical interest for the sustainable production of vegetative raw materials. About 6500 species of plants grow in Kazakhstan, along with cultivated taxa. Of these compositions, 85 % belong to herbaceous plants, 730 species are endemic, of which 175 species grow in steppe regions, 250 species of desert and semi-desert zones, 600 endangered species, more than 1000 species are used in official and folk medicine [4, 5]. One perspective species is *Scabiosa ochroleuca* L. (*Dipsacaceae* family), the aboveground part of which is used in folk medicine for stomach diseases, female and ocular diseases, for the excretion of warts, wound healing, in scabies, skin rash, hemorrhoids, calluses, snake bites, anti-opaque Extracts from this plant have pronounced antimicrobial and antioxidant activity [9, 10].

Extracts from this plant have pronounced antimicrobial and antioxidant activity [9, 10].

In Kazakhstan there is information about natural resources of this species [11], however, no introduction work was carried out.

The purpose of this work is to study the features of the morphological structure of *Scabiosa ochroleuca* seeds of various geographical origin; and determination of their biology of germination.

### Objects and methodology

The object of the study was the seed material of *Scabiosa ochroleuca*, collected in Karkaraly Mountains and surrounding of village Karagaily (Karkaraly district, Karaganda region), Buiratau Mountains (Osakarov district, Karaganda region). Research was carried out in 2018–2020 on the basis of the Research Center of Biotechnology and Eco-Monitoring of E.A. Buketov Karaganda State University.

The seed material was separated by size and weight (small, medium and large), the length, width and weight 1000 pieces were measured, and after germinated. To assess the germination of seeds, they were germinated 50 pieces in three repetitions on humidified 2-layer filter paper in Petri dishes at a temperature +24 °C in the climate chamber. Seeds after harvesting were study in fresh as well as after stratification from 1 to 3 months. Stratification was performed in the refrigerator. To determine viability depending on period of storage, seed germination and germination energy for 3 years were evaluated.

The study of germination and germination energy of seeds was carried out according to the methodological instructions of M.S. Zorina and S.P. Kabanov [12].

Morphology of seeds and seedlings was examined on a LevenGuk USB-microscope at an increase of 40–80 times [13]. For seedlings, the following parameters were evaluated: total height of plants, length of the hypocotyls, length and width of the cotyledon leaves; length of the root system. The weight of the seedlings according to the test versions was estimated by weighing on the analytical weights in 10-fold repetition on dry weight [14].

The study of the biology of seed germination was carried out taking into account the recommendations of K.E. Ovcharov, E.G. Kizilova [15], M.K. Firsova [16], P. Wellington [17].

Statistical processing of the results was carried out according to the method of N.L. Udolskaya [18] using the Microsoft Excel 2010 software package.

### Results and discussion

The fruit *Scabiosa ochroleuca* is an achene with a serrated-wavy film crown, light brown, single-seeded, with an oily endosperm, pericarpium 8-sided deep-notched, cone-shaped. The length is 1.5–2 cm; the width is 0.4–0.6 cm. The shape of the seed is kidney-shaped, oval or rounded (Fig. 1).

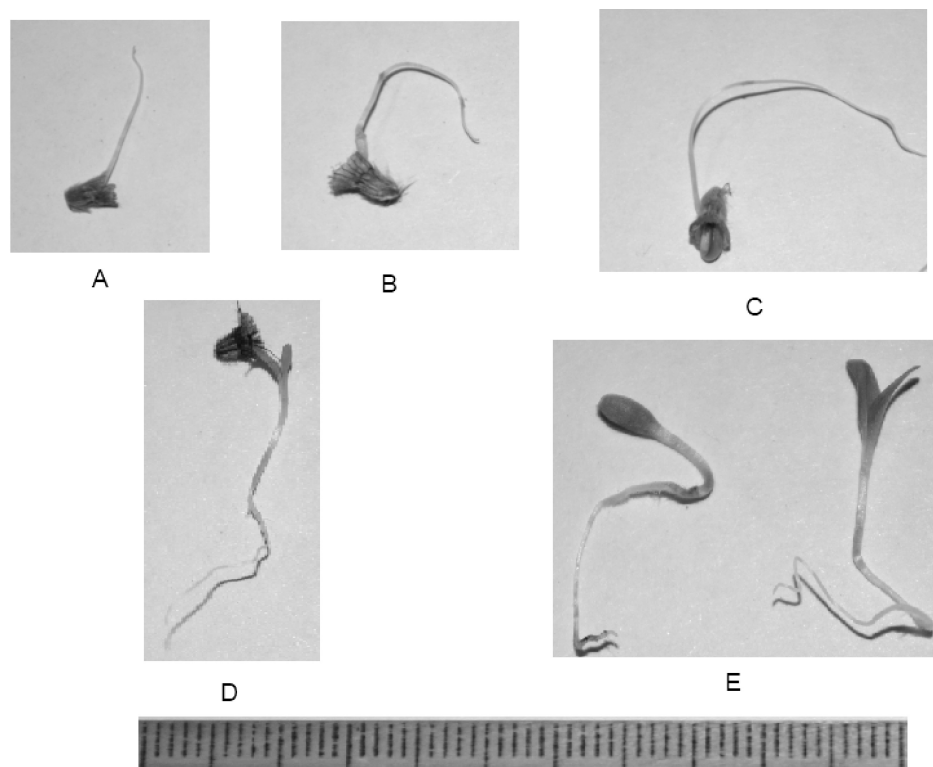


Figure 1. Internal view of seed materials of *Scabiosa ochroleuca*

The biology of seed germination of *Scabiosa ochroleuca* has been studied. During soaking, the seeds swelled, increasing in size by 1.2–1.3 times; no sliming was observed. The absence of dehumidification indicates plant growth under mesophyte conditions [19].

Seed deposition in laboratory conditions occurred on 2–3 days. At the same time, pericarpium was opened and the germ root was the first to appear from the achene. Its length was 6–8 mm; diameter 0.4–0.5 mm. Root hairs are weakly visible on the end of the root. After (on day 4–5), a milk-white hypocotyl appeared, the rest was still hidden in the seed. On day 6–8, the hypocotyl was drawn, forming a bend (Fig. 2), then straightened, carrying the cotyledons outside. Hypocotyl is white, elastic, 10–12 mm length and 0.5–0.6 mm in diameter. Cotyledon leaves came to the surface folded, after which they opened.

The plate of the cotyledon leaf was narrow-lanceolate, 6–8 mm long, 4–5 mm wide, color was light green, the surface is smooth, the apex is weakly notched. The height of the seedling by this period was 1.8–2 cm, the length of the root was 2.4–2.6 cm; root hairs became noticeable.



*A* — the appearance of the germ root; *B* — the appearance and bend of the hypocotyl; *C* — the appearance of cotyledon leaves; *D* — the output of folded cotyledon leaves; *E* — a prophet with a pair of cotyledon leaves

Figure 2. Biology of germination of seeds of *Scabiosa ochroleuca*

Thus, the seeds of *Scabiosa ochroleuca* are characterized by above-ground type of germination, characterized by a shallow physiological rest. By the type of germination [20, 21] are assigned to the group of seeds with accelerated germination.

Morphological analysis showed that the seed material of different geographical origins differed in size and weight (Table 1).

Table 1

Morphological parameters of seeds of *Scabiosa ochroleuca* depending from origin

Origin of seeds	Average length of seed, cm	Average width of seed, cm	Weight 1000 pieces, g	Number of seeds per one florescence, pieces
Buiratau Mountains	2.6±0.2	1.5±0.06	0.16±0.01	296±12
Surrounding of village Karagaily	2.7±0.1	1.8±0.04	0.21±0.01	315±25
Karkaraly Mountains	3.4±0.4	1.7±0.05	0.32±0.02	345±31

As can be seen from the given data, the maximum length had seeds from the Karkaraly Mountains — 3.4 cm; by thickness — the maximum values were obtained for seeds from the surrounding of village Karagaily — 1.8 cm; and the maximum weight of seeds is recorded for seeds from the Karkaraly Mountains.

However, the size and weight of the seeds do not reflect quality indicators, so we determined germination and energy of germination. It was determined that the best indicators were noted *Scabiosa ochroleuca*

seeds collected in the Buiratau Mountains (Table 2), the second position in germination was taken by seeds from the surrounding of village Karagaily; seeds from Karkaraly Mountains were on the third position.

Table 2

**Indicators of seed germination and germination energy of *Scabiosa ochroleuca*, depending on the places of origin**

Origin of seeds	Seed germination, %	Energy of germination, %
Buiratau Mountains	64.5±2.6	50.4±0.8
Surrounding of village Karagaily	61.0±2.8	52.9±1.8
Karkaraly Mountains	50.1±2.1	41.0±0.9

It is worth noting that the size and weight of the seeds do not correlate with the germination data. It turns out that seeds from the Buiratau Mountains with a minimum weight of seeds gave maximum germination indicators, while the largest and heaviest seeds turned out to be the least germinating.

Thus, the seed material of *Scabiosa ochroleuca* differs in size and weight depending on the place of growth. So, the largest seeds are formed in Karkaraly Mountains, the smallest — in Buiratau Mountains. This aspect can be explained by the fact that in Karkaraly Mountains more mesophytic conditions are observed (more precipitation), which leads to a good development of plant morphology. In Buiratau Mountains, the conditions are more xerophytic, so the size of the seeds is lower. However, data on seed germination and energy of germination turned out to be higher in Buiratau Mountains, which is probably due to the fact that the formation of seeds depends on solar activity, which is higher at this point.

In the second stage of research, the effect of seed sizes from different collection points on germination indicators was studied. All samples from collection points were divided into 3 fractions (large, medium and small), for which germination peculiarities were separately estimated. The results showed that large seeds had maximum values for parameters of germination (Table 3).

Table 3

**Germination and energy of germination of seeds of *Scabiosa ochroleuca* depending from size**

Origin of seeds	Fraction of seeds	Seed germination, %	Energy of germination, %
Buiratau Mountains	Large	90.5±3.5	80.3±3.9
	Medium	62.4±2.8	51.2±2.5
	Small	26.4±0.5	20.1±0.7
Surrounding of village Karagaily	Large	60.2±3.0	50.1±1.8
	Medium	61.4±3.4	52.0±1.6
	Small	28.5±0.8	12.4±0.6
Karkaraly Mountains	Large	46.2±1.1	38.0±0.8
	Medium	45.5±1.0	40.1±1.1
	Small	14.0±0.5	8.5±0.3

Maximum indicators of germination were recorded for large seeds from Buiratau Mountains — 90.5 % with energy of germination 80.3 %; minimum indicators — for small seeds from Karkaraly Mountains — 14.0 % and 8.5 % respectively. It has been determined that for *Scabiosa ochroleuca* seeds, in order to increase the efficiency of storage of seeds in culture, it is advisable to collect the initial material at certain points and to separate the seeds in favor of larger ones.

We analyzed the state of *Scabiosa ochroleuca* seedlings, obtained from seeds of different size and origin. There is a positive relationship between seed size and seedling size (Table 4).

At all collection points, it was found that the most made seedlings are obtained from large seeds, while smaller seedlings are obtained from small seeds. The obtained results once again confirm that the use of large seeds allows obtaining larger and more developed seedlings. It is worth noting that the maximum difference between seedlings from seeds of different sizes is observed in Buiratau Mountains, the minimum — in Karkaraly Mountains.

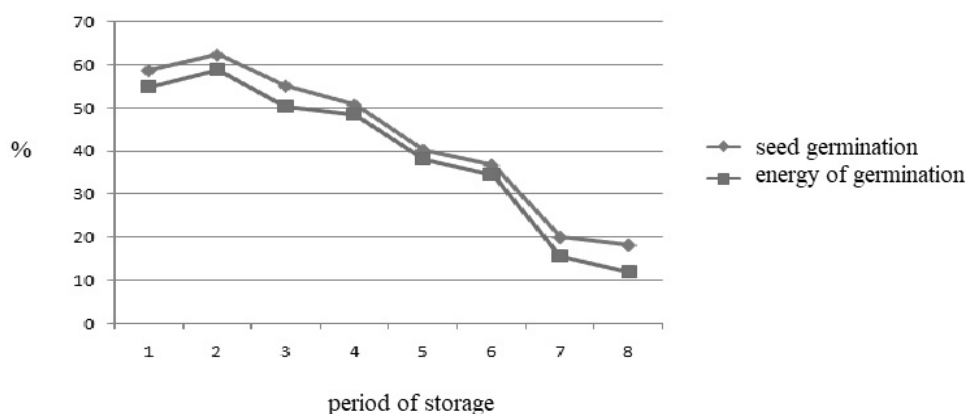
Analysis of the germination of *Scabiosa ochroleuca*, depending on period of storage, showed that the seed material gradually loses its germination. So, freshly harvested seeds 58.8 %, after 3 months of storage — slightly increased to 62.4 %. This aspect is explained by seed ripening [14, 15, 19, 20]. After

6 months, germination decreased to 55.2 %, a year later — to 40.3 %, after 1.5 years — to 36.8 %, after 3 years — to 18.2 % (Fig. 3).

Table 4

**Morphological parameters of *Scabiosa ochroleuca* seedlings depending on the size of seeds and origin**

Origin of seeds	Fraction of seeds	Length of root, cm	Length of hypocotyls, mm	Length of cotyledon leaves, mm	Width of cotyledon leaves, mm
Buiratau Mountains	Large	5.4±0.2	5.5±0.4	7.2±0.5	3.5±0.2
	Medium	3.1±0.1	2.8±0.1	5.6±0.4	3.0±0.2
	Small	2.5±0.05	2.4±0.1	4.9±0.4	2.2±0.1
Surrounding of village Karagaily	Large	5.0±0.4	4.8±0.4	6.5±0.4	3.8±0.4
	Medium	4.4±0.2	4.6±0.3	5.5±0.3	3.5±0.2
	Small	4.2±0.2	4.5±0.2	1.5±0.3	1.0±0.05
Karkaraly Mountains	Large	6.2±0.3	5.5±0.2	5.6±0.2	4.0±0.1
	Medium	6.4±0.4	4.7±0.2	6.0±0.3	3.8±0.1
	Small	3.1±0.1	2.6±0.1	4.6±0.2	3.0±0.1



1 — freshly picked; 2 — 3 months; 3 — 6 months; 4 — 9 months; 5 — 12 months; 6 — 18 months; 7 — 24 months; 8 — 36 months

Figure 3. Germination and energy of germination of seeds of *Scabiosa ochroleuca* during storage

Thus, over the course of 3 years, we have seen a significant decrease in germination rates, which requires the development of methods for increasing it. We tested cold stratification.

Stratification was carried out in a freezer with seeds from Buiratau Mountains after 1 year of storage for 1 to 3 months. The initial germination was 40.3 %, and the germination energy was 37.5 %. During stratification, there is an increase in germination and germination energy indicators (Table 5).

Table 5

**Germination and energy of germination of seeds of *Scabiosa ochroleuca* after cold stratification**

Methods of treatment	Seed germination, %	Exceeding control, %	Energy of germination, %	Exceeding control, %
Control	40.3±0.8	-	37.5±0.6	-
Stratification, 1 month	55.2±2.0	+4.9	47.4±0.9	+9.9
Stratification, 2 months	58.8±2.8	+18.5	56.3±2.2	+18.8
Stratification, 3 months	64.2±3.4	+23.9	58.7±2.6	+21.2

It is worth noting that after the 1st month of storage, the germination of *Scabiosa ochroleuca* seeds increased by 4.9 % and germination energy by 9.9 %; after 2 months of storage by 18.5 and 18.8 %, respectively; and after 3 months of storage by 23.9 and 21.2 %, respectively. According to the results of the experiment, the best results were obtained against the background of a 3-month stratification period.



### Conclusion

Thus, it was determined that the seeds of *Scabiosa ochroleuca* have different morphological indicators, which is explained by the difference in environmental conditions of plant growth. The largest and heaviest seeds are noted in plants growing in Karkaraly Mountains with the most favorable soil and climatic conditions; the smallest are for individuals from Buiratau Mountains with the most arid conditions.

It is noted that seeds of *Scabiosa ochroleuca* of different size and weight vary in terms of germination and size of seedlings. The best values of germination (90.5 %) and germination energy (80.3 %) of seeds were recorded in large samples collected in Buiratau Mountains; the minimum — in small seeds collected in Karkaraly Mountains (germination 14.0 %, germination energy 8.5 %). There is a more significant correlation between seed size and germination. The maximum morphological parameters of seedlings, such as the length of the root, the length of the hypocotyl, the length and width of cotyledon leaves, are revealed in seeds from Karkaraly Mountains; the minimum — from surrounding of the village Karagaily. This aspect indicates the need to select seeds for introduction from certain habitats and to separate them before sowing.

Stages of germination of seed material of this medicinal plant are defined, including the following: swelling of seeds, tilting, appearance of root, appearance and bending of hypocotyl, removal of cotyledon leaves, deployment of cotyledon leaves. The type of germination is above ground.

During storage, there is a gradual decrease in germination and germination energy from 58.8 % for freshly harvested seeds to 18.2 % after 3 years of storage. It was determined that physical methods of treating seeds positively affect the increase in germination and germination energy of *Scabiosa ochroleuca*. The best results were obtained with cold stratification for 3 months (germination 64.2 %, germination energy 58.7 %). Seeds are characterized by a shallow physiological rest, which is easily overcome by stratification, by the type of germination — to a group of seeds with accelerated germination.

Obtained results can be used for formation of seed bank of medicinal plants and introduction of *Scabiosa* into culture.

*The research was carried out within the framework of internal grant of E.A. Karaganda State University № 218-B-19 «Cryopreservation of vegetative and animal biological materials for development algorithm of storage of viability and creation of bank of frozen samples».*

### References

- 1 Хатнянский В.И. Влияние крупности семян на их посевные и урожайные свойства / В.И. Хатнянский, В.В. Волгин, Л.Е. Пивень // Науч.-техн. бюл. Всерос. НИИ масличных культур. — 2005. — Вып. 1(132). — С. 42–48.
- 2 Абеуов С.К. Семеноведение: учеб.-метод. пос. / С.К. Абеуов, А.К. Алтынбаева. — Павлодар: Кереку, 2016. — 85 с.
- 3 Созинов А.В. Семеноводство и сертификация семян: метод. указ. для лаб.-практ. занятий / А.В. Созинов. — Лесниково: КГСХА, 2014. — 56 с.
- 4 Грудзинская Л.М. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана: справоч. / Л.М. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева, Н.В. Нелина, Ж.Ж. Каржаубекова. — Алматы: Ин-т ботаники и фитоинтродукции, 2014. — 200 с.
- 5 Байтенов М.С. Флора Казахстана. — Т. 1: Иллюстрированный определитель семейств и родов / М.С. Байтенов. — Алматы: Ғылым, 1999. — 185 с.
- 6 Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. — Т. 5. — СПб., М.: КМК, 2012. — 295 с.
- 7 Жунусова М.А. Фармацевтическая разработка лекарственных средств из растительного сырья *Scabiosa ochroleuca* L. и *Scabiosa isetensis* L.: дис. ... PhD. 6D074800 — «Технология фармацевтического производства» / М.А. Жунусова. — Караганда, 2019. — 173 с.
- 8 Pinto D. *Scabiosa* genus: A rich source of Bioactive Metabolites / D. Pinto, N. Rahmouni, N. Beghidja, A.M. Silva // Medicines. — 2018. — Vol. 5, No. 4. — P. 110–120. — URL: <https://doi.org/10.3390/medicines5040110>.
- 9 Zhunusova M.A. Constituent composition and biological activity of CO<sub>2</sub>-extracts of *Scabiosa isetensis* and *S.ochroleuca* / M.A. Zhunusova, E.M. Suleimen, Z.B. Iskakova, M.Yu. Ishmuratova, R.M. Abdullabekova // Chemistry of Natural Compounds. — 2017. — Vol. 53, No. 2. — P. 775–777. — URL: <https://doi.org/10.1007/s10600-017-2118-9>.
- 10 Жунусова М.А. Антимикробная и противогрибковая активность CO<sub>2</sub>-экстрактов растений семейства *Dipsacaceae* / М.А. Жунусова, А.К. Кударинова, С.Б. Ахметова, Р.М. Абдуллабекова, С.К. Кабиева, М.К. Ибраев // Фармация Казахстана. — 2017. — № 3(189). — С. 23–25.
- 11 Ishmuratova M.Yu. Study of spreading and plant resources of herbs *Scabiosa ochroleuca* L. and *Scabiosa isetensis* L. on the territory of Karaganda region / M.Yu. Ishmuratova, M.A. Zhunusova, S.S. Tyrzhanova, M.M. Salint'eva // Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography. — 2020. — No. 1(97). — P. 47–53. — URL: <https://doi.org/10.31489/2020BMG1/47-53>.
- 12 Зорина М.С. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов / М.С. Зорина, С.П. Кабанов // Методики интродукционных исследований в Казахстане. — Алма-Ата: Наука, 1986. — С. 75–85.

- 13 Мальцева М.В. Пособие по определению посевных качеств семян лекарственных растений / М.В. Мальцева. — М., 1950. — 56 с.
- 14 Методические указания по семеноведению интродуцентов. — М.: Наука, 1980. — 64 с.
- 15 Овчаров К.Е. Разнокачественность семян и продуктивность растений / К.Е. Овчаров, Е.Г. Кизилов. — М.: Колос, 1966. — 160 с.
- 16 Фирсова М.К. Методы определения качества семян / М.К. Фирсова. — М.: Наука, 1959. — 224 с.
- 17 Веллингтон П. Методика оценки проростков семян / П. Веллингтон. — М.: Колос, 1973. — 175 с.
- 18 Удольская Н.Л. Методика биометрических расчетов / Н.Л. Удольская. — Алма-Ата: Наука, 1976. — 45 с.
- 19 Николаева М.Г. Биология семян / М.Г. Николаева, И.В. Лянгузова, Л.М. Позднова. — СПб., 1999. — 232 с.
- 20 Николаева М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. — Л.: Наука, 1985. — 347 с.
- 21 Андросова Д.Н. Биология прорастания семян некоторых видов сем. *Asteraceae* Dumort. / Д.Н. Андросова, Н.С. Данилова // Изв. Самар. науч. центра РАН. — 2017. — Т. 19, № 2. — С. 104–109.

М.Ю. Ишмуратова, С.С. Тыржанова

### Орталық Қазақстанда өсетін *Scabiosa ochroleuca* тұқымының өнімділігі мен морфологиясының ерекшеліктерін зерттеу

Дәрілік өсімдіктердің тұқымдарының өсуінің биологиясы мен морфологиясын зерттеу түрлерді интродукциялық енгізудің маңызды аспектісі болып табылады. Мақалада әртүрлі факторларға байланысты перспективті дәрілік өсімдік бозсары қотырот тұқымының өсу биологиясы және тұқымның өнгіштігінің ерекшеліктері зерттелген. Әртүрлі географиялық ортадан алынған тұқымдардың мөлшері мен салмағы және өскіндер морфологиясы бойынша ерекшеленетіні анықталды, бұл өз кезегінде топырақ пен климаттық жағдайлардың айырмашылығымен түсіндіріледі. Тұқымның өнгіштігінің (90,5 %) және өну энергиясының (80,3 %) ең жақсы көрсеткіштері Бұйратау тауларында жиналған ірі сынамаларда, төмен көрсеткіштер Қарқаралы тауларында жиналған ұсақ тұқымдарда (өнгіштік деңгейі 14,0 %, өну энергиясы 8,8 %) болды. Тұқымдардың мөлшері мен олардың өнгіштігі арасында анағұрлым маңызды корреляциялық байланыс анықталды. Тамырдың, гипокотилдің және жарнақты жапырағының ұзындығы мен ені сияқты өскіндердің морфологиялық параметрлерінің максималды мәні керісінше Қарқаралы тауларындағы тұқымдарда, төмен мәндері Қарағайлы кенті маңайынан жиналған тұқымдарда кездесті. Бұл аспект интродукция үшін белгілі бір мекен ету ортасынан тұқым таңдап, оларды егу алдында бөлу қажеттілігін көрсетеді. Дәрілік өсімдіктің тұқымдық материалының өну кезеңдері анықталды, оның ішінде: тұқымдардың бөртуі, олардың бекінуі, тамырдың, гипокотилдің пайда болуы және бүгілуі, жарнақты жапырақтарының шығарылуы және жазылуы. Сақтау кезінде тұқымның өну динамикасы (жаңадан жиналған тұқымнан бастап 3 жылға дейін), 3 айдың ішінде тұқымның өнгіштігі мен өну энергиясын арттыруға арналған стратификацияның оң әсері анықталған. Зерттеу нәтижелері бойынша *Scabiosa ochroleuca* тұқымдары ылғал болған кезде шырыштанбайтындығымен, өнгіштігінің жер үсті түрімен, терең емес физиологиялық тыныштық күйімен сипатталып, өну түріне сәйкес жеделдетілген өнгіштігі бар тұқымдар тобына жататындығы анықталды.

*Кілт сөздер:* дәрілік өсімдік, *Scabiosa ochroleuca*, Орталық Қазақстан, тұқымның өнімділігі, өну энергиясы, морфология, табиғи флора, сақтау, тұқым мөлшері.

М.Ю. Ишмуратова, С.С. Тыржанова

### Изучение особенностей морфологии и всхожести семян *Scabiosa ochroleuca* из Центрального Казахстана

Изучение биологии и морфологии прорастания семян лекарственных растений является важным аспектом интродукции видов. В статье исследованы особенности биологии прорастания и семенной всхожести перспективного лекарственного растения скабиозы бледно-желтой в зависимости от различных факторов. Определено, что семена разного географического происхождения отличаются по размеру и весу, морфологии проростков, что объясняется разницей почвенных и климатических условий. Лучшие значения всхожести (90,5 %) и энергии прорастания (80,3 %) семян зафиксированы у крупных образцов, собранных в горах Буйратау, минимальные — у мелких семян, собранных в горах Карқаралы (всхожесть — 14,0 %, энергия прорастания — 8,5 %). Максимальные морфологические параметры проростков, такие как длина корня, длина гипокотилия, длина и ширина семядольного листа, наоборот, выявлены у семян из гор Карқаралы, минимальные — из окрестностей пос. Карагайлы. Данный аспект свидетельствует о необходимости отбора семян для интродукции из определенных

мест обитания и их сепарации перед посевом. Определены этапы прорастания семенного материала лекарственного растения, включающие следующие: набухание семян, наклевывание, появление корня, появление и изгиб гипокотилия, вынос семядольных листьев, развертывание семядольных листьев. Определена динамика всхожести семян в процессе хранения (от свежесобранных семян до 3-х лет), выявлено положительное влияние стратификации в течение 3-х месяцев для повышения всхожести и энергии прорастания. По итогам исследований определено, что семена *Scabiosa ochroleuca* характеризуются отсутствием ослизнения при намокании, наземным типом прорастания, неглубоким физиологическим покоем, по типу прорастания отнесены к группе семян с ускоренным прорастанием.

**Ключевые слова:** лекарственное растение, *Scabiosa ochroleuca*, Центральный Казахстан, семенная всхожесть, энергия прорастания, морфология, природная флора, хранение, размер семян.

## References

- 1 Hatnyanskij, V.I., Volgin, V.V., & Piven, L.E. (2005). Vliianie krupnosti semian na ikh posevnye i urozhainye svoistva [Effect of seed size on sowing and crop properties]. *Nauchno-tekhnicheskii biulleten Vserossiiskoho NII maslichnykh kultur — Scientific-technical Bulletin of All-Russian Institute of oil-bearing crops*, 1(132), 42–48 [in Russian].
- 2 Abeuov, S.K., & Altynbaeva, A.K. (2016). *Semenovedenie [Seed breeding]*. Pavlodar: Kereku [in Russian].
- 3 Sozinov, A.V. (2014). *Semenovodstvo i sertifikatsiia semian [Seed production and certification of seeds]*. Lesnikovo: KGSCA [in Russian].
- 4 Grudzinskaya, L.M., Gemedzhieva, N.G., Nelina, N.V., & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2014). *Annotirovannyi spisok lekarstvennykh rastenii Kazakhstana: Spravochnik [The annotated list of medicinal plants of Kazakhstan. Reference book]*. Almaty: Institute of Botany and Phyto-Introduction [in Russian].
- 5 Baitenov, M.S. (1999). *Flora Kazakhstana. T. 1: Illiustrirovannyi opredelitel semeistv i rodov [Flora of Kazakhstan. Vol. 1: Illustrated determinant of families and genera]*. Almaty: Hylym [in Russian].
- 6 *Rastitelnye resursy Rossii. Dikorastushchie tsvetkovye rasteniia, ikh komponentnyi sostav i biologicheskaja aktivnost [Plant resources of Russia. Wild flowering plants, their component composition and biological activity]*. (2012). (Vol. 5). Saint Petersburg – Moscow: KMK [in Russian].
- 7 Zhunusova, M.A. (2019). Farmatsevticheskaia razrabotka lekarstvennykh sredstv iz rastitelnoho syria *Scabiosa ochroleuca* L. i *Scabiosa isetensis* L. [Pharmaceutical development of herbal drugs *Scabiosa ochroleuca* L. and *Scabiosa isetensis* L.]. *PhD thesis on specialty 6D074800 — Technology of pharm industry*. Karaganda [in Russian].
- 8 Pinto, D., Rahmouni, N., Beghidja, N., & Silva, A.M. (2018). *Scabiosa* genus: A rich source of Bioactive Metabolites. *Medicines*, 5(4), 110–120. URL: <https://doi.org/10.3390/medicines5040110>.
- 9 Zhunusova, M.A., Suleimen, E.M., Iskakova, Z.B., Ishmuratova, M.Yu. & Abdullabekova R.M. (2017). Constituent composition and biological activity of CO<sub>2</sub>-extracts of *Scabiosa isetensis* and *S.ochroleuca*. *Chemistry of Natural Compounds*, 53(2), 775–777. URL: <https://doi.org/10.1007/s10600-017-2118-9>.
- 10 Zhunusova, M.A., Kudarina, A.K., Ahmetova, S.B., Abdullabekova, R.M., Kabieva, S.K., & Ibraev, M.K. (2017). Antimikrobnai i protivohribkovaia aktivnost CO<sub>2</sub>-ekstraktov rastenii semeistva *Dipsacaceae* [Antimicrobial and antifungal activity of CO<sub>2</sub>-extracts of plants of family *Dipsacaceae*]. *Farmatsiia Kazakhstana — Pharmacia of Kazakhstan*, 3(189), 23–25 [in Russian].
- 11 Ishmuratova, M.Yu., Zhunusova, M.A., Tyrzhanova, S.S., & Salinteva, M.M. (2020). Study of spreading and plant resources of herbs *Scabiosa ochroleuca* L. and *Scabiosa isetensis* L. on the territory of Karaganda region. *Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 1(97), 47–53. URL: <https://doi.org/10.31489/2020BMG1/47-53>.
- 12 Zorina, M.S., & Kabanov, S.P. (1986). Opredelenie semennoi produktivnosti i kachestva semian introdutsentov [Determination of seed productivity and quality of seeds of introduced plants]. *Metodiki introduktsionnykh issledovaniy v Kazakhstane — Methodology of introduction study in Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 13 Maltseva, M.V. (1950). *Posobie po opredeleniiu posevnykh kachestv semian lekarstvennykh rastenii [Manual for determining the sowing qualities of medicinal plant seeds]*. Moscow [in Russian].
- 14 *Metodicheskie ukazaniia po semenovedeniiu introdutsentov [Manual for seed breeding of introduced plants]*. (1980). Moscow: Nauka [in Russian].
- 15 Ovcharov, K.E., & Kizilov, E.G. (1966). *Raznokachestvennost semian i produktivnost rastenii [Different quality of seeds and plant productivity]*. Moscow: Kolos [in Russian].
- 16 Firsova, M.K. (1959). *Metody opredeleniia kachestva semian [Methods of determination of seed quality]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 17 Wellington, P. (1973). *Metodika otsenki prorostkov semian [Procedure for assessment of seed seedlings]*. Moscow: Kolos [in Russian].
- 18 Udolskaya, N.L. (1976). *Metodika biometricheskikh raschetov [Biometric Calculation Methodology]*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 19 Nikolaeva, M.G., Lyanguzova, I.V., & Pozdnova, L.M. (1999). *Biologhiia semian [Seed biology]*. Saint-Petersburg [in Russian].
- 20 Nikolaeva, M.G., Razumova, M.V. & Gladkova, V.N. (1985). *Spravochnik po prorashchivaniuu pokoiashchikhsia semian [Germination Guide for Resting Seeds]*. Leningrad: Nauka [in Russian].
- 21 Androsova, D.N. & Danilova N.S. (2017). Biologhiia prorstaniia semian nekotorykh vidov semeistva Asteraceae Dumort. [Biology of germination of seeds of some species from fam. *Asteraceae* Dumort]. *Izvestiia Samarskoho nauchnogo tsentra RAN — Bulletin of Samara scientific center of RAS*, 19(2), 104–109 [in Russian].

С.А. Кобланова\*, Ю.О. Рогожкина

*Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова, Казахстан  
(\*E-mail: saule@inbox.ru)*

## Эколого-таксономический анализ прибрежной флоры Аулиекольского района (Костанайская область)

Изучение флоры является важным аспектом поддержания и мониторинга биоразнообразия. Костанайская область недостаточно исследованный регион, требующий подробного анализа прибрежной растительности. При проведении исследований в 2016–2019 гг. изучен состав прибрежной флоры 6 водоемов: рек (Убаган и Карасу), а также природных озер (Учительское, Солёное № 1, Солёное № 2 и Кайранколь). В результате исследований, проведенных на территории Аулиекольского района Костанайской области, было выявлено произрастание 106 видов прибрежной флоры из 84 родов и 37 семейств. Таксономический состав характеризуется доминированием среди семейств *Asteraceae*, *Poaceae* и *Fabaceae*, среди родов — *Artemisia*, *Plantago*, *Astragalus*. В Аулиекольском районе преобладают растения степной ценотической группы, что объясняется расположением района исследования в пределах Тургайской ложбины. На обследованной территории выделены 7 экологических групп растений, причем максимальное число видов является ксеромезофитами (33 таксона), минимальное — ксерофитами (1 вид). Среди жизненных форм отмечено только 4 группы, из которых максимум приходится на многолетние травянистые растения (78 видов). Выявлена неравномерность распределения растений по обследованным водоемам. Максимум приходится на пойму р. Убаган, минимум — на оз. Учительское.

*Ключевые слова:* Аулиекольский район, Костанайская область, прибрежная флора, таксономический анализ, экологические группы, жизненные формы, распределение.

### Введение

Охрана природы является важным направлением государственной политики, особенно растительного мира, являющегося основой поддержания всего живого. При изучении флоры необходимо проводить ее анализ, который показывает историю формирования территории, экологию, фитоценологию и возможность практического использования [1].

Костанайская область (Северный Казахстан) включает в себя значительные территории (площадь около 196,0 тыс. кв. км), а также природные комплексы, включающие значительное число типов растительности. На ее территории наблюдается последовательная смена сообществ — от лесных до пустынных [2]. Так, Тургайская впадина включает три крупные единицы, как Костанайская равнина, Тургайское плато и Южно-Тургайская равнина [3, 4].

Географическое положение и многообразие природных условий позволяет произрастать значительному числу видов сосудистых растений, общий состав которых до сих пор не исследован. Современные конспекты и анализ флоры приведены для редких и исчезающих видов растений Костанайской области [5, 6], общие географические элементы области [7], флора березовых, ольховых и сосновых лесов [8–10], дана характеристика флоры Тургайского прогиба [11], поймы реки Тобол [12]. В целом, флора области представлена 1223 видами из 454 родов и 107 семейств [13].

Таким образом, существует научный потенциал изучения отдельных видов флоры отдельных регионов (районов) Костанайской области, отдельных компонентов флоры, что позволяет осуществлять более полный и развернутый анализ.

В аридных и семиаридных территориях, в число которых входит Костанайская область, важную роль в биологическом разнообразии играет флора речных долин, то есть водных и прибрежно-водных растений. Данные виды растений выполняют важную фитомелиоративную, водоохранную и защитную функцию. А оценка потенциала использования водоемов для охраны природы и сельского хозяйства требует подробного исследования и регулярного мониторинга.

Цель исследования — провести эколого-таксономический анализ прибрежной флоры Аулиекольского района Костанайской области.

### Объекты и методика исследований

Данная работа служит обобщением полевых обследований Аулиекольского района Костанайской области в течение 2016–2019 гг. В качестве модельных объектов были выбраны 6 водоемов: реки (Убаган, Карасу) и природные озера (Учительское, Солёное № 1, Солёное № 2, Кайранколь). Общая протяженность маршрутов исследований составила около 100 км. По материалам полевых исследований составлен сводный список прибрежной флоры Аулиекольского района.

При составлении списка флоры прибрежной флоры анализировались гербарные сборы Костанайского государственного университета им. А. Байтурсынова, Костанайского социально-технического университета им. З. Алдамжар.

Сбор материалов проводили маршрутно-рекогносцировочными и полустационарными методами с использованием традиционных методических указаний [14–16]. В процессе определения использовали следующие сводки: «Флора Казахстана» [17], «Определитель растений Средней Азии» [18], «Иллюстрированный определитель растений Казахстана» [19]. Для уточнения видовых и родовых названий применяли сводку С.К. Черепанова [20].

При анализе флоры использовали методы биолого-экологического анализа с выделением таксономической характеристики, экологических групп, жизненных форм [21, 22].

### Результаты и их обсуждение

Аулиекольский район — район в центральной части Костанайской области в пределах Тургайского прогиба (рис. 1).



Рисунок 1. Карта Аулиекольского района Костанайской области

Центральная часть ложбины испещрена озерами, преимущественно солеными и пересыхающими (Кушмурун, Ревуль, Ногайколь, Учительское и др.) и прорезана руслами рек (Убаган, Шили, Карасу). Водоемы окружены различными вариантами сообществ засушливых, сухих и опустыненных степей.

Климатические условия характеризуются следующими показателями: сумма температур воздуха более 10 °С, составляет 2400–2700 °С. Самый теплый месяц — июль со средними температурами +21–22 °С, самый холодный — январь (–17–18 °С).

Годовое количество осадков — 230–280 мм, большая часть которых (до 60 %) приходится на теплый период. Стоит отметить, что годовое количество осадков уменьшается при движении с севера на юг. Продолжительность безморозного периода составляет в среднем 140–160 дней. В почвенном

покрове представлены темно-каштановые и каштановые карбонатные и солонцеватые почвы [23]. Большая часть территории характеризуется сухостепными сообществами.

Результаты полевых исследований и анализ гербарного материала позволили определить произрастание в составе прибрежной флоры Аулиекольского района 106 видов сосудистых растений, относящихся к 84 родам и 37 семействам (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

## Таксономический состав прибрежной флоры Аулиекольского района Костанайской области

Семейство	Кол-во родов, шт.	% от общего числа родов	Кол-во видов, шт.	% от общего числа видов
<i>Alismataceae</i>	2	2,41	2	1,90
<i>Alliaceae</i>	1	1,20	2	1,90
<i>Apiaceae</i>	4	4,82	4	3,81
<i>Asteraceae</i>	17	20,48	23	21,90
<i>Boraginaceae</i>	5	6,02	5	4,76
<i>Butomaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Campanulaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Caryophyllaceae</i>	3	3,61	5	4,76
<i>Ceratophyllaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Chenopodiaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Convolvulaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Crassulaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Cyperaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Dipsacaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Euphorbiaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Fabaceae</i>	5	6,02	8	7,62
<i>Gentianaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Geraniaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Haloragaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Lamiaceae</i>	5	6,02	6	5,71
<i>Lythraceae</i>	1	1,20	2	1,90
<i>Malvaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Nymphaeaceae</i>	2	2,41	3	2,86
<i>Onagraceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Plantaginaceae</i>	1	1,20	4	3,81
<i>Plumbaginaceae</i>	1	1,20	2	1,90
<i>Poaceae</i>	8	9,64	8	7,62
<i>Polygonaceae Juss.</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Ranunculaceae</i>	3	3,61	4	3,81
<i>Rosaceae</i>	3	3,61	4	3,81
<i>Rubiaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Scrophulariaceae</i>	3	3,61	4	3,81
<i>Solanaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Sparganiaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Typhaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<i>Lentibulariaceae</i>	1	1,20	1	0,95
<b>Итого 37</b>	<b>84</b>	<b>100</b>	<b>106</b>	<b>100</b>

Большая часть таксонов относится к двудольным растениям — 90 видов из 69 родов, меньшая — к однодольным (16 видов из 15 родов) (рис. 2).

Семейственно-видовой спектр возглавляют семейства *Asteraceae* (23 вида, 24,7%), *Poaceae* (8 видов, 8,6%) и *Fabaceae* (8 видов, 8,6%) (рис. 3).

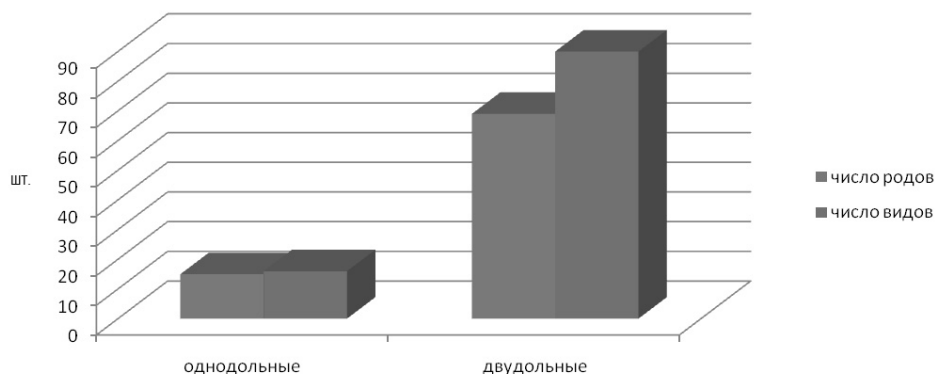


Рисунок 2. Соотношение однодольных и двудольных видов растений прибрежной флоры Аулиекольского района Костанайской области

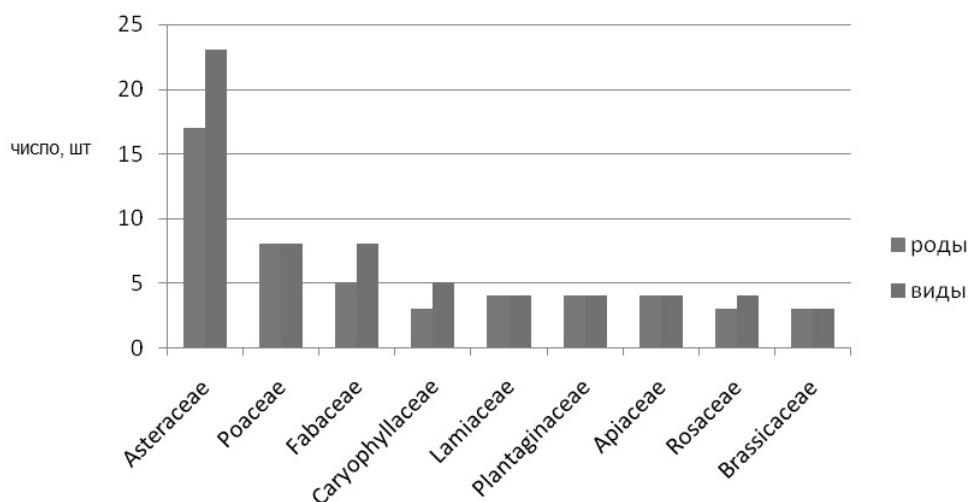


Рисунок 3. Спектр ведущих семейств прибрежной флоры Аулиекольского района Костанайской области

Высокое положение в семейственно-видовом спектре флоры водоемов отдельных семейств определяется разными причинами. *Asteraceae* и *Poaceae* — наиболее крупные семейства мировой флоры, лидирующие в региональных флорах умеренных широт. Они в обилии представлены растениями разных экологических групп. В свою очередь для *Fabaceae* более характерны виды открытых местобитаний, семейство тяготеет к южным широтам, а изучаемая территория относится к степной части, то это семейство занимает одно из первых мест.

Наиболее крупными родами являются *Artemisia* и *Plantago*, представленные каждый 4 видами, а также род *Astragalus*, который насчитывает 3 вида (табл. 2).

Таблица 2

Спектр ведущих родов прибрежной флоры Аулиекольского района Костанайской области

Название рода	Количество видов, шт.
1	2
<i>Artemisia</i>	4
<i>Plantago</i>	4
<i>Astragalus</i>	3
<i>Limonium</i>	2
<i>Dianthus</i>	2
<i>Gypsophila</i>	2
<i>Medicago</i>	2
<i>Potentilla</i>	2
<i>Linum</i>	2

Продолжение таблицы 2

1	2
<i>Achillea</i>	2
<i>Sonchus</i>	2
<i>Veronica</i>	2
<i>Allium</i>	2
<i>Sonchus</i>	2
<i>Lythrum</i>	2

В Аулиекольском районе преобладают растения степной ценофитической группы. Их большая представленность объясняется тем, что район исследований расположен в пределах Тургайской ложбины, а на ее плоской засоленной равнине днища распространены различные типы комплексных степей, и поэтому растения степных сообществ наиболее массовая группа в окружении района [24].

Выделены 7 экологических групп по отношению к режиму увлажнения (рис. 4), среди которых наибольшее число видов отнесено к ксеромезофитам (33 таксона), минимальное — к ксерофитам (1 вид).

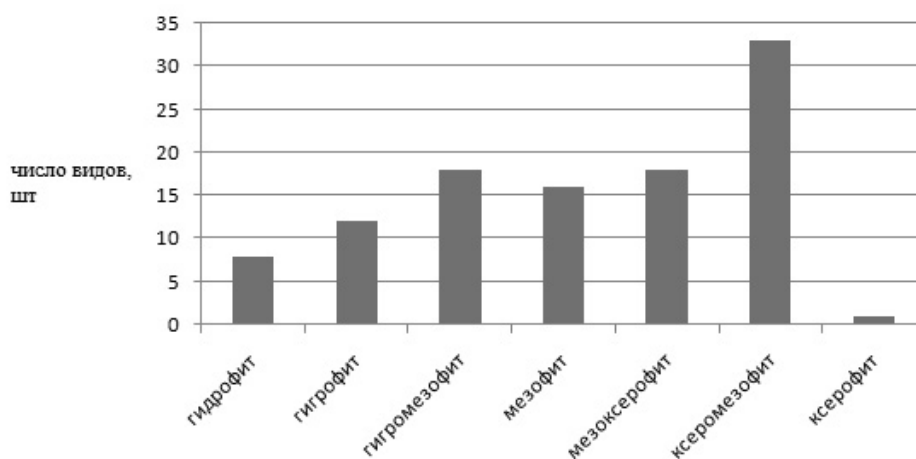


Рисунок 4. Распределение видов прибрежной флоры Аулиекольского района Костанайской области по экологическим группам

По жизненным формам были выделены 4 группы: многолетние травы, одно- и двулетние травы, полукустарники и полукустарнички (табл. 3). Максимальная доля приходится на травянистые многолетние растения — 78 видов, минимальная на полукустарник — 1 таксон. Выявленные виды неравномерно распределялись по отдельным водоемам (рис. 5).

Таблица 3

Распределение видов прибрежной флоры Аулиекольского района Костанайской области по жизненным формам

Жизненная форма	Число видов, шт.
Многолетние травянистые	78
Одно- и двулетние травянистые	23
Полукустарнички	4
Полукустарники	1



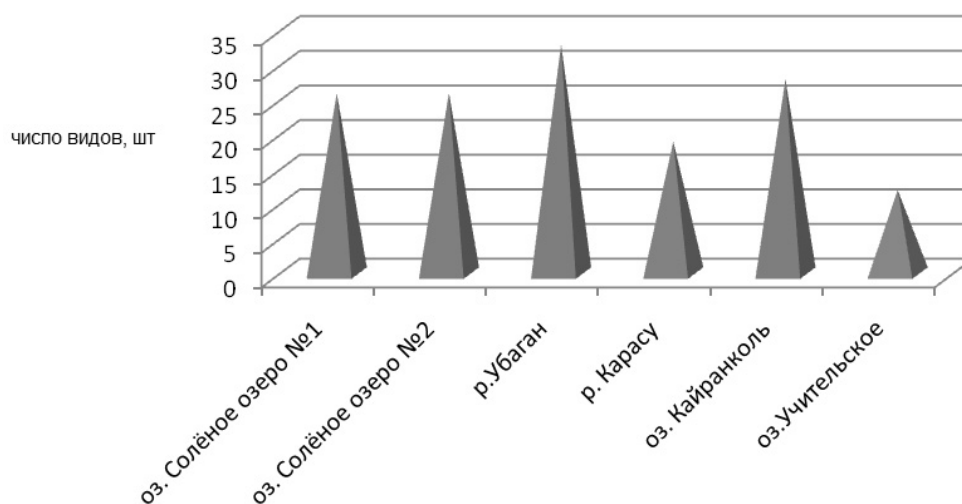


Рисунок 5. Распределение видов прибрежной флоры по отдельным водоемам

Наибольшее число зафиксировано на р. Убаган, минимальное — на оз. Учительское.

#### Заключение

В результате исследований, проведенных на территории Аулиекольского района Костанайской области, было выявлено произрастание 106 видов прибрежной флоры из 84 родов и 37 семейств. Таксономический состав характеризуется доминированием среди семейств *Asteraceae*, *Poaceae* и *Fabaceae*, среди родов — *Artemisia*, *Plantago*, *Astragalus*. В Аулиекольском районе преобладают растения степной ценофитической группы, что объясняется расположением района исследования в пределах Тургайской ложбины.

На обследованной территории выделены 7 экологических групп растений, причем максимальное число видов является ксеромезофитами (33 таксона), минимальное — ксерофитами (1 вид). Среди жизненных форм отмечено только 4 группы, из которых максимум приходится на многолетние травянистые растения (78 видов).

Выявлена неравномерность распределения растений по обследованным водоемам. Максимум приходится на пойму р. Убаган, минимум — на оз. Учительское.

#### Список литературы

- 1 Демидова А.Н. Комплексный подход к анализу флоры / А.Н. Демидова, Н.Г. Прилепский // Вестн. Москов. ун-та. Сер. Биология. — 2014. — № 2. — С. 46–43.
- 2 Карамышева З.В. Ботаническая география степной части Центрального Казахстана / З.В. Карамышева, Е.И. Рачковская. — Л.: Наука, 1973. — 277 с.
- 3 Доскач А.Г. Основные черты строения рельефа Северного Казахстана / А.Г. Доскач // Природное районирование Северного Казахстана. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — С. 23–41.
- 4 Илларионов А.Г. Геоморфология Тургайского прогиба / А.Г. Илларионов // Геология СССР. — 1971. — Т. 34, Кн. 2. — С. 230–277.
- 5 Пережогин Ю.В. Дикорастущие редкие и исчезающие растения Костанайской области / Ю.В. Пережогин. — Костанай: Костанай полиграфия, 2004. — 106 с.
- 6 Пережогин Ю.В. Дополнение к списку редких и исчезающих растений Костанайской области (Северный Казахстан) / Ю.В. Пережогин, С.И. Курлов // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. — 2015. — № 10(185). — С. 43–47.
- 7 Пережогин Ю.В. Хорологический анализ флоры Костанайской области (Северный Казахстан) / Ю.В. Пережогин // Вестн. ОГУ. — 2006. — Т. 2, № 5. — С. 89–93.
- 8 Пугачев П.Г. Сосновые леса Тургайской впадины / П.Г. Пугачев. — Кустанай, 1994. — 406 с.
- 9 Сторчак Т.В. Березовые леса Тургайской впадины: автореф. дис. ... канд. наук / Т.В. Сторчак. — Костанай, 2001. — 25 с.
- 10 Кобланова С.А. Ольшаники Северного Тургая: автореф. дис. ... канд. наук / С.А. Кобланова. — Алматы, 2003. — 28 с.
- 11 Ситпаева Г.Т. Анализ флоры Тургайского прогиба: автореф. дис. ... канд. наук / Г.Т. Ситпаева. — Алматы, 1998. — 26 с.

- 12 Нурмухамбетова Р.Т. Флора и растительность реки Тобол: в пределах Костанайской области: автореф. дис. ... канд. наук / Р.Т. Нурмухамбетова. — Екатеринбург, 1999. — 18 с.
- 13 Пережогин Ю.В. Таксономический анализ флоры Костанайской области (Северный Казахстан) / Ю.В. Пережогин // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. — 2008. — № 5(86). — С. 137–139.
- 14 Щербаков А.В. Полевое изучение флоры и гербаризация растений / А.В. Щербаков, С.Р. Майоров. — М.: Изд-во МГУ, 2006. — 84 с.
- 15 Гурина Н.С. Ботаническая практика / Н.С. Гурина, О.В. Мушкина, М.В. Волочник. — Минск: БГМУ, 2016. — 24 с.
- 16 Скворцов А.К. Гербарий / А.К. Скворцов. — М., 1977. — 199 с.
- 17 Флора Казахстана. — Т. 1–9. — Алма-Ата, 1956–1966.
- 18 Определитель растений Средней Азии. — Т. 1–10. — Ташкент: ФАН, 1968–1993.
- 19 Иллюстрированный определитель растений Казахстана. — Т. 1, 2. — Алма-Ата, 1962–1975.
- 20 Czerepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent state (the former USSR) / S.K. Czerepanov. — Cambridge: University Press, 1995. — 516 p.
- 21 Радкевич В.А. Экология / В.А. Радкевич. — Минск: Высш. шк., 1998. — 159 с.
- 22 Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение / И.Г. Серебряков // Полевая геоботаника. — Т. 3. — М.; Л.: Наука, 1964. — С. 146–205.
- 23 Важнейшие водно-болотные угодья Северного Казахстана (в пределах Костанайской и западной части Северо-Казахстанской областей). — М.: Рус. ун-т, 2002. — 156 с.
- 24 Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России / П.Ф. Маевский. — М.: КМК, 2014. — 635 с.

С.А. Кобланова, Ю.О. Рогожкина

### Әулікөл ауданының жағалау флорасын экологиялық-таксономиялық талдау (Қостанай облысы)

Флораны зерттеу биоәртүрлілікті сақтау мен бақылаудың маңызды аспектісі болып табылады. Қостанай облысы жеткілікті зерттелмеген аймақ, жағалау өсімдіктері толық сараптауды қажет етеді. 2016–2019 жылдары 6 су айдынының жағалау флорасының құрамы зерттелді: өзендер (Обаған, Қарасу) және табиғи көлдер (Мұғалім, Тұзды № 1, Тұзды № 2, Қайранкөл). Қостанай облысы Әулікөл ауданы аумағында жүргізілген зерттеулер нәтижесінде 84 туыстан және 37 тұқымдастан тұратын жағалау флорасының 106 түрінің өсуі анықталды. Таксономиялық құрамы *Asteraceae*, *Poaceae* және *Fabaceae* тұқымдастарының арасында, *Artemisia*, *Plantago*, *Astragalus* туыстар арасында басым болуымен сипатталды. Әулікөл ауданында дала ценотикалық тобының өсімдіктері басым, бұл зерттеу ауданының Торғай ойпағында орналасуымен түсіндіріледі. Зерттелген аумақта өсімдіктердің 7 экологиялық тобы бөлінген, олардың ең көп саны — ксеромезофиттер (33 таксон), ең азы — ксерофиттер (1 түр). Тіршілік формаларының ішінде тек 4 топ бар, олардың көпшілігі көпжылдық шөптесін өсімдіктерге (78 түр) келеді. Зерттелген су объектілері бойынша өсімдіктердің біркелкі бөлінбеуі анықталды. Ең көбі Обаған өзенінің жайылмасына, ең азы — Мұғалім көліне келеді.

*Кілт сөздер:* Әулікөл ауданы, Қостанай облысы, жағалау флорасы, таксономиялық талдау, экологиялық топтары, тіршілік формалары, бөлу.

S.A. Koblanova, Yu.O. Rogozhkina

### Ecological and taxonomic analysis of the coastal flora of the Auliekol region (Kostanay region)

The study of flora is an important aspect of biodiversity maintenance and monitoring. Kostanay region is not a sufficiently explored region requiring a detailed analysis of coastal vegetation. During research in 2016–2019 the composition of the coastal flora of 6 geographical points was studied: rivers (Ubagan, Karasu) and natural lakes (Teacher, Solyenoe No. 1, Solyenoe No. 2, Kairankol). As a result of studies conducted on the territory of the Auliekol district of the Kostanay region, 106 species of coastal flora from 84 genera and 37 families were found. The taxonomic composition is characterized by dominance among the families *Asteraceae*, *Poaceae* and *Fabaceae*, among the genera — *Artemisia*, *Plantago*, *Astragalus*. In the Auliekol region, plants of the steppe cenotic group prevail, which is explained by the location of the study area within the Turgai lodge. In the surveyed territory, 7 ecological groups of plants were identified, with the maximum number of species being xero-mesophytes (33 taxa), the minimum — xerophytes (1 species). Among life forms, only 4 groups were noted, of which the maximum falls on perennial herbaceous plants (78 species). Uneven distribution of plants in the surveyed reservoirs was revealed. The maximum amounts falls on the floodplain of the river Ubagan, the minimum — on the lake Teacher.

*Keywords:* Auliekol district, Kostanay region, coast flora, taxonomic analysis, ecological groups, life forms, spreading.

## References

- 1 Demidov, A.N., & Prilepskii, N.G. (2014). Kompleksnyi podkhod k analizu flory [The integrated approaching to the flora analysis]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya biologiya — Bulletin of Moscow University. Series biology*, 2, 46–43 [in Russian].
- 2 Karamysheva, Z.V., & Rachkovskaya, E.I. (1973). *Botanicheskaia heohrafiia stepnoi chasti Tsentralnogo Kazakhstana [Botanical geography of steppe zone of the Central Kazakhstan]*. Leningrad: Nauka [in Russian].
- 3 Dorskach, A.G. (1960). Osnovnye cherty stroeniia reliefa Severnogo Kazakhstana [The main features of the relief structure of the Northern Kazakhstan]. *Prirodnoe raionirovanie Severnogo Kazakhstana — Natural zoning of the Northern Kazakhstan*. Moscow; Leningrad: Publ. of AS USSR [in Russian].
- 4 Illarionov, A.G. (1971). Heomorfolohiia Turhaiskogo prohiva [Geomorphology of Turgai deflection]. *Geolohiia SSSR — Geology of USSR*, 34(2), 230–277 [in Russian].
- 5 Perezhohin, Yu.V. (2004). *Dikorastushchie redkie i ischezaiushchie rasteniia Kostanaiskoi oblasti [Wild rare and disappearing plants of Kostanai region]*. Kostanai: Kostanai polihrafiia [in Russian].
- 6 Perezhohin, Yu.V., & Kurlov, S.I. (2015). Dopolnenie k spisku redkikh i ischezaiushchikh rastenii Kostanaiskoi oblasti (Severnyi Kazakhstan) [Supplement to the list of rare and endangered plants of Kostanay region (the Northern Kazakhstan)]. *Vestnik Orenburzhskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Orenburg State University*, 10(185), 43–47 [in Russian].
- 7 Perezhohin, Yu.V. (2006). Horolohicheskii analiz flory Kostanaiskoi oblasti (Severnyi Kazakhstan) [Chorological analysis of flora of the Kostanay region (the Central Kazakhstan)]. *Vestnik Orenburzhskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Orenburg State University*, 2(5), 89–93 [in Russian].
- 8 Puhachev, P.G. (1994). *Sosnovye lesa Turhaiskoi vpadiny [The pine forests of the Turgai depression]*. Kustanai [in Russian].
- 9 Storchak, T.V. (2001). Berezovye lesa Turhaiskoi vpadiny [The birch forests of the Turgai depression]. *Abstract of PhD*, Kostanay [in Russian].
- 10 Koblanova, S.A. (2003). Olshaniki Severnogo Turhaia [The alder forests of the Northern Turgai]. *Abstract of PhD*, Almaty [in Russian].
- 11 Sitpayeva, G.T. (1998). Analiz flory Turhaiskogo prohiva [Analysis of flora of Turgai depression]. *Abstract of PhD*, Almaty [in Russian].
- 12 Nurmukhambetova, R.T. (1999). Flora i rastitelnost reki Tobol: v predelakh Kostanaiskoi oblasti [Flora and vegetation of river Tobol: in border of Kostanay region]. *Abstract of PhD*, Ekaterinburg [in Russian].
- 13 Perezhohin, Yu.V. (2008). Taksonomicheskii analiz flory Kostanaiskoi oblasti (Severnyi Kazakhstan) [Taxonomic analysis of flora of Kostanay region (the Northern Kazakhstan)]. *Vestnik Orenburzhskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Orenburg State University*, 5(86), 137–139 [in Russian].
- 14 Shcherbakov, A.V., & Mayorov, S.R. (2006). *Polevoe izuchenie flory i herbarizatsiia rastenii [Field study and herbarium collection of plants]*. Moscow: Publ. of MSU [in Russian].
- 15 Gurina, N.S., Mushkina, O.V., & Volochik, M.V. (2016). *Botanicheskaia praktika [Botanical practice]*. Minsk: BMGU [in Russian].
- 16 Skvorzov, A.K. (1977). *Herbarii [Herbarium]*. Moscow [in Russian].
- 17 *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. (1956–1966). Alma-Ata, 1–9 [in Russian].
- 18 *Opredelitel rastenii Srednei Azii [Determinant of plants of the Central Asia]*. (1968–1993). Tashkent: FAN [in Russian].
- 19 *Illyustrirovannyi opredelitel rastenii Kazakhstana [Illustrated determinant of plants of Kazakhstan]*. (1962–1975). Alma-Ata [in Russian].
- 20 Czerepanov, S.K. (1995). *Vascular plants of Russia and adjacent state (the former USSR)*. Cambridge: University Press.
- 21 Radkevich, V.A. (1998). *Ekolohiia [Ecology]*. Minsk: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 22 Serebryakov, I.G. (1964). Zhiznennye formy vysshikh rastenii i ikh izuchenie [Life forms of higher plants and their study]. *Polevaia heobotanika — Field GeoBotany*, 3. Moscow; Leningrad: Nauka [in Russian].
- 23 *Vazhneishie vodno-bolotnye ukhodia Severnogo Kazakhstana (v predelakh Kostanaiskoi i zapadnoi chasti Severo-Kazakhstanskoi oblasti) [The most important wetlands of Northern Kazakhstan (within the Kostanay and Western parts of the Northern Kazakhstan regions)]* (2002). Moscow: Russkii universitet [in Russian].
- 24 Maevskii, P.F. (2014). *Flora srednei polosy evropeiskoi chasti Rossii [Flora of the middle zone of the European part of Russia]*. Moscow: KMK [in Russian].

О.Н. Косарева\*, Д.Н. Жарасова, А.Б. Ахтанова

*Мангышлакский экспериментальный ботанический сад КН МОН РК, Актау, Казахстан  
(\*E-mail: imangarden@mail.ru)*

## **Сезонное развитие, оводненность и жаростойкость интродуцированных сортов яблони в аридных условиях Мангистау**

В статье впервые представлены результаты определения оводненности побегов и листьев и жаростойкости 10-ти интродуцированных сортов яблони в связи с их сезонным развитием и продуктивностью в экстремальных природных условиях Мангистау. Выявлено, что оводненность побегов и листьев сортов яблони менялась в течение вегетационного периода, возрастая и снижаясь в связи с изменением погодных условий. Наиболее высокая оводненность листьев наблюдалась преимущественно в мае, к концу вегетации оводненность листьев достигала минимальных значений. При этом наблюдалось периодическое снижение и повышение оводненности (пульсация) в течение вегетационного периода. Резкое падение оводненности листьев было зафиксировано у большинства сортов в середине августа, в период завершения созревания плодов и одревеснения побегов. Жаростойкость тоже менялась в течение вегетационного периода, снижаясь с мая по сентябрь. Высокая жаростойкость отмечена у сортов «Столовка» и «Ренет Бурхардта», которые характеризуются высокой продуктивностью.

*Ключевые слова:* яблоня, сорт, интродукция, сезонное развитие, фенофазы, оводненность, жаростойкость, продуктивность.

### *Введение*

Климат Мангистау резко континентальный, с дефицитом влаги на протяжении всего вегетационного периода. Среднегодовая температура воздуха от +9,6 до +11,5 °С, абсолютный минимум – 34 °С (последние 40 лет минусовая температура воздуха не наблюдалась раньше декабря и позже февраля и не опускалась ниже –18 °С), абсолютный максимум +47 °С; среднегодовое количество осадков 107–180 мм, снежный покров практически отсутствует. Характерны частые ветры со среднегодовой скоростью 4,6 м/с, максимальная скорость — 30 м/с. Почвы бурые и серо-бурые пустынные, характеризующиеся высокой степенью засоления, близким залеганием к поверхности твердых пород (сарматских известняков и др.). Растительность типично пустынная, с преобладанием полкустарничковых солянок и полыней, весной — эфемеров и эфемероидов [1].

Для преодоления неблагоприятных факторов окружающей среды были разработаны специальные способы выращивания и содержания интродуцентов: использование дренажной системы, исключаяющей вторичное засоление почвы; капельное орошение с мая по сентябрь; внесение органических удобрений и мульчирование навозом и опилками посевных борозд и приствольных кругов; на участках с близким подстиланием коренных пород — выкопка глубоких посадочных ям и траншей с полной заменой почвогрунта [2].

### *Объекты и методика исследований*

Работа была выполнена в течение 2019 года, объектами исследования являлись 10 сортов яблони, районированных в Казахстане («Ася», «Восход», «Зайлийское», «Золотое превосходное», «Кандиль-синап», «Мантет», «Ренет Бурхардта», «Салтанат», «Столовка», «Флорина»). Саженцы указанных сортов, привитые на сеянцы яблони Сиверса, были завезены из питомника Исыкского дендрария и одновременно высажены на специально подготовленном участке в начале апреля 2010 г. Подготовка почвы заключалась в удалении засоленного верхнего слоя почвогрунта, посадочные ямы (1,5×2,0×1,0 м) заполняли смесью незасоленного песчаного грунта с навозом и опилками. Схема посадки — 3×5 м, формировка кроны свободная. Для полива использовалась система капельного орошения, с мая по сентябрь проводилось до 25 поливов, поливная норма составляла 325 м<sup>3</sup>/га, оросительная норма — 8125 м<sup>3</sup>/га. Предполивная влажность почвы менялась в пределах от 70 до 75 %. Фенонаблюдения проводили по общепринятым методикам [3, 4], продуктивность определяли весовым методом (средний вес плодов на одно дерево из 5-ти деревьев каждого сорта). Оводненность однолетних побегов определяли с февраля по май, оводненность листьев — с мая по сентябрь, два раза в

месяц, весовым методом (путем их высушивания до постоянного веса при температуре 100–105 °С в пятикратной повторности). Жаростойкость определяли по Ф.Ф. Мацкову [5], с учетом рекомендаций для плодовых культур [6], один раз в месяц с мая по сентябрь. Для характеристики метеоусловий пользовались данными местной метеостанции. Математическую обработку результатов выполняли по методикам Н.Л. Удольской [7] и Г.Ф. Лакина [8].

### Результаты

Погодные условия характеризовались теплой зимой и жарким продолжительным летом. Минимальная температура воздуха (–6 °С) наблюдалась в феврале, начиная с марта, температура воздуха не опускалась ниже 0°С.

В начале марта было жарко и сухо, температура воздуха повышалась до 15 °С, во второй половине марта температура воздуха несколько снизилась (до 14 °С), наблюдались частые дожди. В этот период происходило распускание почек (Пч<sup>1</sup> – Пч<sup>2</sup>) и обособление листьев (Л<sup>1</sup>) (табл. 1).

В начале апреля температура воздуха продолжала повышаться, во второй декаде температура достигла 25 °С, в третьей декаде температура понизилась до 14 °С.

Т а б л и ц а 1

Основные фенодаты интродуцированных сортов яблони в 2019 году

Название сорта	Даты наступления фенофаз сортов яблони								
	Пч <sup>2</sup>	Л <sup>1</sup>	Пб <sup>1</sup>	Ц <sup>3</sup>	Ц <sup>4</sup>	Ц <sup>5</sup>	Пл <sup>3</sup>	О <sup>2</sup>	Л <sup>4</sup>
«Ася»	19.03	30.03	30.04	18.04	24.04	03.05	18.08	09.08	12.10
«Восход»	19.03	27.03	30.04	19.04	24.04	03.05	12.08	15.08	13.10
«Зайлийское»	19.03	27.03	29.04	25.04	29.04	03.05	09.08	10.08	11.10
«Золотое пре-восходное»	20.03	27.03	30.04	16.04	25.04	03.05	12.08	10.08	13.10
«Кандиль-синап»	22.03	27.03	29.04	26.04	29.04	06.05	12.08	10.08	13.10
«Мантет»	20.03	29.03	30.04	16.04	24.04	03.05	18.07	12.08	13.10
«Ренет Бурхардта»	20.03	27.03	26.04	16.04	25.04	02.05	18.07	10.08	13.10
«Салтанат»	22.03	30.03	26.04	18.04	25.04	06.05	18.08	10.08	17.10
«Столовка»	19.03	01.04	30.04	16.04	24.04	02.05	09.07	14.08	17.10
«Флорина»	22.03	26.03	30.04	16.04	25.04	06.05	12.08	14.08	17.10

Дожди наблюдались в начале (1–2.04), середине (17.04, 20.04) и конце (30.04) месяца. Во второй половине апреля зафиксировано завершение роста листьев (Л<sup>3</sup>) и появление бутонов (Ц<sup>3</sup>), в третьей декаде апреля началось цветение (Ц<sup>4</sup>) и рост побегов (Пб<sup>1</sup>).

В начале мая наблюдалась теплая сухая погода с температурой воздуха до +28 °С, в середине мая отмечены осадки (14.05, 23.05) и снижение температуры воздуха до 20 °С, к концу третьей декады мая температура воздуха вновь повысилась до 29 °С. Во второй половине мая начался полив растений. В начале мая завершилось цветение яблонь (Ц<sup>5</sup>), в первой половине мая наблюдался наиболее интенсивный рост побегов, затем рост замедлялся.

В начале июня установилась сухая жаркая погода, температура воздуха повышалась до 32 °С, во второй декаде жара усилилась до 36 °С. 30 июня наблюдался дождь, температура кратковременно снижалась до 21 °С. В июне у всех сортов завершился рост побегов (с 03.06 по 24.06), проходило формирование и развитие плодов (Пл<sup>2</sup>).

В июле температура воздуха продолжала повышаться, но в отдельные дни, во время дождей (1–2.07), несколько снижалась. Во второй декаде июля наблюдалась сухая жаркая погода, температура повышалась до 36 °С, в начале третьей декады — до 37 °С (в тени). 31 июля наблюдался слабый дождь. В июле отмечено созревание плодов у сортов «Столовка» (09.07), «Ренет Бурхардта» и «Мантет» (18.07).

В августе по-прежнему отмечалась высокая температура воздуха (до 34 °С), но в отдельные дни снижалась до 24 °С днем и до 19 °С ночью. Пыльная буря и дождь зафиксированы 11 августа. В августе у большинства сортов наблюдалось созревание и опадение плодов (Пл<sup>3</sup> – Пл<sup>4</sup>). В первой половине августа заканчивалось одревеснение побегов (О<sup>2</sup>).

В сентябре температура воздуха снижалась до 22 °С днем и до 15 °С ночью. В этот период полив сокращали для предотвращения вторичного роста побегов. В первой половине октября, при дальнейшем понижении температуры воздуха (до 14–20 °С) наблюдалось расцветивание листьев (Л<sup>4</sup>). Опадение листьев (Л<sup>5</sup>) наступало во второй половине ноября.

Продуктивность (урожайность) и качество плодов являются основными характеристиками перспективности сортов. По средней величине продуктивности (за 4 года наблюдений) лучшими сортами являлись «Столовка», «Золотое превосходное», «Мантет» и «Ренет Бурхардта», низкая продуктивность зафиксирована у сортов «Салтанат», «Ася», «Восход». Периодичность плодоношения была четко выражена у сортов «Золотое превосходное», «Ренет Бурхардта», «Кандиль-синап». У сортов «Столовка» и «Мантет» периодичность плодоношения практически отсутствует, в неурожайном 2018 г. они отличались довольно высокой продуктивностью. По признакам продуктивности и массы плодов на первое место можно поставить сорт «Золотое превосходное», у которого, наряду с высокой продуктивностью, отмечены плоды выше средней величины и крупные, кроме того, сорт отличается скороплодностью. У сорта «Столовка», при высоком урожае, плоды по массе ниже средних и средние, плодоношение наступает на 2 года позднее, чем у сорта «Золотое превосходное». У сорта «Восход» плоды по массе крупные и очень крупные, но продуктивность низкая.

Оводненность побегов сортов яблони представлена в таблице 2. Оводненность побегов с февраля по май менялась у сортов в пределах от 57,3±5,5 до 40,5±4,0 %. Оводненность достигала максимальных значений в апреле, подъем показателей оводненности отмечался также в первой половине мая. Наиболее высокая величина оводненности побегов за весь период наблюдений выявлена у сорта «Ренет Бурхардта» (от 57,3±5,5 до 49,2±2,8 %), наиболее низкая — у сорта «Салтанат» (от 49,2±3,4 до 44,6±4,1 %). Самые резкие колебания оводненности побегов были отмечены у сорта «Золотое превосходное» (от 54 до 42 %).

Т а б л и ц а 2

## Оводненность побегов сортов яблони с февраля по май, %

Название сорта	28.02	11.03	20.03	11.04	22.04	13.05	20.05
«Ася»	48,4±2,6	50,7±1,7	49,8±2,8	54,1±1,9	48,2±4,3	52,0±1,7	49,5±2,2
«Восход»	49,2±1,2	53,0±2,7	40,5±4,0	51,8±3,4	41,2±6,0	52,9±3,8	50,9±3,7
«Заилийское»	48,2±2,2	49,7±2,4	47,6±1,8	56,0±4,9	48,0±3,6	50,6±2,4	50,8±3,9
«Золотое пре- восходное»	47,8±2,3	48,2±1,5	46,2±2,2	54,8±4,7	42,3±3,7	49,6±2,5	48,4±2,7
«Кандиль- синап»	50,8±2,2	49,5±3,5	44,2±3,8	53,0±4,7	48,3±4,4	42,5±5,6	51,0±4,0
«Мантет»	49,2±1,0	51,8±2,3	45,5±2,7	55,4±6,0	47,1±3,4	51,2±3,2	48,2±3,2
«Ренет Бурхардта»	49,4±1,3	50,4±2,2	49,2±2,8	57,3±5,5	49,0±5,3	52,3±4,4	51,3±2,9
«Салтанат»	47,3±1,5	49,2±3,4	44,6±4,1	45,5±2,2	45,2±4,3	48,7±3,6	49,2±3,3
«Столовка»	48,8±1,5	46,5±2,8	46,5±4,4	52,9±3,2	41,4±6,8	47,0±5,6	47,6±2,5
«Флорина»	55,4±3,6	49,5±2,7	46,4±4,7	47,8±3,6	46,4±5,4	52,8±4,6	52,4±5,6

По сравнению с февралем оводненность побегов повышалась в начале марта (11.03) у 7-ми сортов, у остальных снижалась («Флорина», «Кандиль-синап», «Столовка»). В третьей декаде марта (22.04) наблюдалось снижение оводненности побегов у всех сортов.

В начале апреля (11.04) оводненность побегов повысилась у всех сортов, наиболее значительное повышение зафиксировано у сортов «Восход» (на 11 %), «Кандиль-синап» и «Заилийское» (на 9 %). Во второй половине апреля (20.04) произошло значительное снижение оводненности побегов, а в начале мая (13.05) оводненность вновь повысилась (табл. 2). В конце мая (20.05) оводненность несколько понизилась (на 1–3 %) или осталась на прежнем уровне у 7-ми сортов, у остальных повысилась («Кандиль-синап», «Салтанат», «Столовка»).

Таким образом, с февраля по май наблюдались значительные изменения оводненности побегов у всех сортов яблони, связанные с изменениями температуры воздуха и осадками. В начале марта жаркая сухая погода привела к снижению оводненности побегов. В период с 25 марта по 11 апреля отмечалось большое количество осадков и некоторое снижение температуры воздуха, что привело к увеличению оводненности побегов. В конце второй декады апреля также наблюдались осадки, но при

этом отмечен резкий рост температуры воздуха, что привело к некоторому снижению оводненности побегов. В мае температура воздуха повышалась до 25–28 °С, относительная влажность воздуха снижалась до 26–41 %, но при этом начался полив растений, что увеличило оводненность побегов.

Оводненность листьев сортов яблони с мая по сентябрь представлена в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

## Оводненность листьев сортов яблони с мая по сентябрь, %

Название сорта	20.05	11.06	20.06	10.07	23.07	13.08	21.08	10.09	23.09
«Ася»	60,5±2,2	60,3±1,0	59,7±8,0	53,4±8,0	54,1±2,0	45,6±3,7	50,5±4,2	48,3±4,0	44,1±3,4
«Восход»	67,0±0,9	61,9±1,4	65,6±6,8	61,1±8,5	57,3±0,8	53,2±6,1	57,1±4,7	49,8±3,5	45,3±2,4
«Заилийское»	56,8±1,3	54,6±1,7	53,8±9,1	54,5±6,7	53,0±10,6	50,6±9,7	49,2±9,0	50,2±2,2	43,5±2,8
«Золотое превосходное»	59,9±3,5	57,8±2,5	61,0±1,1	56,1±1,1	60,6±6,3	52,0±3,0	56,3±5,7	49,0±2,6	44,0±2,3
«Кандиль-синап»	62,1±2,0	56,9±1,4	57,0±0,9	54,8±2,4	56,4±6,1	65,2±13,5	53,7±3,9	49,4±4,3	45,7±1,7
«Мантет»	61,5±3,3	60,5±1,8	58,7±3,1	53,2±2,7	55,1±2,6	49,7±2,8	60,3±5,2	48,2±2,5	43,9±1,3
«Ренет Бурхардта»	59,6±1,4	56,7±1,4	55,5±2,7	52,6±3,3	55,4±2,1	48,4±3,5	52,1±2,5	49,7±2,4	43,4±2,0
«Салтанат»	64,3±5,9	59,1±3,2	61,5±2,3	57,1±2,6	58,3±1,8	49,2±5,5	56,7±2,2	49,2±2,9	45,0±3,2
«Столовка»	62,0±1,7	62,3±2,0	60,8±1,6	53,5±1,5	57,5±1,8	52,5±8,4	54,7±10,0	49,8±3,5	45,5±1,9
«Флорина»	62,8±5,9	60,1±1,9	58,6±2,0	54,6±1,7	56,8±2,3	48,8±5,1	55,3±5,1	51,1±3,2	47,7±2,5

Наиболее высокая оводненность листьев наблюдалась 20 мая (начало замеров) у всех яблонь, за исключением сортов «Золотое превосходное» (максимум 20.06) и «Кандиль-синап» (максимум 30.08), самая низкая — в конце сентября. Максимально высокое содержание воды в листьях наблюдалась в мае у сортов «Восход» (66,97±0,9), «Салтанат» (64,27±5,9), «Флорина» (62,78±5,9), самое низкое — у сорта «Заилийское» (56,84±1,3). У сорта «Кандиль-синап» максимальная величина оводненности листьев наблюдалась в августе (65,22 ±13,5). За исключением сорта «Кандиль-синап» оводненность листьев 13 августа наблюдалась в пределах от 53,2±6,1 (у сорта «Восход») до 45,6±3,7 (у сорта «Ася»). Самая низкая оводненность листьев отмечена при замерах 23 сентября в пределах от 43,4±2,0 («Ренет Бурхардта») до 47,7±2,5 («Флорина»).

Оводненность листьев в целом плавно снижалась в течение июня – первой-второй декады июля (у сортов «Кандиль-синап», «Салтанат», «Восход», «Золотое превосходное» оводненность листьев несколько возрастала 20 июня, затем снижалась). В третьей декаде июля оводненность листьев снова возрастала, за исключением сортов «Восход» (резкое снижение оводненности с 20.06 до 13.08) и «Заилийское» (незначительное снижение оводненности). Оводненность листьев в третьей декаде июля (23.07) была значительно ниже майских показателей, за исключением сорта «Золотое превосходное», у которого в течение вегетационного периода наблюдалось резкое колебание оводненности листьев. Не превышающие майских показателей колебания оводненности листьев были отмечены также у сорта «Салтанат». В августе (13.08) оводненность листьев резко снижалась у большинства сортов, достигая самых низких показателей с начала замеров, в третьей декаде августа (21.08) оводненность снова повышалась (за исключением упомянутого ранее сорта «Кандиль-синап» и сорта «Заилийское»), у которого плавное снижение оводненности наблюдалось с июля. В течение сентября оводненность листьев снижалась у всех сортов.

Таким образом, оводненность листьев в целом снижалась в течение вегетационного периода, но при этом наблюдались колебания (подъемы и спады) величины оводненности листьев.

Результаты определения жаростойкости сортов яблони в сезонной динамике представлены в таблице 4 (за отсутствие повреждений принимали более 50 % неповрежденных листьев).

При нагревании до 40 °С у всех сортов отмечалось отсутствие побурения листьев в мае, в июне (11.06) листья повреждались у единственного сорта «Заилийское», в июле (10.07) уже у половины сортов при нагревании до 40 °С отмечено слабое побурение листьев (табл. 4). В августе (13.08) к нагреванию до 40 °С были устойчивы 4 сорта, в сентябре (10.09) — 2 сорта («Ренет Бурхардта» и «Столовка»). Таким образом, устойчивость листьев сортов яблони к нагреванию до 40 °С снижалась с мая по сентябрь у большинства сортов.

## Жаростойкость сортов яблони в сезонной динамике

Название сорта	Легкое повреждение листовой пластинки (температура, °С)					Летальное повреждение листовой пластинки (температура, °С)				
	20.05	11.06	10.07	13.08	10.09	20.05	11.06	10.07	13.08	10.09
«Ася»	50	50	40	50	40	60	70	60	60	60
«Восход»	50	50	40	40	40	60	60	60	60	60
«Заилийское»	50	40	40	40	40	60	60	60	60	60
«Золотое превосходное»	50	50	40	40	40	70	60	60	60	60
«Кандиль-синап»	50	50	40	40	40	60	60	60	60	60
«Мантет»	50	50	50	50	40	70	70	60	60	60
«Ренет Бурхардта»	50	50	50	50	50	70	70	70	60	60
«Салтанат»	50	50	50	40	40	70	60	60	60	60
«Столовка»	50	50	50	50	50	70	70	70	60	60
«Флорина»	50	50	50	40	40	70	60	60	60	60

При нагревании до 50 °С у всех сортов и образцов отмечено слабое побурение листовой пластинки в течение всего периода вегетации, т.е. не зафиксированы сортовые и сезонные различия в степени устойчивости к нагреванию при температуре 50 °С.

При нагревании листьев до 60 °С у большинства сортов наблюдалось побурение более 50 % листовой поверхности, т.е. летальные повреждения. Снижение устойчивости к нагреванию до 60 °С также отмечалось в течение вегетационного периода. В мае летальное повреждение листьев отмечалось у 4-х сортов, в июне — у 6-ти сортов, в июле — у 8-ми сортов (устойчивыми опять оказались сорта «Ренет Бурхардта» и «Столовка»). В августе и сентябре при температуре 60 °С у всех сортов отмечалось летальное повреждение листовой поверхности (табл. 4).

При нагревании до 70 °С наблюдалось летальное повреждение листа, т.е. побурение более 50 % листовой пластинки либо сплошное побурение листовой пластинки. Как видно из таблицы 4, более высокая устойчивость отмечена у сортов «Столовка» и «Ренет Бурхардта», у сортов «Золотое превосходное» и «Флорина» высокая жаростойкость наблюдалась только в мае.

С учетом результатов нагревания листьев от 40 до 70 °С наиболее жаростойкими являются сорта «Столовка» и «Ренет Бурхардта», высокая жаростойкость отмечена также у сортов у «Мантет», «Флорина», «Золотое превосходное», «Салтанат». Менее устойчивыми к высокой температуре оказались сорта «Заилийское», «Кандиль-синап», «Восход».

## Обсуждение

Экстремальные природные условия Мангистау вызывают адаптационные изменения интродуцентов в процессе их жизнедеятельности. Ритмы роста и развития варьируют здесь в широких пределах в зависимости от погодных условий конкретного года наблюдений, в то время как разница в сроках прохождения фенофаз между сортами незначительная [9–11]. В результате многолетних наблюдений в наших условиях установлены средние фенодаты основных фенофаз и коэффициенты их вариаций [11]. При сравнении с многолетними результатами в 2019 г. у сортовых яблонь зафиксированы средние сроки прохождения фенофаз. В целом они соответствуют фенодатам диких яблонь из секции *Eumalus Zabel*. (настоящие яблони) [12].

Установлено, что вариабельность фенодат вегетативных органов выше, чем генеративных. Низкий коэффициент вариации фенодат каждой конкретной фенофазы указывает на относительную устойчивость сорта к резким изменениям погодных условий. Выявлены сорта, характеризующиеся низкими коэффициентами вариации фенодат, т.е. более устойчивые в местных условиях: «Столовка», «Ренет Бурхардта», «Золотое превосходное» [11]. Отмечено также, что яблони ксероморфного облика более приспособлены к местным условиям и оказались перспективными для выращивания на Мангышлаке [13].

Среди интродуцированных в наши условия плодовых растений большая часть сортов яблони относится к группе со средними сроками начала роста побегов и поздним его завершением [14]. Более



продолжительный рост побегов наблюдался у молодых растений при обильном поливе. Выявлен высокий коэффициент вариации продолжительности роста и величины прироста побегов. Отмечено, что продолжительность роста не всегда коррелировала с величиной прироста побегов. В большой степени величина прироста зависела от наследственно обусловленной скорости роста побегов конкретного сорта [11].

Специфические природные условия Мангистау накладывают глубокий отпечаток на процесс онтогенеза интродуцентов, что было отмечено уже в самом начале интродукционных исследований [15]. У сортов яблони выявлено уменьшение габитуса (высоты, диаметра кроны и штамба) сортов яблони, особенно ярко выраженное у биологически высокорослых сортов, отмечено ускорение онтогенетического развития — ранее наступление возраста плодоношения (скороплодность сортов). Созревание плодов в наших условиях сдвигалось на более ранние сроки, наблюдалось уменьшение средней массы плодов и снижение продуктивности [9].

При интродукции плодовых растений в аридные регионы первостепенное значение приобретает оценка засухоустойчивости, в качестве критериев которой часто используют общую оводненность и жаростойкость. В нашем исследовании оводненность побегов в весенний период менялась в зависимости от осадков, температуры и влажности воздуха. Рост оводненности побегов наблюдался после выпадения осадков, увеличения влажности воздуха и некоторого снижения температуры воздуха. Наоборот, снижение оводненности побегов являлось следствием отсутствия осадков, повышения температуры воздуха и падении влажности.

При сравнении оводненности побегов со сроками наступления весенних фенофаз отмечено, что фазы распускания почек ( $Пч^1 - Пч^2$ ), начала роста побегов ( $Пб^1$ ), а также завершения роста листьев ( $Л^3$ ) совпадали с периодами снижения оводненности побегов. Высокая вариабельность весенних фаз развития сортов яблони [11] указывает на их тесную связь с погодными условиями, а значит, с оводненностью побегов. С другой стороны, уменьшение оводненности побегов может быть следствием активного испарения воды при активном росте и развитии плодового дерева [16].

Изучение динамики оводненности листьев в летний период на фоне закономерно меняющихся фаз роста и развития позволяет оценить адаптационные возможности интродуцентов и перспективы их введения в культуру [17]. Определение особенностей водного режима 7-ми сортов абрикоса в местных условиях показало, что наиболее высокая оводненность листьев сортов абрикоса наблюдалась в мае, как и у яблонь, но была значительно выше (71,3–87,8 %) (у яблонь — 56,8–62,8 %). У абрикоса, как и у яблонь, были выявлены четкие колебания оводненности листьев в течение вегетации, причем потери воды в процентном отношении к общему содержанию воды были выше, чем у сортов яблони (до 36 %) [18]. При исследовании водного режима сортов яблони в степном Крыму установлены значительные различия между сортами по уровню оводненности [19]. Отмечено также, что сорта яблони со стабильным уровнем оводненности (50,0–56,5 % в период засухи) характеризуются и более стабильным плодоношением. Литературные данные согласуются с нашими результатами. Сезонные изменения оводненности листьев сортов яблони зависят, прежде всего, от погодных условий и орошения, вместе с тем различное реагирование сортов на неблагоприятные условия позволяет выделить наиболее устойчивые из них.

В условиях Мангистау жаростойкость определялась нами ранее для 9-ти видов яблони [20] и 3-х сортов абрикоса [18]. Жаростойкость видов яблони определялась методом К.А. Ахматова [21], сортов абрикоса — методом Ф.Ф. Мацкова [5]. Повреждение листовой пластинки видов яблони начиналось при температуре 52–53 °С, летальное повреждение наблюдалось при 55–57 °С. В целом жаростойкость видов яблони оказалась выше жаростойкости абрикоса, примерно равна жаростойкости некоторых видов груши и на 2–3 °С ниже жаростойкости миндаля [20]. Жаростойкость сортов абрикоса составляла 60 °С, а жаростойкость наиболее устойчивых сортов яблони («Столовка» и «Ренет Бурхардта») находилась в интервале 60–70 °С.

#### *Заключение*

Весенние фенофазы сортов яблони характеризовались высокой зависимостью от погодных условий, как и величина оводненности побегов и листьев. Фазы распускания почек, начала роста побегов, а также завершения роста листьев совпадали с периодами снижения оводненности побегов. Рост побегов наблюдался в периоды максимально высокой величины оводненности побегов и листьев, а именно с начала мая до середины июня.

У интродуцированных сортов яблони отмечено ускорение онтогенетического развития — раннее наступление возраста плодоношения (скороплодность сортов). Созревание плодов также сдвигалось на более ранние сроки. Выявлены наиболее продуктивные сорта — «Столовка», «Золотое превосходное», «Мантет», «Ренет Бурхардта». Они характеризовались также низкими коэффициентами вариации фенодат, т.е. являлись более устойчивыми в местных условиях.

Оводненность побегов с февраля по май менялась в зависимости от температуры воздуха и осадков. Рост оводненности побегов наблюдался после выпадения осадков, увеличения влажности воздуха и некоторого снижения температуры воздуха. Максимальная величина оводненности побегов отмечена у сорта «Ренет Бурхардта» (от  $57,3 \pm 5,5$  до  $49,0 \pm 5,3$  %), минимальная — у сорта «Салтанат» (от  $49,2 \pm 3,4$  до  $44,6 \pm 4,1$  %).

Выявлены четкие колебания оводненности листьев в течение вегетации, максимальная оводненность наблюдалась преимущественно в мае, к концу вегетации оводненность снижалась до минимальных значений. Оводненность листьев у разных сортов менялась в пределах от  $67,0 \pm 0,9$  —  $56,8 \pm 1,3$  % в конце мая до  $47,7 \pm 2,5$  —  $43,4 \pm 2,0$  % в конце сентября.

Жаростойкость также менялась в сезонной динамике, снижаясь к концу вегетации. У менее жаростойких сортов падение жаростойкости наблюдалось уже в июне — июле, у более жаростойких — в августе — сентябре. Жаростойкость наиболее устойчивых сортов яблони («Столовка» и «Ренет Бурхардта») превышала  $60$  °С в период с мая по июль. Наиболее продуктивные сорта оказались и самыми жаростойкими.

#### Список литературы

- 1 Боровский В.М. Почвы полуострова Мангышлак / В.М. Боровский. — Алма-Ата: Кайнар, 1974. — 268 с.
- 2 Косарева О.Н. Особенности агротехники выращивания плодовых растений в Мангистау / О.Н. Косарева // Интродукция, сохранение биоразнообразия и зеленое строительство в аридных регионах: материалы междунар. конф., посвящ. 40-летию создания Мангышл. эксп. бот. сада. — Актау, 2012. — С. 76–80.
- 3 Методики интродукционных исследований в Казахстане. — Алма-Ата: Наука, 1987. — 136 с.
- 4 Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. — Орел, 1999. — 608 с.
- 5 Викторов Д.П. Практикум по физиологии растений / Д.П. Викторов. — Воронеж, 1991. — 146 с.
- 6 Халин Г.А. К методике физиологической диагностики жароустойчивости плодовых культур / Г.А. Халин // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. — Л.: Наука, 1973. — С. 92–94.
- 7 Удольская Н.Л. Методика биометрических расчетов / Н.Л. Удольская. — Алма-Ата: Наука, 1976. — 45 с.
- 8 Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высш. шк., 1990. — 352 с.
- 9 Косарева О.Н. Особенности биологии интродуцированных сортов яблони в аридных условиях Мангистау / О.Н. Косарева, Г.Е. Динова, А.Б. Ахтанова // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2018. — № 4(92). — С. 21–30.
- 10 Косарева О.Н. Особенности фенологии и агротехник интродуцированных сортов яблони в условиях Мангистау / О.Н. Косарева, Г.Е. Динова, А.А. Иманбаева // Индустриальное садоводство Сибири. Сорта, технологии, практика: сб. ст. ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий». — Барнаул: ИП Колмогоров И.А., 2019. — С. 89–99.
- 11 Kosareva O.N. Seasonal development of introduced apple-tree varieties under arid conditions of Western Kazakhstan / O.N. Kosareva, G.E. Dinova // EurAsian Journal of BioSciences. — 2019. — Vol. 13. — P. 717–727.
- 12 Иманбаева А.А. Итоги интродукции плодово-ягодных растений в аридных условиях Западного Казахстана / А.А. Иманбаева, О.Н. Косарева, Г.Е. Динова, А.Б. Ахтанова // Состояние и перспективы развития сибирского садоводства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Барнаул: Азбука, 2013. — С. 151–158.
- 13 Косарева О.Н. Адаптивные особенности интродуцированных яблонь в условиях Мангышлака / О.Н. Косарева // Итоги и перспективы развития ботанической науки в Казахстане: материалы Междунар. науч. конф. — Алматы, 2002. — С. 421–423.
- 14 Косарева О.Н. Сезонная ритмика плодовых растений коллекции Мангышлакского экспериментального ботанического сада / О.Н. Косарева, Г.Е. Динова // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2016. — № 3(83). — С. 105–114.
- 15 Романович В.В. Интродукция растений на полуострове Мангышлак и вопросы зеленого строительства населенных районов: автореф. дис. .... д-ра биол. наук / В.В. Романович. — Ярославль, 1973. — 56 с.
- 16 Дорошенко Т.Н. Адаптивный потенциал плодовых растений юга России / Т.Н. Дорошенко, Н.В. Захарчук, Л.Г. Рязанова. — Краснодар, 2010. — 131 с.
- 17 Емельянов Л.Г. Водообмен и стрессоустойчивость растений / Л.Г. Емельянов, С.А. Анкунд. — М.: Наука и техника, 1992. — 144 с.
- 18 Иманбаева А.А. Особенности водного режима интродуцированных сортов абрикоса в Мангистау / А.А. Иманбаева, О.Н. Косарева, Д.Н. Жарасова // Изв. НАН РК. Сер. биол. и мед. — 2015. — Вып. 1. — С. 48–58.

19 Смыков В.К. Водный режим яблони в степном Крыму в связи с её устойчивостью к засухе / В.К. Смыков, Т.П. Кучерова, А.Х. Хроликова // Бюл. Гос. Никитского бот. сада. — 1988. — Вып. 67. — С. 95–100.

20 Косарева О.Н. Жаростойкость интродуцентов яблони в условиях полуострова Мангышлак / О.Н. Косарева // Изв. АН КазССР. Сер. биол. — 1983. — № 2. — С. 78, 79.

21 Ахматов К.А. К методике определения жароустойчивости растений в полевых условиях / К.А. Ахматов // Бюл. Гос. бот. сада АН СССР. — 1966. — Вып. 63. — С. 81–83.

О.Н. Косарева, Д.Н. Жарасова, А.Б. Ахтанова

## Маңғыстаудың аридті жағдайында алма ағашының интродукцияланған сорттарының маусымдық дамуы, сулануы және ыстыққа төзімділігі

Мақалада алғаш рет Маңғыстаудың экстремалды табиғи жағдайындағы алма ағашының маусымдық дамуы мен өнімділігіне байланысты он интродукцияланған сұрыптарының өркендері мен жапырақтарының су алмасуы мен ыстыққа төзімділігін анықтаудың нәтижелері берілген. Алма ағашының сұрыптарының өркендері мен жапырақтарының су алмасуы вегетациялық мерзім бойы ауа-райы жағдайының өзгеруіне байланысты жоғарылап, төмендегені анықталған. Жапырақтардың жоғары су алмасуы әсіресе мамыр айында байқалған, вегетация соңында жапырақтардың су алмасуы минималды мәндерге жеткен. Бұл ретте вегетациялық мерзім бойы су алмасудың (пульсация) мерзімді төмендеуі мен жоғарылауы байқалған. Жапырақтардың су алмасуының күрт түсуі көптеген сұрыптарда тамыз айында жемістердің пісіп жетілуі мен сүректенуі аяқталған мерзімде тіркелген. Ыстыққа төзімділігі вегетациялық мерзім ішінде өзгерген, мамыр мен қыркүйек айлары аралығында төмендеген. Жоғары ыстыққа төзімділік «Столовка» және «Ренет Бурхардта» сұрыптарында белгіленген, сонымен қатар олар жоғары өнімділігімен сипатталған.

*Кілт сөздер:* алма ағашы, сұрыптар, интродукция, маусымдық даму, фенологиялық кезеңдер, су алмасуы, ыстыққа төзімділік, өнімділік.

O.N. Kosareva, D.N. Zharassova, A.B. Akhtanova

## Seasonal development, water-content and hot-resistant of introduced sorts of apple-trees in the arid conditions of Mangystau

The article presents for the first time the results of watering of shoots and leaves and heat resistance of 10 introduced apple varieties in connection with their seasonal development and productivity in the extreme conditions of Mangystau. It was determined that the watering of shoots and leaves of apple varieties changed during the vegetation period, increasing and decreasing in connection with the weather conditions. The highest watering of leaves was observed mainly in May, by the end of vegetation leaves watering was minimal. Herewith, periodical decrease and increase of watering (pulsation) was observed during the vegetation period. The sharp drop of leaves watering was observed in the majority of varieties in the middle of August, during the period of completion of fruit ripening and lignification of shoots. Heat resistance also changed during the vegetation period, decreasing from May to September. High heat resistance was observed in the varieties Stolovka and Renet Burkhardta, which are also characterized by the high productivity.

*Keywords:* apple tree, varieties, introduction, seasonal development, phenophases, watering, heat resistance, productivity.

### References

- 1 Borovskii, V.M. (1974). *Pochvy poluostrova Manhyshlak [Soil of Mangyshlak peninsula]*. Alma-Ata: Kainar [in Russian].
- 2 Kossareva, O.N. (2012). Osobennosti ahrotekhniki vyrashchivaniia plodovykh rastenii v Manhistau [Cultivation of fruits plants is one of the features of argo-technology in Mangistau]. Proceedings from Plan introduction, biodiversity preservation and amenity planting in arid regions: *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia, posviashchennaia 40-letiiu sozdaniia Manhyshlaksokho eksperimentalnoho botanicheskoho sada — International Scientific and Practical Conference dedicated to 40 years created of Mangyshlak experimental botanical garden* (p. 76–80). Aktau [in Russian].
- 3 *Metodiki introduktsionnykh issledovaniy v Kazakhstane [Research methodology of plant introduction in Kazakhstan]*. (1987). Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 4 Sedov, E.N., & Ogolcova, T.P. (1999). *Prohramma i metodika sortoizuchenii plodovykh, yahodnykh i orekhoplodnykh kultur [Program and methodology of variety studying of fruit, berry and nut crops]*. Orel [in Russian].
- 5 Viktorov, D.P. (1991). *Praktikum po fiziologii rastenii [Plant physiology workshop]*. Voronezh [in Russian].

- 6 Khalin, G.A. (1973). K metodike fiziologicheskoi diahnostiki zharoustoichivosti plodovykh kultur [To physiological diagnostics methodology of heat resistance of fruit crops]. *Metody otsenki ustoichivosti rastenii k neblahopriiatnym usloviyam srede* [Assessment methods of plant resistance to unfavorable environmental conditions]. Leningrad [in Russian].
- 7 Udolskaya, N.L. (1976). *Metodika biometricheskikh raschetov* [Methodology of biometric calculation]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 8 Lakin, G.F. (1990). *Biometriia* [Biometrics]. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].
- 9 Kossareva, O.N., Dinova, G.E. & Ahtanova, A.B. (2018). Osobennosti biologii introdutsirovannykh sortov yabloni v aridnykh usloviakh Manhystau [Biology features of apple tree introductional varieties in Mangystau arid condition]. *Vestnik Karahandinskogo universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Heohrafiia — Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 4(92), 8–17 [in Russian].
- 10 Kossareva, O.N., Dinova, G.E., & Imanbaeva, A.A. (2019). Osobennosti fenologii i ahrotekhnicheskikh introdutsirovannykh sortov yabloni v usloviakh Manhystau [Phenology and agricultural technology features of apple tree introductional varieties in Mangystau condition]. *Industrialnoe sadovodstvo Sibiri. Sorta, tekhnologii, praktika: sbornik statei FGBNU Federalny Altaiskii nauchnyi tsentr ahrobiotekhnologii — Siberian Industrial gardening. Varieties, technologies, practice: digest of articles of FSBSU Federal Altai scientific center of agrotechnical biotechnology*. Barnaul: IE Kolmogorov I.A., 89–99 [in Russian].
- 11 Kosareva, O.N., & Dinova, G.E. (2019). Seasonal development of introduced apple-tree varieties under arid conditions of Western Kazakhstan. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13, 717–727.
- 12 Imanbayeva, A.A., Kossareva, O.N., Dinova, G.E., & Ahtanova, A.B. (2013). Itohi introduktsii plodovo-yahodnykh rastenii v aridnykh usloviakh Zapadnoho Kazakhstana [Summary of plant introduction of fruit-berry plants in arid regions of West Kazakhstan]. Proceedings from State and perspective development of Siberian horticulture: *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — International Scientific and Practical Conference* (pp. 151–158). Barnaul: Azbuka [in Russian].
- 13 Kossareva, O.N. (2002). Adaptivnye osobennosti introdutsirovannykh yablon v usloviakh Mangyshlak [Adaptive features of introduced apples in conditions of Mangyshlak region]. Proceedings from Summary and perspective development of botanical science in Kazakhstan: *Mezhdunarodnaia nauchnaia konferentsiia, posviashchennaia 70-letiiu Instituta botaniki i fitointroduktsii MON RK — International scientific conference dedicated to 70 years anniversary of Institute of Phytoinduction and Botanic MON Republic of Kazakhstan* (pp. 421–423). Almaty [in Russian].
- 14 Kossareva, O.N., & Dinova, G.E. (2016). Sezonnaia ritmika plodovykh rastenii kolleksii Mangyshlaksokho eksperimentalnogo botanicheskogo sada [Seasonal rhythmic of fruit plants collection are from Mangyshlak experimental botanical garden]. *Vestnik Karahandinskogo universiteta. Seriya Biologiya. Meditsina. Heohrafiia — Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 3(83), 105–114 [in Russian].
- 15 Romanovich, V.V. (1973). Introduktsiia rastenii na poluostrove Mangyshlak i voprosy zelenogo stroitelstva naselennykh raionov [Plant Introduction to Mangyshlak and issues of green building populated areas]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Yaroslavl [in Russian].
- 16 Doroshenko, T.N., Zaharchuk, N.V., & Ryazanova, L.G. (2010). *Adaptivnyi potentsial plodovykh rastenii yuha Rossii* [Adaptive potential of fruit plants of South Russia]. Krasnodar [in Russian].
- 17 Yemelyanov, L.G., & Ankund, S.A. (1992). *Vodoobmen i stressoustoichivost rastenii* [Plant water regime and stress tolerance]. Moscow: Nauka i tekhnika [in Russian].
- 18 Imanbayeva, A.A., Kossareva, O.N., & Zharassova, D.N. (2015). Osobennosti vodnogo rezhima introdutsirovannykh sortov abrikosa v Manhystau [Features of water regime of introductional varieties of apricot in Mangystau]. *Izvestiia NAN RK. Seriya biologiya i meditsina — News of NAS RK. Series biology and medicine*, 1, 48–58 [in Russian].
- 19 Smykov, V.K., Kucherova, T.P., & Hrolikova, A.H. (1988). Vodnyi rezhim yabloni v stepnom Krymu v sviazi s ee ustoichivostiu k zasukhe [Water regime of apple tree in steppe Krym in connection with tolerance to drought]. *Biulleten Hosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada — Bulletin of State Nikitky botanical garden*, 67, 95–100 [in Russian].
- 20 Kossareva, O.N. (1983). Zharostoičnost introdutsentov yabloni v usloviakh poluostrova Mangyshlak [Heat resistance of Introduced apples in conditions of Mangyshlak peninsula]. *Izvestiia AN KazSSR. Seriya biologicheskaiia — News of AN KazSSR. Series biology*, 2, 78–79 [in Russian].
- 21 Ahmatov, K.A. (1966). K metodike opredeleniia zharoustoichivosti rastenii v polevykh usloviakh [To methodology of heat resistance determination of plant in field conditions]. *Biulleten Hlavnogo botanicheskogo sada AN SSSR — Bulletin of Main Botanical Garden of AS USSR*, 63, 81–83 [in Russian].

А.К. Рамазанов<sup>1\*</sup>, С.У. ТлеуKENOVA<sup>1</sup>, Л.Г. Бабешина<sup>2</sup>, Е.М. Сулеймен<sup>3</sup>,  
Ж.Г. ИбраЙбеков<sup>1</sup>, М.А. КИнаятов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Казахстан;

<sup>2</sup>Научный центр экспертизы медицинских средств МЗ РФ, Москва, Россия;

<sup>3</sup>Кокшетауский государственный университет им. Ш. Уалиханова, Казахстан;

<sup>4</sup>Карагандинский государственный технический университет, Казахстан

(\*E-mail: kairidenovich\_rak@mail.ru)

## Влияние криоконсервации на выживаемость семян *Chamomilla reticulata* сорта «Подмосковная» и химический состав эфирного масла

В статье изучено влияние сверхкритических низких температур на количественный и качественный состав эфирного масла ромашки аптечной сорта «Подмосковная». Семена изучаемого вида растения перед посадкой в открытый грунт обрабатывали сверхнизкой температурой (–196 °С) и определяли жизнеспособность семян в лабораторных условиях. Криообработку проводили путем прямого погружения семян в пластиковые пробирках в сосуды Дюара с жидким азотом. Криопротекторы не применялись. Длительность криообработки составляла 1 ч, 3 ч и представляла ступенчатую заморозку. Обработка ступенчатой заморозки семян проводилась в следующей последовательности: 1 ч в холодильной камере (+4 °С), 1 ч в морозильной камере (–18 °С) и 1 ч в жидком азоте. Во всех случаях эксперимента применяли медленный режим оттаивания. После криогенного воздействия семенной материал высаживался в открытый грунт. Извлечение эфирного масла проводили методом гидродистилляции на аппарате Клевенджера. Определение компонентного состава эфирных масел проводили на газовом хроматографе Clugus-SQ 8 с масс-спектрометрическим детектором. В результате исследования установлено, что действие сверхнизких температур на семенной материал ромашки сорта «Подмосковная» не повлияло отрицательно на количественный и качественный состав эфирного масла ромашки аптечной. Наоборот, данный метод обработки семян положительно сказался на количественном составе эфирного масла в процессе роста растения, и в некоторых случаях повысил процентное содержание некоторых компонентов, таких как  $\alpha$ -фарнезен,  $\beta$ -фарнезен, спатуленол, цис-ен-индициклоэфир.

**Ключевые слова:** ромашка аптечная, криоконсервация, эфирные масла, хромато-масс-спектрометрия, лабораторная всхожесть, энергия прорастания.

### Введение

Ромашка аптечная (*Chamomilla recutita* (L.) Raushert., или *Matricaria chamomilla* L.) — однолетнее травянистое растение семейства Астровые (*Asteraceae*), типовой вид рода Ромашка (*Matricaria* L.). Данное лекарственное растение входит в фармакопеи более чем двадцати стран мира [1]. Цветки ромашки аптечной издавна применяются в медицинской практике в качестве противовоспалительного, антисептического и обезболивающего средства: при ангинах, тонзиллитах и других воспалительных процессах; ранозаживляющего средства — в стоматологии, гинекологии; желчегонного, противомикробного, успокаивающего, гипосенсибилизирующего, противовирусного, противотоксического средства при заболеваниях желудка, кишечника, печени, при повышенном газообразовании; действует возбуждающе на центральную нервную систему, усиливает и учащает дыхание, расширяет сосуды головного мозга. В народной медицине ромашка используется для лечения различных аллергических реакций в качестве примочек. Ромашковое масло используется в ароматерапии [2]. Это ценнейшее лекарственное растение, сырьем служат соцветия, содержащие эфирное масло, в состав которого входит более 40 компонентов. Основные лечебные свойства приписывают хамазулену, содержание его в селекционных сортах может достигать 10 % и более. В цветках ромашки лекарственной найдены флавоноиды, производные апигенина, лютеолина и кверцетина, обладающие противовоспалительным действием, а также  $\beta$ -каротин, кумарины, гликозиды спазмолитического действия, гликозиды потогонного действия, полисахариды и органические кислоты [3, 4].

Г.Г. Первышиной и другими были изучены качественный и количественный состав веществ ромашки аптечной и ромашки душистой, культивируемой в Российской Федерации. С помощью УФ-спектроскопии авторами было установлено, что в водных экстрактах ромашки аптечной содер-

жаты фенольные соединения, представленные фенолкарбоновыми кислотами, таннинами, флавоноидами, кумаринами, а также цис- и транс-бициклоэфирами, относящимися к полииновым соединениям, бисаболол [5].

Ранее были проведены газохроматографические исследования состава летучих органических соединений ромашки аптечной. При этом были идентифицированы альдегиды — всего 38,76 % (2-метилпропаналь, 3-метилбутаналь, 2-метилбутаналь, пентаналь, гексаналь, бензальдегид, 3-фенилпропаналь); вторыми по содержанию — 16,26 % — были выделены сесквитерпены и их производные ( $\beta$ -фарнезен, аромадендрен, бисаболол оксид Б, 7-метоксикумарин, бисаболол оксид А); эфиры — 14,65 %; спирты — всего 3,7 % (гепта-4,6-диин-2-ол, 1-пентен-3-ол, 2-метилбутан-1-ол, 3-метилбутан-1-ол, 1-пентанол, 2,3-бутандиол); монотерпены и их производные — 2,97 % ( $\alpha$ -пинен, *n*-цимен, лимонен, эвкалиптол). По дальнейшим работам автора видно, что основными составляющими веществами явились: 3-метилбутаналь, 2-метилбутаналь, этил-2-метилбутаноат,  $\beta$ -фарнезен,  $\alpha$ -бисаболол оксид Б,  $\alpha$ -бисаболол, бисаболоксид А, хамазулен, ен-ин-дициклоэфир [6]. Основными поставщиками сырья ромашки на мировой рынок являются Аргентина, Болгария, Германия, Египет, Словакия, Чехия. На основе цветков ромашки готовят такие лекарственные препараты, как «Ромазулан», «Алором», «Арфазетин», «Ротокан», «Камилозид» [3, 7, 8].

Одним из наиболее приоритетных направлений в селекции лекарственных культур является сохранение и поддержание генофонда сортов и улучшенных популяций, созданных селекционерами на протяжении более 50 лет. В связи с тем, что не всегда есть возможность поддержания коллекции сортов лекарственных культур, осуществляется долговременное сохранение этой уникальной коллекции в виде семян. Семена являются наиболее оптимальной формой хранения генетического материала, так как образцы требуют сравнительно небольшого ухода, остаются жизнеспособными в течение длительного периода времени [9]. С этой целью в начале 70-х г. в ряде стран (Италия, Германия, США, Япония) были организованы первые центры по долговременному сохранению зародышевой плазмы. Так как продолжительность жизни семян очень разная: от нескольких часов (у некоторых тропических орхидных) до десятков и сотен лет, то одним из самых важных вопросов является режим их хранения, который зависит от видовой принадлежности, анатомических, физиологических, биохимических, морфологических особенностей семян, условий их содержания (температура, влажность, состав газовой среды и др.) [10].

Одной из основных проблем, с которой сталкиваются производители сырья лекарственных растений, остается отсутствие современных экономически эффективных технологий выращивания, а также хранения семенного материала. Около 100000 видов растений находятся под угрозой исчезновения. Стратегия сохранения биологического разнообразия на Земле сегодня включает два основных направления: сохранение *in situ* (в естественных биоценозах) и сохранение разнообразия *ex situ*: в зоопарках, заповедниках, полевых коллекциях, ботанических садах, создание генбанков животных, растений, микроорганизмов и т.д. Более 300 тысяч образцов семян хранятся в национальных, региональных и международных генбанках. В настоящее время основным способом сохранения генофонда растительных ресурсов мира *ex situ* является длительное низкотемпературное хранение семян [11].

Известно, что общепринятые режимы хранения семян при низкой положительной температуре не обеспечивают длительного хранения семян; наиболее важным, экологически чистым и сравнительно недорогим способом считается хранение семян в жидком азоте при минус 196°C (криоконсервация) [12]. В последние годы с развитием современных биотехнологических методов появляются новые технологии криосохранения семенного материала растений, что позволяет создавать генные банки длительного хранения. Осуществлять их активное размножение в необходимых объемах. На территории Казахстана криосохранение, как метод сохранения семенного материала лекарственных растений, практически не используется. Имеются отдельные работы по криоконсервации семян и апикальных меристем плодовых растений [13–15].

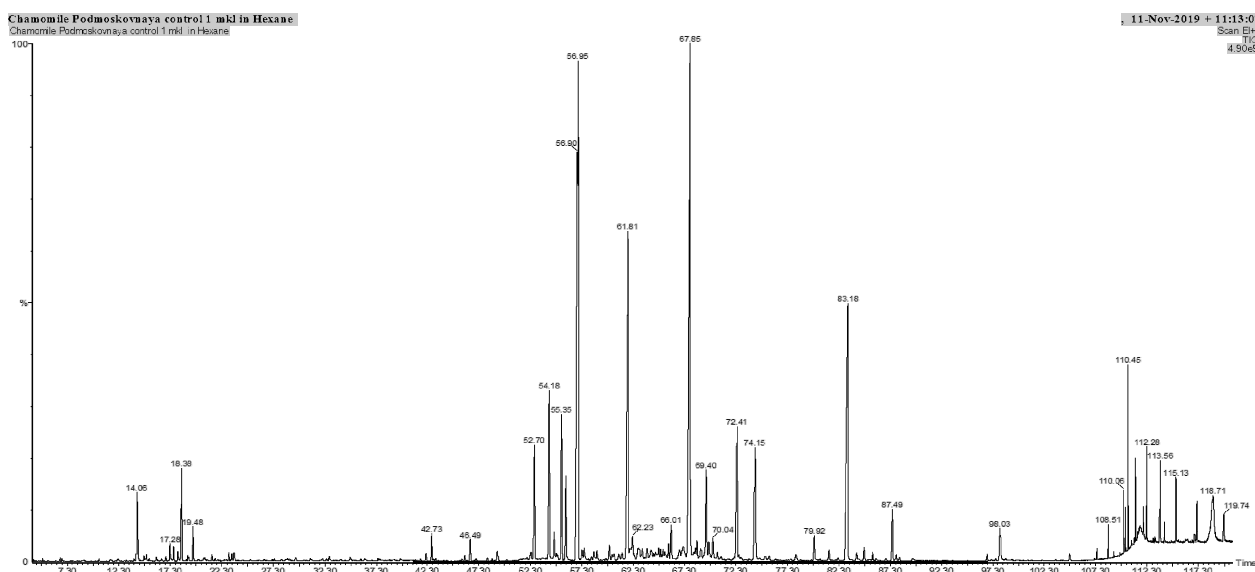
Возникает ряд вопросов при использовании метода криосохранения, например, какое оказывает действие сверхнизкая температура в последующем на рост и развитие растения, на качественный состав эфирного масла, на целебные свойства лекарственных культур и т.д.

В связи с этим целью нашего исследования явилось изучение влияния криозамораживания на семенной материал ромашки аптечной сорта «Подмосковная» на химический состав эфирного масла.

## Объекты и методика исследований

Объектом исследования являлась ромашка аптечная сорта «Подмосковная». Для изучения изменения количественного и компонентного состава эфирного масла ромашки аптечной семени данного вида растения перед посадкой в открытый грунт предварительно обрабатывали сверхнизкой температурой ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и определяли ее жизнеспособность. Всхожесть рассчитывали как отношение числа проросших семян к числу первоначально заложенных на проращивание и выражали в процентах. После оттаивания все семена ставили на проращивание в чашках Петри по 50 шт. в 4-кратной повторности на двухслойной фильтровальной бумаге, предварительно смоченной дистиллированной водой [16]. Чашки Петри с семенным материалом помещали в климатическую камеру (Binder) при температуре  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$  с постоянным освещением. Кривообработку проводили путем прямого погружения семян в пластиковые пробирки в сосуды Дюара с жидким азотом [17]. Криопротекторы не применялись. Время криохранения для определения лабораторной всхожести составляло от 24 ч до 7 суток. В случае с заморозкой длительностью 24 ч образцы семян размораживали при комнатной температуре в течение 2 ч, а во втором случае (7 сут) была проведена быстрая и медленная разморозка. Быструю разморозку осуществляли в водяной бане при температуре  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 1 мин, медленную — при комнатной температуре в течение 3–4 ч. Длительность криообработки семян перед посадкой в открытый грунт составляла 1 ч, 3 ч и представляла собой ступенчатую заморозку. Обработка ступенчатой заморозки семян проводилась в следующей последовательности: 1 ч в холодильной камере ( $+11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), 1 ч в морозильной камере ( $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и 1 ч в жидком азоте. Во всех случаях разморозку проводили медленно. После криообработки семена были высажены в открытый грунт в поселке Ботакара в первой половине дня, в качестве органического удобрения в почву был внесен навозный перегной. Надземную часть растения собирали в фазу цветения. Сушка проводилась воздушно-тканевым способом в тени.

Извлечение эфирного масла проводили методом гидродистилляции на аппарате Клевенджера [18]. Определение компонентного состава эфирных масел осуществляли на газовом хроматографе Clarus-SQ 8 с масс-спектрометрическим детектором. Хроматографические условия: колонка капиллярная RestekRxi®-1 ms  $0,25\text{ мм}\times 30\text{ м}\times 0,25\text{ мкм}$ ; объем пробы: 1,0 мкл; газ-носитель He; скорость газа-носителя: 1 мл/мин; деление потока 1:25;  $t$  колонки:  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  (2 мин), подъем  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  до  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , далее  $15\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  до  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ , изотермический режим при  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 10 мин;  $t$  испарителя —  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ , масс-спектрометрический детектор:  $t$  —  $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{Ei}^+ = 70\text{ eV}$ ; время сканирования с 4 по 120 мин; режим сканирования ионов 39–500  $m/z$ . Процентное содержание компонентов вычисляли автоматически, исходя из площадей пиков общей хроматограммы ионов (рис. 1). Компоненты идентифицировали по масс-спектрам и временам удерживания, с использованием библиотеки NIST. Время удерживания компонентов пересчитывали относительно предельных углеводородов.

Рисунок 1. Хроматограмма эфирного масла *Chamomilla recutita*

## Результаты и обсуждение

После криообработки семян в жидком азоте длительностью 24 ч семена ромашки аптечной сорта «Подмосковная» были высажены в чашках Петри для определения лабораторной всхожести и энергии прорастания. Результаты проведенного эксперимента показаны в таблице 1.

Таблица 1

**Показатели всхожести и энергии прорастания семян *Chamomilla recutita* при криообработке длительностью 24 ч**

Вид растения	Группа эксперимента	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
Ромашка аптечная, сорт «Подмосковная»	Контроль	52,5±12,5	51,5±12,6
	Криоконсервация	73,5±9,6	73,0±9,3

В результате проведенного исследования были получены следующие показатели. Контрольная группа семян ромашки аптечной сорта «Подмосковная» показала невысокую всхожесть и составила 52,5 %. Криообработка повысила всхожесть семян на 21 % (73,5 %), кроме того, на 21,5 % повысилась и энергия прорастания (рис. 2). Невысокая всхожесть семян контрольной группы, видимо, связана с длительным сроком хранения, более 1 года. Согласно литературным данным, максимальная всхожесть отмечена для семян ромашки аптечной сроком хранения от 6 до 12 месяцев, после чего наблюдается постепенное снижение всхожести [19]. Ряд авторов [4] установили важные факты, вскрывающие некоторые причины низкой всхожести семян у растений по их хранению: снижение интенсивности дыхания; увеличение содержания свободных жирных кислот; уменьшение содержания жизненно необходимых веществ; снижение содержания сахарозы; действие патогенной микрофлоры.

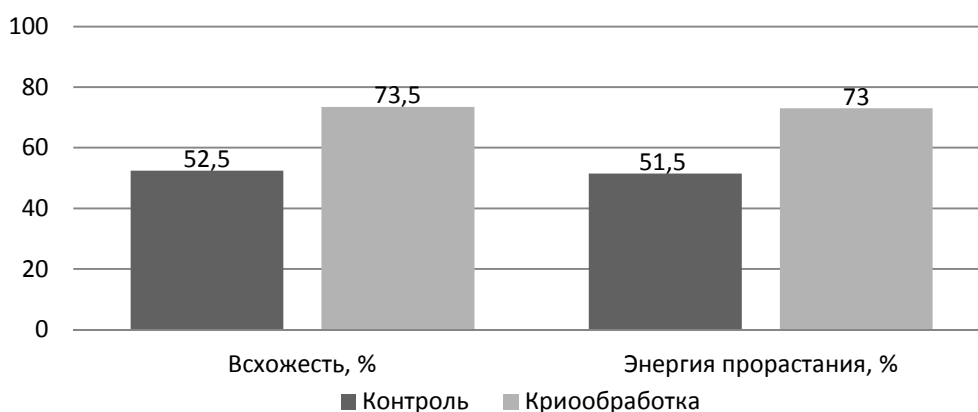


Рисунок 2. Влияние криообработки на всхожесть и энергию прорастания семян *Chamomilla recutita* сорта «Подмосковная» (длительность заморозки 24 ч)

По сравнению с первой частью эксперимента мы провели более длительную криообработку в течение 7 суток. Также были проведены работы по изучению влияния видов оттаивания после заморозки на всхожесть семян. После глубокого замораживания провели быструю и медленную разморозки (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели всхожести и энергии прорастания семян *Chamomilla recutita* при криообработке длительностью 7 сут**

Вид растения	Группа эксперимента	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
Ромашка аптечная, сорт «Подмосковная»	Контроль	67,0±7,7	65,5±6,0
	Криоконсервация, быстрое оттаивание	71,0±15,1	65,0±13,3
	Криоконсервация, медленное оттаивание	78,0±5,6	75,5±6,0



Результаты проведенного исследования показали, что всхожесть семян ромашки аптечной сорта «Подмосковная» после криогенного хранения выше контрольных значений, как при быстром (71 %), так и при медленном оттаивании (78 %). Энергия прорастания на 10 % повысилась при медленном оттаивании, а при быстром оттаивании показатели были на уровне контроля (рис. 3).

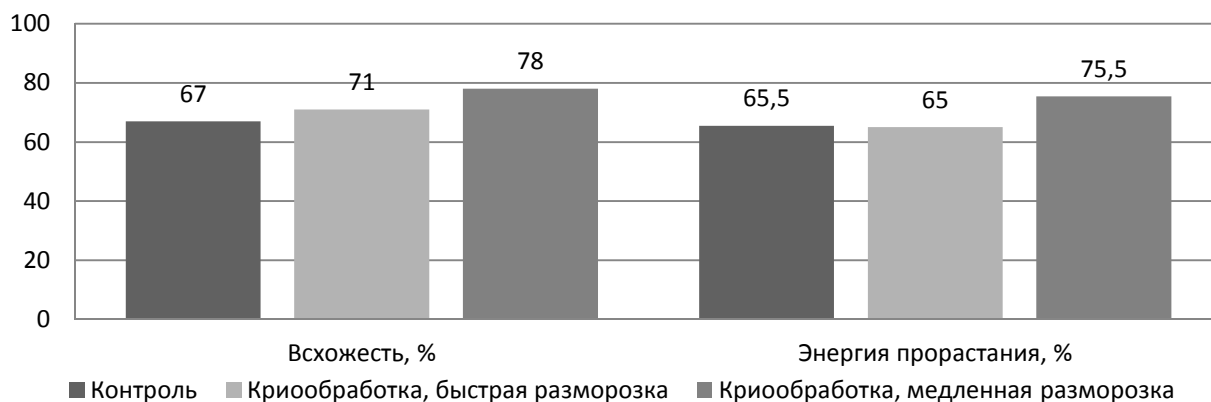


Рисунок 3. Влияние криобработки на всхожесть и энергию прорастания семян *Chamomilla recutita* сорта «Подмосковная» (длительность заморозки 7 сут)

Полученные результаты показывают, что криозамораживание семян в жидком азоте (–196 °С) не оказало отрицательного действия на жизнеспособность семян ромашки аптечной, особенно при длительной заморозке (7 сут) с медленным оттаиванием. После криогенного воздействия всхожесть семян повышалась либо оставалась на уровне контроля.

Следующим этапом являлось определение количественного и качественного состава эфирного масла ромашки аптечной сорта «Подмосковная», выращенной из семян после замораживания в жидком азоте при температуре –196 °С. Экспозиция — 1, 3 ч и ступенчатая заморозка.

Эфирное масло ромашки аптечной представляет собой очень вязкую жидкость, цвета от темно-синего до голубовато-зеленого, обладающую характерным запахом: бальзамическим, медовым, отчасти цветочным, напоминающим яблочный. По этой причине масло находит применение в парфюмерии, в частности, используется для придания шипровых нот. Синяя окраска объясняется присутствием хамазулена, который сам по себе не является компонентом ромашки, но образуется из матрицина в процессе отгонки с водяным паром [20].

Извлечение эфирного масла ромашки аптечной сорта «Подмосковная» проводили методом гидродистилляции после чего был изучен и сопоставлен его количественный состав (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

**Количественный состав эфирных масел *Chamomilla recutita* сорта «Подмосковная» после криобработки**

№	Наименование образца	Масса полученного эфирного масла, мг	Выход, в перерасчете на сухое сырье, %
1	Контроль	45,6	0,046
2	Длительность криобработки 1 ч	10,9	0,052
3	Длительность криобработки 3 ч	49,9	0,185
4	Ступенчатая заморозка	56,3	0,268

Данные таблицы показывают, что количественное содержание эфирных масел в указанных выше образцах различно. Так, в образце со ступенчатой заморозкой, содержание эфирного масла в объемно-весовых процентах в перерасчете на абсолютное сухое сырье составило 0,26 %, что значительно превышает значение контроля. В образце с длительностью криобработки в 3 ч количество эфирного масла составило 0,18 %, что также выше показателя контрольной группы. По-видимому, данное различие в количественном составе связано с изменениями внутриклеточных биохимических процессов в семенах под воздействием сверхнизких температур, что включило механизм, который привел к повышению количественного содержания эфирных масел при произрастании.

Методом газовой хроматографии в каждом из исследуемых образцах ромашки аптечной были определены около 45 компонентов эфирного масла. Основными компонентами являются органические соединения сесквитерпеновой группы (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

**Компонентный состав эфирных масел *Chamomilla recutita* сорта «Подмосковная» после криообработки**

Название компонентов	Контроль	Криобработка длительностью 1 ч	Криобработка длительностью 3 ч	Ступенчатая заморозка
Гермакрен D	3,5	5,9	2,2	1,8
Бициклогермакрен	3,0	5,0	1,7	2,5
Фарнезен	–	–	–	6,3
(Z)-β-Фарнезен	–	–	–	9,9
α-Фарнезен	13,8	25,2	8,1	–
Спатуленол	8,3	12,3	15,3	16,3
α-Бисабололоксид Б	15,7	–	–	1,3
α-Бисабололоксид А	2,6	0,7	–	1,7
Хамазулен	3,0	0,5	–	1,3
Цис-ен-ин-дициклоэфир	9,0	7,3	7,1	11,8

В ходе исследования было выявлено, что в контрольной группе ромашки аптечной преобладающими компонентами являются α-бисабололоксид Б — 15,7 %, α-фарнезен — 13,8, цис-ен-ин-дициклоэфир — 9,0, спатуленол — 8,3, гермакрен D — 3,5 %. Наименьшие процентные показатели у хамазулена — 3,0 % и α-бисабололоксида А — 2,6 %. Данный качественный состав эфирного масла ромашки аптечной сорта «Подмосковная» также подтверждается в работе В.В. Пунегова, где указывается, что сорт «Подмосковная» отличается высоким содержанием α-бисабололоксида Б и практическим отсутствием α-бисаболола [21].

В образце ромашки аптечной, семенной материал которой предварительно был обработан сверхнизкой температурой длительностью 1 ч, преобладающими компонентами являются α-фарнезен — 25,2 %, спатуленол — 12,3, цис-ен-ин-дициклоэфир — 7,3, гермакрен D — 5,9 и бициклогермакрен — 5,0 %. В данном образце очень низкое процентное содержание хамазулена — 0,5 %.

В образце с криообработкой длительностью 3 ч основными соединениями являются спатуленол — 15,3 %, α-фарнезен — 8,1 % и цис-ен-ин-дициклоэфир — 7,1 %. Необходимо отметить, что отличительной особенностью данного образца является полное отсутствие таких компонентов, как хамазулен, α-бисабололоксид Б и α-бисабололоксид А.

В варианте со ступенчатой заморозкой преобладают такие компоненты, как спатуленол — 16,3 %, цис-ен-ин-дициклоэфир — 11,8, β-фарнезен — 9,9, фарнезен — 6,3, бициклогермакрен — 2,5 %.

Стоит отметить, что компонентный состав эфирного масла ромашки аптечной, семена которой подвергались сверхкритической низкой температуре, отличается от контроля повышенным содержанием таких компонентов, как α-фарнезен, β-фарнезен, которые обладают противовоспалительными, успокаивающими и противогрибковыми действиями [22], спатуленол, цис-ен-ин-дициклоэфир, обладающие фунгицидными, антиаллергенными и ранозаживляющими действиями [2].

*Заключение*

Таким образом, по полученным нами данным, можно сделать вывод, что действие сверхнизких температур на семенной материал ромашки аптечной не повлияло отрицательно на жизнеспособность семян, на количественный и качественный состав эфирного масла. Наоборот, данный метод хранения семян положительно сказался на количественном составе эфирного масла в процессе роста растения, и в некоторых случаях даже повысил процентное содержание некоторых компонентов эфирного масла. Также повысилась энергия прорастания и всхожесть семян. В связи с этим криоконсервация, как метод хранения семян и поддержания коллекции сортов лекарственных культур, может смело применяться без риска потери ценных целебных свойств растения.

*Исследования выполнены в рамках внутреннего грантового проекта Карагандинского университета им. акад. Е.А. Букетова «Сбор и подготовка образцов семян лекарственных растений, закладка опытов по криоопределению условий замораживания».*

### Список литературы

- 1 Загорулько Е.Ю. Подходы к стандартизации цветков ромашки аптечной (*Chamomillae recutita* flores) в Российской и зарубежных фармакопеях / Е.Ю. Загорулько, М.Г. Ожигова // Фармация и фармакология. — 2017. — Т. 5, № 2. — С. 135–149. — URL: <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2017-5-2-135-149>.
- 2 Жураева А.А. Изучение компонентного состава эфирного масла цветков ромашки аптечной, произрастающей в Узбекистане / А.А. Жураева, В.Н. Абдуллабекова, К.Ш. Мухитдинова, Д.Т. Гаибназарова // Вестн. фармации. — 2018. — № 2(80). — С. 13–17.
- 3 Тоцкая С.А. Ромашка аптечная (*Chamomilla recutita* (L.) Raushert.) — объект селекции / С.А. Тоцкая, М.Ю. Грязнов // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию ВИЛАР. — М., 2016. — С. 321–324.
- 4 Губанов И.А. Лекарственные растения / И.А. Губанов. — М.: Московские университеты, 1993. — С. 8.
- 5 Первышина Г.Г. К вопросу о содержании биологически активных веществ ромашки аптечной (*Chamomilla recutita*) и ромашки душистой (*Chamomilla suaveolens*), произрастающих в Красноярском крае / Г.Г. Первышина // Химия растительного сырья. — 2002. — № 3. — С. 21–24.
- 6 Павлова Л.В. Газохроматографический анализ ромашки аптечной (*Chamomilla recutita* R.) / Л.В. Павлова // Аналитика и контроль. — 2013. — Т. 17, № 1. — С. 66–75.
- 7 Фитопрепараты ВИЛАР: науч.-справоч. изд. — М.: Бюрос-пресс, 2009. — 256 с.
- 8 Регистр лекарственных средств России. — М.: Веданта, 2015. — 351 с.
- 9 Свистунова Н.Ю. Изучение влияния продолжительности и режима хранения сортовых семян лекарственных растений на основные посевные качества и цитогенетические характеристики их проростков / Н.Ю. Свистунова // Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию Центр. бот. сада НАН Беларуси. — Минск, 2017. — С. 528.
- 10 Бутенко О.Ю. Влияние режимов замораживания и оттаивания на всхожесть семян сосны и ели / О.Ю. Бутенко, А.С. Бондаренко, Н.Н. Пелевина // Тр. СПб. науч.-исслед. ин-та лесного хозяйства. — 2014. — № 1. — С. 38–46.
- 11 Тихонова Н.Г. Стратегия и методы длительного хранения генофонда растений / Н.Г. Тихонова, Г.И. Филипенко, В.Г. Вержук, А.С. Жестков // Проблемы криобиологии. — 2008. — Т. 18, № 2. — С. 76–84.
- 12 Николаева М.Г. Долговременное хранение семян дикорастущих видов растений. Биологические свойства семян / М.Г. Николаева, В.Л. Тихонова, Т.В. Далецкая // Консервация генетических ресурсов. Информационный материал. — Пушкино: Пушкин. науч. центр РАН, 1992. — 36 с.
- 13 Ishmuratova M.Yu. Cryopreservation of *Calendula officinalis* seeds / M.Yu. Ishmuratova, S.U. Tleukenova, S.N. Atikeyeva, A.K. Auelbekova, G.O. Zhuzbayeva, Zh.Zh. Zhumagaliyeva // EurAsian Journal of BioSciences. — 2020. — Vol. 14, Iss. 1. — P. 501–505. — URL: <http://www.ejobios.org/article/cryopreservation-of-calendula-officinalis-seeds-7521>.
- 14 Павлов А.В. Криоконсервация как метод сохранения отдельных видов плодово-ягодных культур и дикорастущих лекарственных растений / А.В. Павлов, В.Г. Вержук, С.Ю. Орлова, О.Е. Радченко, М.В. Ерастенкова, А.Ш. Додонова, Е.А. Гаврилькова, М.Н. Ситников, Г.И. Филипенко, С.В. Мурашев // Probl. Cryobiol. Cryomed. — 2019. — Vol. 29, Iss. 1. — P. 44–57. — URL: <https://doi.org/10.15407/cryo29.01.044>
- 15 Kushnarenko S. Characterization and cryopreservation of *Malus sieversii* seeds / S. Kushnarenko, E. Salnikov, M. Nurtazin, Z. Mukhitdinova, I. Rakhimbaev, B.M. Reed // The Asian and Australian Journal of Plant Science and Biotechnology. — 2010. — Vol. 4, special issue 1. — P. 5–9. — URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4609.0008>.
- 16 Зорина М.С. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов. Методики интродукционных исследований в Казахстане: сб. науч. тр. / М.С. Зорина, С.П. Кабанов. — Алма-Ата: Наука, 1987. — С. 75–85.
- 17 Кушнаренко С.В. Криоконсервация семян: метод. реком. / С.В. Кушнаренко, З.П. Мухитдинова, М.М. Аралбаева. — Алматы: Изд-во Ин-та биологии и биотехнологии растений, 2011. — 33 с.
- 18 Государственная фармакопея СССР. — Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье МЗ СССР. — 11-е изд. — М.: Медицина, 1990. — 400 с.
- 19 Тлеукунова С.У. Онтогенез ромашки аптечной сорта «Карагандинская» в условиях Центрального Казахстана / С.У. Тлеукунова, С.С. Айдосова, М.Ю. Ишмуратова // Вестн. Казах. нац. ун-та. Сер. биол. — 2008. — № 3. — С. 13–15.
- 20 Лебига Ю.А. Фармакологическое действие компонентов ромашки аптечной и ее использование в косметических средствах / Ю.А. Лебига, С.Н. Бутова, Е.А. Борисенко // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста: сб. науч. тр. I Междунар. науч.-практ. конф. — М., 2018. — С. 102–107.
- 21 Пунегов В.В. Изучение состава эфирного масла ромашки аптечной при интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми / В.В. Пунегов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-57/05.html>.
- 22 Babar A. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review / A. Babar, A.Al-W. Naser, Sh. Saiba, A. Aftab, A. KhShah, A. Firoz // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. — 2015. — Vol. 5, Iss. 8. — P. 601–611.

А.К. Рамазанов, С.У. Глеукунова, Л.Г. Бабешина, Е.М. Сүлеймен,  
Ж.Г. Ибрайбеков, М.А. Кинаяттов

### ***Chamomilla reticulata* «Подмосковная» сорты тұқымының өміршеңдігіне криомұздатудың әсері және эфир майының химиялық құрамы**

Мақалада «Подмосковная» дәріханалық түймедағының сортындағы эфир майының сандық және сапалық құрамына шамадан тыс төмен критикалық температураның әсері зерттелген. Зерттелетін өсімдіктердің тұқымдары ашық алаңға отырғызар алдында өте төмен температурада (–196 °C) өңделіп отырғызылған және зертханалық жағдайда өміршеңдігі анықталған. Кριο өңдеу тұқымдарды пластикалық түтіктерде сұйық азоты бар Дюар ыдыстарына тікелей батыру арқылы жүзеге асырылған. Криопротекторлар қолданылмаған. Кριο өңдеудің ұзақтығы 1 сағат, 3 сағат және сатылы мұздату. Тұқымдарды сатылы мұздату келесі ретпен жүргізілген: тоңазытқышта 1 сағат (+11 °C), мұздатқыш камерасында 1 сағат (–10 °C) және сұйық азотта 1 сағат. Барлық жағдайларда жібіту баяу жүргізілді. Кριο өңдеуден кейін тұқымдар топыраққа отырғызылған. Эфир майын шығарып алу Клевенджер аппаратында гидродистилляция арқылы жүзеге асырылды. Эфир майларының құрамы Clarus-SQ 8 газды хроматографтың масс-спектрометриялық детектор көмегімен анықталды. Зерттеу нәтижесінде тұқымға өте төмен температураның әсері түймедақтағы эфир майының сандық және сапалық құрамына теріс әсер етпейтіні анықталды. Керісінше, тұқым өңдеудің бұл әдісі өсімдіктің өсу кезеңінде эфир майының сандық құрамына оң әсерін тигізді, ал кейбір жағдайларда тіпті кейбір компоненттердің, мысалы, α-фарнезен, β-фарнесен, спатуленол, цис-ен-дициклоэфир сияқты пайыздық үлесін арттырды.

*Кілт сөздер:* түймедақ, кριο өңдеу, эфир майлары, хромато-масс-спектрометрия, зертханалық өну, өсу энергиясы.

A.K. Ramasanov, S.U. Tleukenova, L.G. Babeshina, Ye.M. Suleimen,  
Zh.G. Ibraibekov, M.A. Kinayatov

### **Influence cryo preservation on viability of *Chamomilla reticulata*' seeds varia «Podmoskovnaya» and chemical composition of essential oil**

The article examines the effect above critical low temperatures on the quantitative and qualitative composition of essential oil of *Chamomilla reticulata* varia «Podmoskovnaya». Seeds of the studied plant species were treated with ultra-low temperature (–196 °C) before planting in open ground and the viability of the seeds was determined under laboratory conditions. Cryo processing was carried out by direct immersion of seeds in plastic tubes in Dewar vessels with liquid nitrogen. Cryoprotectants were not used. Cryo processing duration was 1 hour, 3 hour and step freezing. Step freezing of seeds was performed in the following sequence: 1 hour in the refrigerating compartment (+ 4 °C), 1 hour in the freezing compartment (–8 °C) and 1 hour in liquid nitrogen. In all cases of the experiment, a slow thawing regime was applied. After cryogenic exposure, the material was planted into open ground. Recovery of essential oil was carried out by hydro distillation on a Clevenger apparatus. The component composition of the essential oils was determined on a Clarus-SQ 8 gas chromatograph with a mass spectrometric detector. As a result of the study, it was found that the effect of ultra-low temperatures on the seed material of the Moscow Region chamomile did not negatively affect the quantitative and qualitative composition of the essential oil of the pharmacy chamomile. On the contrary, this method of treating seeds has had a positive effect on the quantitative composition of the essential oil during the growth of the plant and in some cases has even increased the percentage of certain components, such as α-farnesene, β-farnesene, spatulenol, cis-en-in-dicycloether.

*Keywords:* Chamomilla reticula, cryopreservation, essential oil, chromate-mass-spectrometry, laboratorial germination, energy of germination.

#### References

- 1 Zagorulko, E.Yu., & Ozhigova, M.G. (2017). Podhody k standartizatsii tsvetkov romashki aptechnoi (*Chamomillae recutita* flores) v Rossiiskoi i zarubezhnoi farmakopeiakh [Approaches to the standardization of chamomile flowers (*Chamomillae recutita* flores) in Russian and foreign Pharmacopoeia]. *Farmatsiia i farmakologhiia — Pharmacy and Pharmacology*, 5, 2, 135–149. URL: <https://doi.org/10.19163/2307-9266-2017-5-2-135-149> [in Russian].
- 2 Zhuraeva, A.A., Abdullabekova, V.N., Mukhitdinova, K.Sh., & Gaibnazarova, D.T. (2018). Izuchenie komponentnoho sostava efirnoho masla tsvetkov romashki aptechnoi, proizrastaiushchei v Uzbekistane [The study of the component composition of the essential oil of chamomile flowers pharmacy growing in Uzbekistan]. *Vestnik farmatsii — Bulletin of pharmacy*, 2(80), 13–17 [in Russian].

- 3 Totskaia, S.A., & Griaznov, M.Iu. (2016). Romashka aptechnaia (*Chamomilla recutita* (L.) Raushert.) — obekt selektsii [Chamomile chemist's (*Chamomilla recutita* (L.) Raushert.) — object of selection]. Proceedings from Biological characteristics of medicinal and aromatic herbs and their role in medicine: *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia, posviashchennaia 85-letiiu VILAR — International scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of All-Russian Institute of Medical and Aromatic Plants*. (p. 321–324). Moscow [in Russian].
- 4 Gubanov, I.A. (1993). *Lekarstvennye rasteniia [Medicinal herbs]*. Moscow: Moskovskie universitety [in Russian].
- 5 Pervyshina, G.G. (2013). K voprosu o sodержanii biologicheskii aktivnykh veshchestv romashki aptechnoi (*Chamomilla recutita*) i romashki dushistoi (*Chamomilla suaveolens*), proizrastaiushchikh v Krasnoiarskom krae [On the content of biologically active substances of chamomile pharmacy (*Chamomilla recutita*) and fragrant chamomile (*Chamomilla suaveolens*), growing in the Krasnoyarsk Territory]. *Khimiia rastitel'nogo syriia — Chemistry of Plant Materials*, 3, 21–24 [in Russian].
- 6 Pavlova, L.V. (2013). Hazokhromatograficheskii analiz romashki aptechnoi (*Chamomilla recutita* R.) [Gas chromatographic analysis of chamomile pharmacy (*Chamomilla recutita* R.)]. *Analitika i kontrol — Analytics and control*, 17, 1, 66–75 [in Russian].
- 7 *Fitopreparaty VILAR [Phytopreparations of All-Russian Institute of Medicinal and Aromatic Plants]*. (2009). Moscow: Borus-press [in Russian].
- 8 *Rehistr lekarstvennykh sredstv Rossii [Register of medical facilities of Russia]*. (2015). Moscow: Vedanta [in Russian].
- 9 Svistunova, N.Yu. (2017). Izuchenie vliianiia prodolzhitel'nosti i rezhima khraneniia sortovykh semian lekarstvennykh rastenii na osnovnye posevnye kachestva i tsitoheneticheskie kharakteristiki ikh prorostkov [Studying the influence of the duration and storage mode of varietal seeds of medicinal herbs on the main sowing qualities and cytogenetic characteristics of their seedlings]. Proceedings from The Role of Botanical Gardens and Arboretums in the conservation, study and sustainable use of plant diversity: *Mezhdunarodnaia nauchnaia konferentsiia, posviashchennaia 85-letiiu Tsentral'nogo botanicheskogo sada NAN Belarusi — International Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of the Central Botanical Garden of the NAS of Belarus* (p. 528). Minsk [in Russian].
- 10 Butenko, O. Yu., Bondarenko, A.S., & Pelevina, N.N. (2014). Vliianie rezhimov zamorazhivaniia i ottaivaniia na vskhozhest semian sosny i eli [Influence of freezing and thawing regimes on germination of pine and spruce seeds]. *Trudy Sankt-Peterburhskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khoziaistva — Proceedings of the St. Petersburg research Institute of forestry*, 1, 38–46 [in Russian].
- 11 Tikhonova, N.G., Filipenko, G.I., Verzhuk, V.G., & Zhestkov, A.S. (2008). Stratehiia i metody dlitel'nogo khraneniia henofonda rastenii [Strategy and methods of long-term storage of the herbs gene pool]. *Problemy kriobiologii — Problems of Cryobiology*, 18, 2, 76–84 [in Russian].
- 12 Nikolaeva, M.G., Tikhonova, V.L., & Daletskaiia, T.V. (1992). Dolhovremennoe khranenie semian dikorastushchikh vidov rastenii. Biologicheskie svoistva semian [Long-term storage of seeds of wild herbs species. Biological properties of seeds]. *Konservatsiia heticheskikh resursov. Informatsionnyi material — Conservation of genetic resources. Information material*. Pushchino: Pushchinskii nauchnyi tsentr, 36 [in Russian].
- 13 Ishmuratova, M.Yu., Tleukenova, S.U., Atikeyeva, S.N., Auelbekova, A.K., Zhuzbayeva, G.O. & Zhumagaliyeva, Zh.Zh. (2020). Cryopreservation of *Calendula officinalis* seeds. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14(1), 501–505. — URL: <http://www.ejobios.org/article/cryopreservation-of-calendula-officinalis-seeds-7521>.
- 14 Pavlov, A.V., Verzhuk, V.G., Orlova, S.Yu., Radchenko, O.E., Erastenkova, M.V., & Dodonova, A.Sh. et al. (2019). Kriokonservatsiia kak metod sokhraneniia otdelnykh vidov plodovo-yahodnykh kultur i dikorastushchikh lekarstvennykh rastenii [Cryo preservation as a method for storage of separated species of fruit-berry cultures and wild medical plants]. *Problemy kriobiologii i kriomeditsiny*, 29(1), 44–57. URL: <https://doi.org/10.15407/cryo29.01.044> [in Russian].
- 15 Kushnarenko, S., Salnikov, E., Nurtazin, M., Mukhitdinova, Z., Rakhimbaev, I. & Reed, B.M. (2010). Characterization and cryopreservation of *Malus sieversii* seeds. *The Asian and Australian Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4(1), 5–9. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4609.0008>.
- 16 Zorina, M.S., & Kabanov, S.P. (1987). *Opreделение semennoi produktivnosti i kachestva semian introdutsentov. Metodiki introduktsionnykh issledovaniy v Kazakhstane [Determination of seed productivity and quality of seed of introduced plants]*. Alma-Ata: Nauka, 75–85 [in Russian].
- 17 Kushnarenko, S.V., Mukhitdinova, Z.R., & Aralbayeva, M.M. (2011). *Kriokonservatsiia semian [Cryo preservation of seeds]*. Almaty: Publ. of Institute of biology and biotechnology [in Russian].
- 18 *Hosudarstvennaia farmakopeia SSSR. Vyp. 2. Obshchie metody analiza. Lekarstvennoe rastitel'noe syre MZ SSSR [The State Pharmacopeia of USSR. Vol. 2. General methods of analysis. Vegetative raw materials. MH of USSR]*. (1990). Moscow: Meditsina [in Russian].
- 19 Tleukenova, S.U., Aidosova, S.S., & Ishmuratova, M.Yu. (2008). Ontohenez romashki aptechnoi sorta «Karahandinskaia» v usloviiakh Tsentral'nogo Kazakhstana [Ontogenesis of *Chamomilla reticulata* sort «Karagandinskaya» in the conditions of the Central Kazakhstan]. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo universiteta. Serii biologiiia — Bulletin of Kazakh National University. Biology series*, 3, 13–15 [in Russian].
- 20 Lebiga, Yu.A., Butova, S.N., & Borisenko, E.A. (2018). Farmakologicheskoe deistvie komponentov romashki aptechnoi i ee ispolzovanie v kosmeticheskikh sredstvakh [Pharmacological action of the components of chamomile, pharmacy and its use in cosmetics]. Proceedings from Advanced food technology: state, trends, growth points: *I Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — I International Scientific and Practical Conference*. (p. 102–107). Moscow [in Russian].
- 21 Punegov, V.V. Izuchenie sostava efir'nogo masla romashki aptechnoi pri introduktsii v srednetaezhnoi podzone Respubliki Komi [The study of the composition of the essential oil of chamomile pharmacy during the introduction in the middle taiga subzone of the Komi Republic]. *ib.komisc.ru*. Retrieved from <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/02-57/05.html> [in Russian].
- 22 Babar, A., Naser, A. Al-W, Saiba, Sh., Aftab, A., Shah, A.Kh., & Firoz, A. (2015). Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), 601–611.

М.С. Рамазанова<sup>1\*</sup>, Н.В. Курбатова<sup>2</sup>, Н.Г. Гемеджиева<sup>1</sup>, Ч.Ж. Алдасугурова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

(\*E-mail: r.madina.c@mail.ru)

## Сравнительное анатомо-морфологическое исследование вегетативных органов *Iris sogdiana* Bunge из природных популяций юго-восточного Казахстана

Сравнительный анатомо-морфологический анализ вегетативных органов *Iris sogdiana* из различных условий произрастания представляет интерес, поскольку позволяет выявить особенности и адаптационные возможности вида. Микроскопические исследования вегетативных органов *I. sogdiana* из природных популяций юго-восточного Казахстана проведены впервые. Показана положительная корреляция между местообитанием и морфометрическими параметрами вида. Выявлены особенности строения вегетативных органов и установлено, что развитие покровной, основной и проводящих тканей у *I. sogdiana* связано с градиентом увлажнения. Для листовой пластинки характерны многочисленные устьица, слегка погруженные вглубь листа; многочисленные межклетники; воздухоносные полости в мезофилле листа; проводящие пучки, окруженные клетками склеренхимы. У стебля наблюдается определенная степень ребристости, утолщенная поверхность наружных клеток эпидермиса, выраженный слой склеренхимы перицикла. Корень имеет одно-двухслойную эктодерму, развитые утолщения радиальных оболочек клеток эндодермы, разное количество сосудов в зависимости от мест произрастания. Результаты исследования свидетельствуют о том, что растения 1- и 2-й популяций характеризуются более ксерофитными чертами организации, для растений 3-й популяции присущи мезофитные черты. Исследуемый вид отличается усредненными морфометрическими показателями строения и включает мезоксерофитную организацию анатомической структуры. Морфологическое строение *I. sogdiana* позволяет заключить, что в течение короткого периода вегетации для развития растения необходимо достаточное количество влаги.

**Ключевые слова:** *Iris sogdiana*, анатомо-морфологические исследования, вегетативные органы, популяция, юго-восточный Казахстан.

### Введение

Виды самого многочисленного рода *Iris* L. из сем. *Iridaceae* Juss. перспективны и весьма интересны для комплексного изучения и хозяйственного использования, в том числе в качестве источников лекарственного растительного сырья, так как растения содержат эфирное масло, изофлавоноиды, флавоноиды, каротиноиды, различные органические кислоты и дубильные вещества. Корневища некоторых ирисов оказывают иммуномодулирующее, противовоспалительное, антиоксидантное, тонизирующее действие, проявляют антивирусную, акарицидную, антифунгальную активность [1–5].

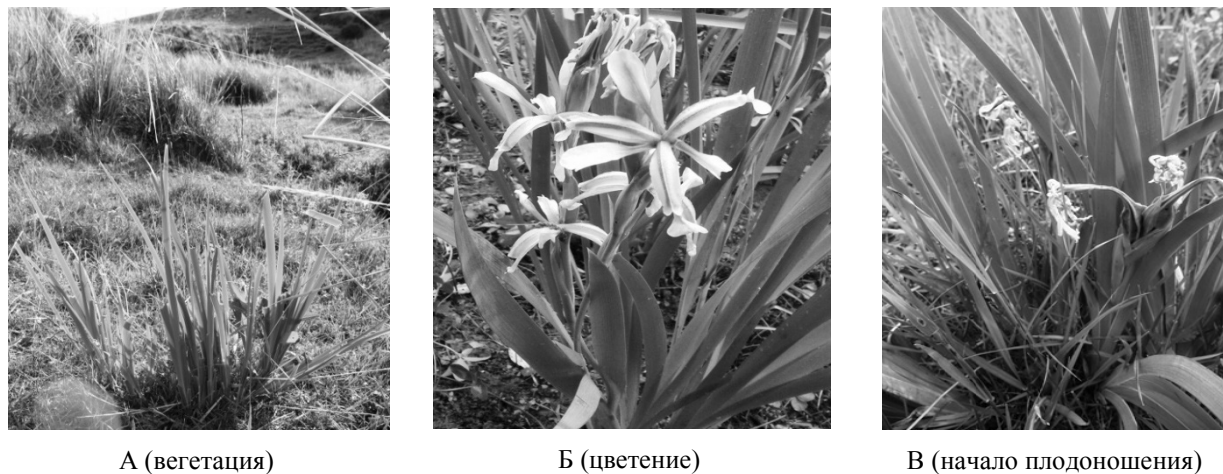
Учеными стран СНГ проводятся разноплановые исследования дикорастущих ирисов и в условиях культуры [6–11], однако сведения об анатомических исследованиях, в частности, корней, семян видов рода *Iris* L., немногочисленны [12, 13].

Анатомо-морфологическое изучение казахстанских ирисов ранее не проводилось. Для выявления анатомо-морфологических особенностей казахстанских ирисов нами впервые проведены микроскопические исследования корней, стеблей и листьев ириса согдийского (*Iris sogdiana* Bunge), широко распространенного на территории Казахстана.

*Iris sogdiana* Bunge (син. *I. halophila* var. *sogdiana* (Bunge) Skeels), ирис согдийский, токылдак құртқашаш (каз.), — травянистый многолетник, высотой 20–40 см, с толстым корневищем до 1,5 см толщиной. Цветки бледно-желтые или беловатые, в числе 2–4, на цветоносах более коротких или почти равных околоцветнику. Коробочка 4–5,5 см длиной, овальная или продолговато-овальная, шестигранная, на верхушке заостренная в длинный носик. Семена около 6 мм, неправильной формы, в несколько вздутой пленчатой, буроватой, блестящей оболочке. Цветет в июне-июле. Растет в степной зоне на солончаковых и солонцеватых лугах, в понижениях и долинах озер и рек.

Встречается в Тоболо-Ишимской низменности, Прииртышье, Кокчетавском и Тургайском регионах, Западном и Восточном мелкосопочнике, Каркаре, Зайсане, Бетпакдале, Прибалхашье, на Алтае и Тарбагатае, Джунгарском Алатау [14].

Объекты исследования: дикорастущие популяции перспективного лекарственного растения *Iris sogdiana* Bunge (*Iridaceae* Juss.) (рис. 1).



А (вегетация)

Б (цветение)

В (начало плодоношения)

Рисунок 1. *Iris sogdiana* Bunge из различных местообитаний (А — г. Согеты; Б, В — пойма р. Иле) на территории Алматинской области

Цель исследования: выявление анатомо-морфологических особенностей вегетативных органов *I. sogdiana* из природных популяций юго-восточного Казахстана в пределах Алматинской области.

#### Материалы и методы исследования

Материалом для исследования служили вегетативные органы (лист, стебель, корень) *I. sogdiana*, образцы которого были собраны в природных популяциях юго-восточного Казахстана. Во время экспедиционных выездов для выявления и описания растительных сообществ с участием ириса согдийского применяли геоботанические методы [15, 16]. Координаты местности, где были выявлены промысловые массивы, определялись с помощью GPS-навигатора «Garmin».

Исследования были проведены на растительном материале, который был зафиксирован в смеси спирта, глицерина и воды в соотношении 1:1:1. При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методы [17–19]. Придерживаясь методических указаний, поперечные срезы вегетативных органов проводили в фазу цветения, так как именно в эту фазу структурные анатомические элементы органов растений имеют наибольшую целостность.

Микроскопические исследования проводили при определении морфологических и анатомических особенностей корней, стеблей и листьев. При характеристике корня особое значение имеют следующие признаки: на поперечном срезе, при малом увеличении ( $\times 10$ ) необходимо выделить первичную кору, чаще всего занимающую большую часть сечения корня, и относительно узкий центральный цилиндр. Описывается их общее очертание, форма и строение клеток, а также распределение элементов ксилемы и флоэмы. Срезы стеблей делали в их базальной части по всей их длине через каждые 2–3 см. Для изучения брали растения среднеговозрастного генеративного состояния, основное внимание было уделено растениям, дающим основную массу сырья при исследовании видов. Анатомические препараты были изготовлены с помощью микротомы с замораживающим устройством ОЛ-ЗСО (Инмедпром, Россия), а также делались вручную — с помощью обыкновенных бритв, с двояковогнутым лезвием. Толщина анатомических срезов составляла 10–15 мкм. Для количественного анализа проведено измерение морфометрических показателей с помощью окуляр-микрометра МОВ-1–15 (при объективе  $\times 10$ , увеличении  $\times 40$ , 10, 7). Микрофотографии анатомических срезов были сделаны на микроскопе МС 300 (Micros, Австрия) с видеокамерой САМV400/1.3М (jProbe, Япония). Описание внешних признаков выполнено в соответствии с требованиями ГФ XI [20, 21].

## Результаты и обсуждение

Во время экспедиционных выездов образцы вегетативных органов *I. sogdiana* были собраны на территории Алматинской области из двух флористических районов в природных популяциях, фитоценотическая характеристика которых приведена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

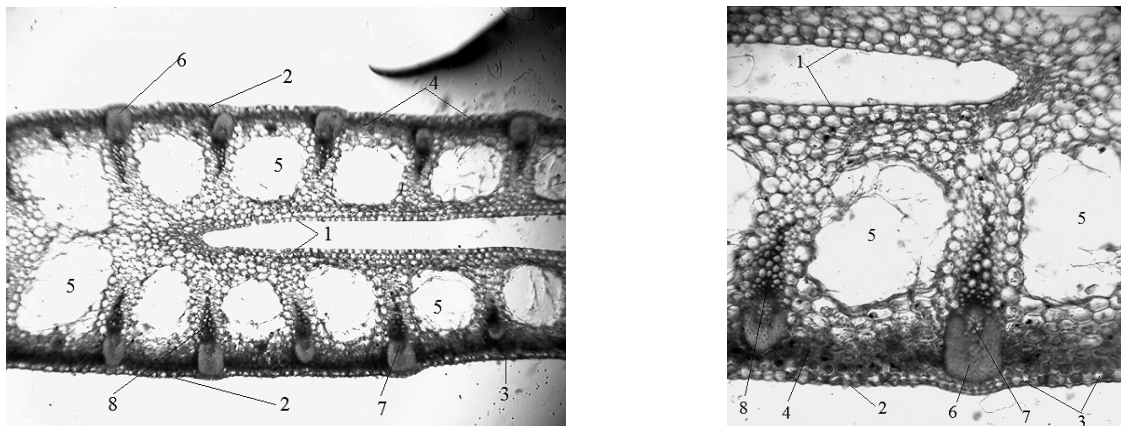
**Фитоценотическая характеристика популяций *Iris sogdiana* Bunge из различных местообитаний на территории Алматинской области**

Местонахождение и дата сбора образца	GPS координаты, высота н. у. м.	Растительное сообщество	Сопутствующие виды
Популяция 1			
Алматинская область, Балхашский район, в 2–3 км от пос. Миялы, пойма р. Иле. 06.06.2019 г.	N 44°30'05.5'', E 76°40'13.9'', 405 м	Разнотравно-злаково-кустарниковое	<i>Halimodendron halodendron</i> (Paii.) Voss., <i>Rosa beggeriana</i> Schrenk, <i>Elaeagnus angustifolia</i> L., <i>Lycium dasystemum</i> Pojark., <i>Nitraria schoberi</i> L., <i>N. sibirica</i> Pall., <i>Trachomitum lancifolium</i> (Russanov) Pobed., <i>Vexibia alopecuroides</i> (L.) Yakovlev, <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski, <i>Cynanchum sibiricum</i> Willd., <i>Asparagus neglectus</i> Kar. et Kir., <i>Iris pallasii</i> Fisch. ex Trevir., <i>Gypsophila perfoliata</i> L., <i>Cardaria draba</i> (L.) Desv., <i>Alhagi pseudalhagi</i> (M. Bieb.) Fisch., <i>Peganum harmala</i> L., <i>Poa bulbosa</i> L., <i>Zygophyllum fabago</i> L.
Популяция 2			
Алматинская область, Балхашский район, в 5–7 км юго-восточнее от пос. Баканас, пойма р. Иле. 13.06.2019 г.	N 44°45'54.6'', E 76°19'40.5'', 438 м	Злаково-разнотравно-кустарниковое	<i>Berberis iliensis</i> Popov, <i>Halimodendron halodendron</i> (Paii.) Voss., <i>Lonicera iliensis</i> Pojark., <i>Rosa beggeriana</i> Schrenk, <i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb., <i>Elaeagnus angustifolia</i> L., <i>Salix wilhelmsiana</i> M. Bieb., <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud., <i>Trachomitum lancifolium</i> (Russanov) Pobed., <i>Clematis orientalis</i> L., <i>Euphorbia jaxartica</i> Froth., <i>E. lamprocarpa</i> Prokh., <i>Vexibia alopecuroides</i> (L.) Yakovlev, <i>Artemisia vulgaris</i> L., <i>A. absinthium</i> L., <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski, <i>Cynanchum sibiricum</i> Willd., <i>Asparagus neglectus</i> Kar. et Kir., <i>Iris pallasii</i> Fisch. ex Trevir., <i>Glycyrrhiza glabra</i> L., <i>G. uralensis</i> Fisch., <i>Gypsophila perfoliata</i> L., <i>Allium caesium</i> Schrenk, <i>Poa bulbosa</i> L., <i>Aeluropus littoralis</i> (Gouan) Parl., <i>Zygophyllum fabago</i> L.
Популяция 3			
Алматинская область, Енбекшиказахский район, г. Согеты, у поворота на Бартогайское вдхр. (в фазе вег.). 17.04.2019 г.	N 43°27'02.8'', E 78°39'13.2'', 1102 м	Кустарниково-разнотравно-злаковое	<i>Rosa beggeriana</i> Schrenk, <i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. et Kir., <i>Achnatherum splendens</i> (Trin.) Nevski, <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski, <i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch., <i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds., <i>Marrubium vulgare</i> L., <i>Ziziphora clinopodioides</i> Lam., <i>Peganum harmala</i> L., <i>Camphorosma monspeliaca</i> L., <i>Vexibia alopecuroides</i> (L.) Yakovlev

Популяции 1 и 2 выявлены среди тугайной растительности поймы р. Иле, где крупные ирисовые группировки встречаются на открытых полянах. Популяция 3 описана в г. Согеты, где ирис согдийский произрастал рассеянно, небольшими куртинами в нижней части склонов.

При анатомо-морфологическом исследовании листа *I. sogdiana* (рис. 2, 3) отмечено, что он имеет мечевидную форму (с двух сторон края листа заужены) и сложен вдоль средней жилки так, что морфологически верхняя сторона его обращена внутрь, а нижняя — наружу. Наверху края листовой пластинки срастаются, на остальном протяжении они свободны. На нижней (наружной) стороне листовой пластинки отмечены многочисленные устьица, которые слегка погружены вглубь листа. На верхней (внутренней) стороне листа клетки эпидермиса более крупные, тонкостенные, без кутикулы и не имеют устьиц. Клетки эпидермиса вытянуты по длине листа.



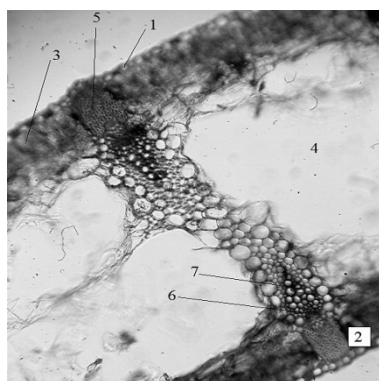


1 — верхний эпидермис; 2 — нижний эпидермис; 3 — устьица; 4 — мезофилл;  
5 — воздухоносная полость; 6 — склеренхима; 7 — флоэма; 8 — ксилема

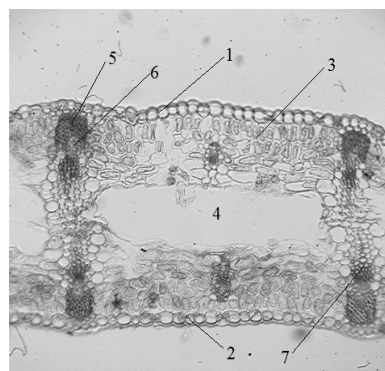
Рисунок 2. Анатомическое строение листа *Iris sogdiana* Bunge на поперечном срезе (популяция 1)  
(ув. ×140)

Под эпидермисом расположен одно-двухрядный мезофилл, состоящий из округлых тонкостенных паренхимных клеток, между которыми находятся многочисленные межклетники. Близ нижнего эпидермиса клетки мезофилла мельче и оснащены большим количеством хлоропластов, чем клетки, расположенные на внутренней стороне листа.

В нижней части листа между проводящими пучками находятся крупные воздухоносные полости. Форма и размер воздухоносных полостей у растений, собранных с разных популяций, имеют различия. Так, у растений из популяции 1 воздухоносные полости имеют округлую форму и многочисленны, встречаются в среднем количестве от 14 до 18.



Популяция 2



Популяция 3

1 — нижняя эпидерма; 2 — устьица; 3 — мезофилл; 4 — воздухоносная полость;  
5 — склеренхима; 6 — флоэма; 7 — ксилема

Рисунок 3. Анатомическое строение листа *Iris sogdiana* Bunge на поперечном срезе (популяции 2, 3)  
(ув. ×200)

У растений из популяции 2 воздухоносные полости, встречающиеся в количестве 10–12, имеют более вытянутую, прямоугольную форму и занимают наибольшую площадь листовой пластинки, за счет чего клетки мезофилла листа располагаются достаточно плотно к периферии листовой пластинки. У растений из популяции 3 воздухоносные полости, в числе 12–14, имеют овальную форму, располагаются на протяжении всей листовой пластинки в центральной её части и не смещают мезофильные клетки к краю, поэтому в листьях данной популяции мезофилл имеет наибольшую степень развития. В толще мезофилла расположены закрытые коллатеральные проводящие пучки, состоящие из элементов флоэмы и ксилемы. Проводящие пучки, которые непосредственно подходят к верхнему или нижнему краям листовой пластинки, наиболее крупные и окружены клетками скле-

ренхимы, а малые пучки погружены в мезофилл (рис. 2, 3). Наиболее наглядно это прослеживается в популяции 3 (рис. 3). Крупные проводящие пучки, расположенные ближе к краю листовой пластинки, в толще мезофилла, имеют перемишки в виде округлых паренхимных клеток. В толще мезофилла отмечены немногочисленные клетки, содержащие включения.

В таблице 2 представлены результаты морфометрических показателей листовых пластинок ириса согдийского из различных популяций.

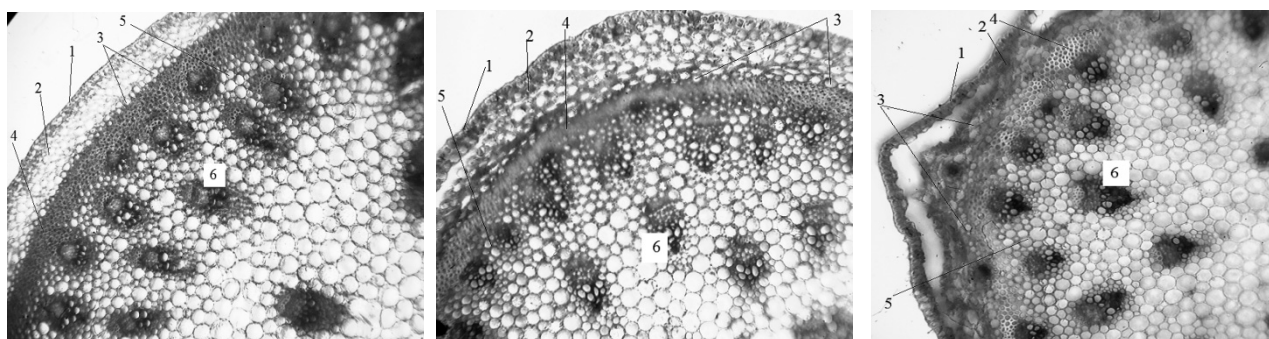
Т а б л и ц а 2

**Морфометрические показатели листьев *Iris sogdiana* из различных популяций  
(средний показатель)**

Популяция	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина мезофилла, мкм	Площадь проводящих пучков, $\times 10^{-3}$ мм <sup>2</sup>
	верхнего	нижнего		
1	4,1±0,27	3,4±0,21	39,53±1,23	18,01±0,02
2	3,7±0,56	3,1±0,44	32,58±1,71	16,23±0,08
3	4,8±0,86	3,8±0,29	41,16±1,24	16,92±0,05

По данным таблицы 2 можно отметить, что морфометрические показатели листовой пластинки, такие как толщина эпидермиса и толщина мезофилла у растений популяции 3 выше. Однако площадь проводящих пучков у ирисов этой популяции меньше, чем у растений популяции 1. Это говорит о более ксерофитных признаках (многочисленные устьица на наружной стороне листа, большая площадь проводящих пучков) анатомического строения у растений популяции 1. Растения популяции 2 занимают промежуточное положение.

Форма стебля *I. sogdiana* у растений популяций 1 и 2 на поперечном срезе округлая и слаборебристая, а у растений популяции 3 ребристость стебля выражена сильнее (рис. 4), что связано с экологическими условиями произрастания. Наружная поверхность клеток эпидермы утолщена за счет тонкого слоя кутикулы, которая в наибольшей степени имеется у растений популяции 1. Первичная кора представлена клетками хлоренхимы и эндодермы.



Популяция 1

Популяция 2

Популяция 3

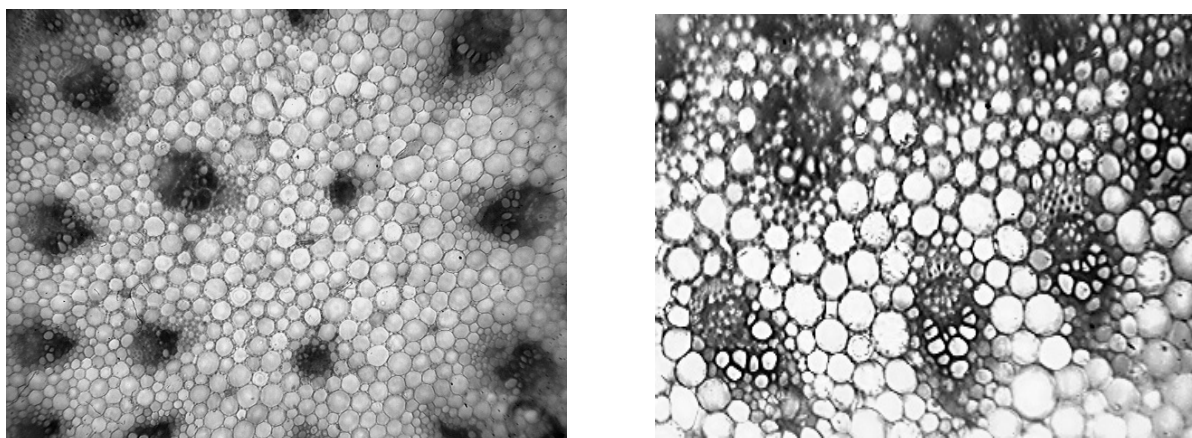
1 — эпидерма; 2 — хлоренхима; 3 — эндодерма; 4 — склеренхима перицикла;  
5 — основная паренхима; 6 — закрытый коллатеральный пучок

Рисунок 4. Анатомическое строение стебля *Iris sogdiana* Bunge на поперечном срезе (популяции 1 – 3) (ув.  $\times 140$ )

При большом увеличении видно, что основная часть первичной коры составляет хлоренхима. Она представлена многочисленными, плотно сомкнутыми клетками в виде опоясывающего слоя хлорофиллоносных клеток. Следует отметить, что в популяциях 1- и 2 слой первичной коры более выражен и представлен 5–6 слоями клеток, тогда как в популяции 3 клетки хлоренхимы расположены более рыхло, в 3–4 слоя и содержат наибольшее количество хлоропластов.

Внутренний ряд более крупных клеток паренхимы коры, прилегающей к склеренхиме, является эндодермой, в клетках которой встречаются единичные зерна крахмала. Слой склеренхимы представляет собой многорядный перицикл и является наружным слоем центрального цилиндра. Все пространство внутри от кольца перицикла занято основной паренхимой, среди которой повсюду рассеяны проводящие пучки. Они располагаются беспорядочно. На периферии их больше, но они мелкие, в

центре стебля их меньше, но они крупнее. Клетки склеренхимы перицикла наиболее развиты у растений популяции 1, наименее в популяциях 2 и 3. Проводящие пучки — закрытые коллатеральные (рис. 5).



А (ув.  $\times 140$ )

Б (ув.  $\times 200$ )

А — центральная часть стебля; Б — закрытые коллатеральные пучки

Рисунок 5. Особенности анатомического строения стебля *Iris sogdiana* Bunge

Согласно данным таблицы 3, более выражены следующие показатели: толщина эпидермы и толщина склеренхимного слоя, а также наибольшая степень развития кутикулы стебля и первичной коры, свидетельствующие о ксерофитных особенностях растений популяций 1 и 2. Наиболее выраженные мезофитные черты в организации стебля присущи популяции 3.

Т а б л и ц а 3

**Морфометрические показатели стеблей *Iris sogdiana* (средний показатель)**

Популяция	Толщина эпидермы, мкм	Толщина склеренхимного слоя, мкм	Площадь проводящих пучков, $\times 10^{-3}$ мм <sup>2</sup>
1	9,51 $\pm$ 0,62	24,38 $\pm$ 1,37	0,38 $\pm$ 0,01
2	8,06 $\pm$ 1,02	20,75 $\pm$ 1,02	0,42 $\pm$ 0,10
3	8,65 $\pm$ 0,77	18,97 $\pm$ 0,07	0,35 $\pm$ 0,09

Анатомическая структура корня представляет собой первичное строение. На поперечном срезе при увеличении  $\times 140$  видно сечение корня и относительно узкий центральный цилиндр. Первичная кора начинается одно-двухслойной эктодермой, на поверхности которой встречаются единичные остатки клеток ризодермы. Клетки эктодермы состоят из плотно сомкнутых клеток, которые несколько вытянуты в радиальном направлении. Первичная кора рыхлая, состоит из достаточно крупных клеток со слабо утолщенными стенками основной паренхимы и с многочисленными межклетниками, которые имеют треугольные очертания. Внутренний слой коры представлен одним слоем клеток эндодермы, клетки, которой сильно утолщены и имеют радиальные и внутренние тангентальные стенки, а также подковообразные очертания.

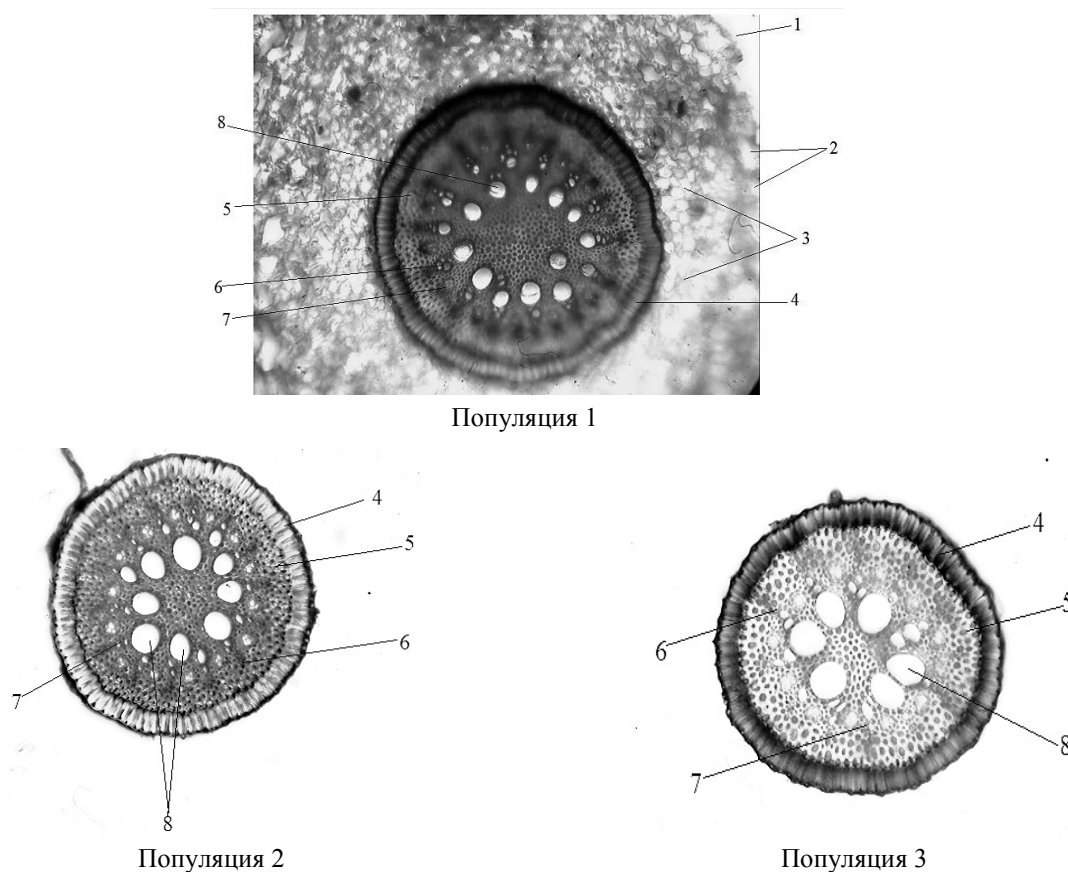
Данная особенность утолщения оболочек клеток коровой паренхимы и эндодермы ириса согдийского согласуется с опубликованными материалами российских ученых, изучавших анатомическую структуру придаточных корней 7 сибирских видов рода *Iris* L. (секции *Iris*, *Psammiris* и *Pseudoregelia*), по мнению которых, степень утолщения клеточных стенок во внутренней коре является видоспецифическим признаком и зависит от увлажнения в естественных местах обитания [12; 22].

Внутреннюю часть корня занимает центральный цилиндр. Перицикл представлен одним слоем мелких паренхимных клеток. Перицикл окружает радиальный проводящий пучок. Элементы экзархной первичной ксилемы расположены радиальными тяжами. Ксилема полиархная, представлена многочисленными тяжами (полиархный радиальный пучок). Первичная флоэма, состоящая из ситовид-

ных и спутниковых клеток, расположена между лучами ксилемы. Количество сосудов у рассматриваемых трёх популяций ириса отличается и зависит от увлажнения условий местообитания.

На рисунке 6 видно, что у растений популяции 1 количество сосудов в центральном цилиндре колеблется от 13 до 15, у ирисов популяции 2 — от 10 до 12, а в популяции 3 — от 6 до 8 соответственно, что свидетельствует о более сухом климате, в котором произрастают ирисы первой популяции, т.е. чем больше проводящих пучков, тем более развиты сосудистые элементы.

С внутренней стороны флоэму покрывает слой паренхимных клеток. В центре корня располагается механическая ткань клеток с равномерно утолщенными одревесневающими стенками. Клетки имеют прозенхимную форму, их стенки несут многочисленные простые щелевидные поры. Эти клетки вклиниваются между сосудами и трахеидами, образуя центральный тяж (рис. 6).



1 — ризодерма; 2 — экзодерма; 3 — основная паренхима; 4 — эндодерма; 5 — перицикл; 6 — луч первичной ксилемы; 7 — участок первичной флоэмы; 8 — сосуды ксилемы

Рисунок 6. Анатомическое строение корня *Iris sogdiana* Bunge на поперечном срезе (популяции 1–3) (ув.  $\times 140$ )

Т а б л и ц а 4

**Морфометрические показатели корней *Iris sogdiana* (средний показатель)**

Популяция	Толщина первичной коры, мкм	Диаметр центрального цилиндра, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^{-3}$ мм <sup>2</sup>
1	71,35 $\pm$ 0,87	8,67 $\pm$ 1,35	9,85 $\pm$ 0,32
2	69,02 $\pm$ 0,59	7,11 $\pm$ 1,82	10,12 $\pm$ 0,19
3	67,68 $\pm$ 0,14	7,24 $\pm$ 1,65	11,02 $\pm$ 0,89

На основании морфометрических данных таблицы 4 отмечено, что толщина первичной коры более выражена у растений популяции 1, тогда как площадь ксилемных сосудов здесь является наименьшим показателем. Ирисы популяции 3 отличаются наиболее выраженной площадью ксилемных сосудов, что свидетельствует о более мезофитном характере их структуры.

### Заключение

Проведенное анатомо-морфологическое исследование вегетативных органов *I. sogdiana* из различных мест произрастания позволяет заключить, что в строении вегетативных органов имеются направленные ряды признаков, согласно которым развитие проводящей ткани у *I. sogdiana* связано с градиентом увлажнения в условиях естественных местообитаний. Эндодерма корня с хорошо развитыми утолщениями радиальных оболочек клеток, склерифицированная межпучковая паренхима. В листовой пластинке наибольшее количество воздухоносных полостей. Кутинизация стенок стебля и наиболее выраженная первичная кора стебля свидетельствуют о ксерофитных чертах строения растений популяций 1 и 2.

Сравнение полученных результатов с литературными данными показало, что у исследуемого ириса согдийского, произрастающего в разных популяциях юго-восточного Казахстана, степень развития воздухоносных полостей, количество проводящих пучков в листьях и стеблях, а также развитие сосудов центрального цилиндра корня варьируются от условий увлажнения местообитаний вида.

Отмеченные нами морфолого-анатомические особенности ириса согдийского из природных популяций юго-восточного Казахстана могут вполне служить в качестве диагностических признаков растительного сырья.

*Данная работа выполнялась в рамках программы BR05236546 «Реализация Государственными ботаническими садами приоритетных для Казахстана научно-практических задач Глобальной стратегии сохранения растений как устойчивой системы поддержания биоразнообразия» (2018–2020 гг.).*

### Список литературы

- 1 Родионенко Г.И. Род Ирис — *Iris L.* (Вопросы морфологии, биологии, эволюции и систематики) / Г.И. Родионенко. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. — 216 с.
- 2 Растительные ресурсы России и сопредельных государств: Цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства Butomaceae — Turphaceae / отв. ред. П.Д. Соколов. — СПб.: Наука, 1994. — С. 77–82.
- 3 Дикорастущие полезные растения России / отв. ред. А.Л. Буданцев, Е.Е. Лесиовская. — СПб.: Изд-во СПХФА, 2001. — С. 320.
- 4 Алексеева Н.Б. Род *Iris L.* (Iridaceae) в России / Н.Б. Алексеева // *Turczaninowia*. — 2008. — Т. 11, № 2. — С. 5–68.
- 5 Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность / под ред. А.Л. Буданцева. — Т. 6. — СПб.; М.: КМК, 2014. — С. 41–43.
- 6 Данилова Н.С. Интродукция Ирисовых в Центральной Якутии / Н.С. Данилова, Е.А. Афанасьева, С.З. Борисова // *Полигеомат. сетев. электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та (Науч. журн. КубГАУ) [Электронный ресурс]*. — Краснодар: КубГАУ, 2015. — № 07(111). — С. 1301–1315. — IDA [article ID]: 1111507083. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/83.pdf>, 0,938 у.п.л.
- 7 Ибадуллаева С.Ж. Фитоценология редких видов ириса (*Iris L.*) в Гянджа-Газахском ботаническом районе Азербайджана / С.Ж. Ибадуллаев, Т.С. Бабакишиева, А.А. Аскерова // *Вестн. МГОУ. Сер. Естественные науки*. — М.: Изд-во МГОУ, 2015. — № 3. — С. 33–39.
- 8 Доронькин В.М. Хорологический анализ представителей рода *Iris L.* (Iridaceae) во флоре Азиатской России / В.М. Доронькин, К.С. Байков, С.В. Соловьев // *Iris-2016: материалы III Москов. Междунар. симпоз. по роду Ирис (Бот. сад МГУ, 15–18 июня 2016 г.)*. — М., 2016. — С. 37–41.
- 9 Реут А.А. Результаты изучения вегетативного размножения некоторых представителей рода *Iris L.* при интродукции в Башкортостане / А.А. Реут // *Эпоха науки. Биологические науки*. — Декабрь 2018 г. — № 16. — С. 343–347.
- 10 Сорокопудова О.А. Характеристика видов и сортов ирисов коллекции Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства / О.А. Сорокопудова, А.В. Артюхова // *Сб. науч. тр. ГНБС*. — 2019. — Т. 148. — С. 235–245. <https://doi.org/10.25684/NBG.sobook.148.2019.25>
- 11 Крюкова А.В. Эколого-биологические особенности редких видов рода *Iris L.* на Южном Урале и в Приуралье: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А.В. Крюкова. — Казань, 2019. — 16 с.
- 12 Байкова Е.В. Анатомическое строение корней сибирских видов рода касатик — *Iris L.*, подрода *Iris* (Iridaceae) / Е.В. Байкова, В.М. Доронькин // *Вестн. Томск. гос. ун-та*. — 2009. — № 319. — С. 186–190.
- 13 Минжал М.Ш. Морфолого-анатомическая характеристика семян и прегенеративный период онтогенеза видов рода *Iris L.* (Iridaceae) флоры Саратовской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. / М.Ш. Минжал. — Уфа, 2018. — 23 с.
- 14 Флора Казахстана / под ред. Н.В. Павлова. — Алма-Ата: АН КазССР, 1958. — Т. 2. — С. 233–246.
- 15 Корчагин А.А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения / А.А. Корчагин // *Полевая геоботаника*. — Т. 3. — М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1964. — С. 39–60.
- 16 Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / В.М. Понятовская // *Полевая геоботаника*. — Т. 3. — М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1964. — С. 209–237.

- 17 Пермяков А.И. Микротехника / А.И. Пермяков. — М.: Изд-во МГУ, 1988. — С. 11–29.  
 18 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина. — М.: Изд-во МГУ, 1960. — 260 с.  
 19 Барыкина Р.П. Справочник по ботанической микротехнике / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятов. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 313 с.  
 20 Государственная фармакопея СССР. — XI-е изд. — Вып. 1. — М.: Наука, 1987. — 334 с.  
 21 Государственная фармакопея СССР. — XI-е изд. — Вып. 2. — М.: Наука, 1990. — 50 с.  
 22 Тихомирова Л.И. Сорты ириса как объекты биотехнологических и гистологических исследований. — Кн. II: Анатомия ириса в культуре *in vitro*: моногр. / Л.И. Тихомирова. — Барнаул: Изд-во Алтай. ун-та, 2013. — 127 с.

М.С. Рамазанова, Н.В. Курбатова, Н.Г. Гемеджиева, Ч.Ж. Алдасугурова

### Оңтүстік-шығыс Қазақстанның табиғи популяцияларынан жиналған *Iris sogdiana* Bunge өсімдігінің вегетативтік органдарын салыстырмалы анатомиялық-морфологиялық зерттеу

*Iris sogdiana* вегетативтік мүшелеріне салыстырмалы анатомиялық-морфологиялық зерттеулер жүргізу табиғи өсудің әртүрлі жағдайларында қызығушылық тудырады, себебі өсімдіктің өсу ортасының жаңа жағдайларына бейімделуін анықтауға мүмкіндік береді. Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның табиғи популяцияларынан жиналып алынған *I. sogdiana* өсімдігінің вегетативтік мүшелеріне алғаш рет микроскопиялық зерттеулер жүргізілген. Түрдің өсу орны мен оның морфометриялық параметрлері арасындағы оң корреляциясы көрсетілген. Вегетативтік мүшелерінің құрылысының ерекшеліктерін анықтау барысында *I. sogdiana* өсімдігінде жабынды, негізгі және өткізгіш ұлпалардың дамуы ылғалдану градиентімен байланысты екені анықталды. Жапырақ тақтасында көптеген саңылау тесіктері бар, жапырақ мезофиллинде клеткалар арасында ауа өткізетін қуыстарының саны көп, жапырақ мезофиллинде өткізгіш шоқтары склеренхима жасушаларымен қоршалған. Сабағында қыртыстың белгілі бір дәрежесі сақталған, сыртқы эпидермис клеткалары қалың қабатты, перицикл мен склеренхима клеткалары айқын байқалған. Тамыры бір-екі қабатты эктодерма клеткаларынан тұрады, энтодерма клеткалары радиалды қалың қабықшалы, өсу ортасына байланысты тамырларының саны әртүрлі. Зерттеу нәтижелері бойынша 1 және 2 популяцияның өсімдіктері ксерофитке, ал 3 популяция өсімдіктері мезофиттерге жатады. Зерттелген түрдің құрылысы орташа морфометриялық көрсеткіштерімен ерекшеленеді және анатомиялық құрылымы мезоксерофитті. *I. sogdiana* өсімдігінің морфологиялық құрылымынан вегетацияның қысқа кезеңінде өсімдіктің дамуы үшін ылғалдың жеткілікті мөлшері қажет екеніне қорытынды жасалды.

*Кілт сөздер:* *Iris sogdiana*, морфологиялық-анатомиялық зерттеулер, вегетативтік мүшелер, популяция, Оңтүстік-Шығыс Қазақстан.

M.S. Ramazanova, N.V. Kurbatova, N.G. Gemejijeva, Ch.Zh. Aldassugurova

### A comparative anatomical and morphological study of vegetative organs of *Iris sogdiana* Bunge from natural populations of southeastern Kazakhstan

A comparative anatomical and morphological analysis of the vegetative organs of *Iris sogdiana* from various growing conditions has interest that allow to identify features and adaptive capabilities of the species. Microscopic studies of *I. sogdiana* vegetative organs from natural populations of southeastern Kazakhstan were carried out for the first time. A positive correlation between the growth habitat and morphometric parameters of the species has been shown. The structural features of vegetative organs were revealed and it's established that development of the tissues that covers the plant, ground and vascular in *I. sogdiana* is associated with a moisturizing gradient. Numerous stomata are characteristic for the leaf blade slightly submerged deep into the leaf; numerous intercellular spaces; airways in the leaf mesophyll; vascular bundles surrounded by sclerenchyma cells. The stem has a certain degree of ribbing a thickened surface of the outer cells of epidermis, a pronounced layer of pericycle sclerenchyma. The root has a one-two-layer ectoderm developed thickening of the radial membranes of the endoderm cells and a different number of vessels that depending on the growth location. The study results indicates that plants of 1 and 2 populations are characterized by more xerophytic features of the organization and for 3 population plants mesophytic features are inherent. The studied species is distinguished by averaged morphometric indicators of the structure and includes the mesoxerophytic organization of the anatomical structure. The morphological structure of *I. sogdiana* allows to conclude that a sufficient amount of moisture is necessary for a short period of vegetation and for development of the plant.

*Keywords:* *Iris sogdiana*, anatomical and morphological studies, vegetative organs, population, southeastern Kazakhstan.

## References

- 1 Rodionenko, G.I. (1961). *Rod Iris — Iris L. Voprosy morfolohii, biolohii, evoliutsii i sistematiki* [Genus *Iris* — *Iris L. Questions of morphology, biology, evolution and systematics*]. Moscow; Leningrad: Academy of Sciences of USSR [in Russian].
- 2 Sokolov, P.D. (Ed.) (1994). *Rastitelnye resursy Rossii i sopredelnykh hosudarstv: Tsvetkovye rasteniia, ikh khimicheskii sostav, ispolzovanie; Semeistva Butomaceae — Typhaceae* [Plant resources of Russia and neighboring countries: Flowering plants, their chemical composition, use; Families *Butomaceae* — *Typhaceae*]. Saint Petersburg: Nauka, 77–82 [in Russian].
- 3 Budantsev, A.L., & Lesiovskaya, E.E. (Eds.) (2001). *Dikorastushchie poleznye rasteniia Rossii* [Wild useful plants of Russia]. Saint Petersburg: Izdatelstvo SPHFA, 320 [in Russian].
- 4 Alekseeva, N.B. (2008). Rod *Iris* L. (Iridaceae) v Rossii [Genus *Iris* L. (Iridaceae) in Russia]. *Turczaninowia*, 11(2), 5–68 [in Russian].
- 5 Budantsev, A.L. (2014). *Rastitelnye resursy Rossii: Dikorastushchie tsvetkovye rasteniia, ikh komponentnyi sostav i biolohicheskaia aktivnost* [Plant resources of Russia: Wild flowering plants, their component constituents and biological activity]. Saint Petersburg; Moscow: KMK, 41–43 [in Russian].
- 6 Danilova, N.S., Afanaseva, E.A., & Borisova, S.Z. (2015). Introduktsiia irisovykh v Tsentralnoi Yakutii [*Iris* introduction in Central Yakutia]. *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo ahrarnogo universiteta — Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*, (07)111, 1301–1315 [in Russian].
- 7 Ibadullaeva, S.Zh., Babakishieva, T.S., & Askerova, A.A. (2015). Fitotsenolohiia redkikh vidov irisa (*Iris* L.) v Hiandzha-Hazahskom botanicheskom raione Azerbaidzhana [Phytocenology of rare species of iris (*Iris* L.) in the Ganja-Gazakh botanical region of Azerbaijan]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki — Bulletin of the Moscow State Regional University. Series Natural Sciences*, 3, 33–39 [in Russian].
- 8 Doronkin, V.M., Baykov, K.S., & Solovev, S.V. (2016). Khorolohicheskii analiz predstavitelei roda *Iris* L. (Iridaceae) vo flore Aziatskoi Rossii [Chorological analysis of representatives of the genus *Iris* L. (Iridaceae) in the flora of Asian Russia]. Proceedings from *Iris–2016: III Moskovskii Mezhdunarodnyi simpozium po rodu Iris — III Moscow International Symposium on the genus Iris*. (pp. 37–41). Moscow [in Russian].
- 9 Reut, A.A. (2018). Rezultaty izucheniia vehetativnogo razmnozheniia nekotorykh predstavitelei roda *Iris* L. pri introduktsii v Bashkortostane [The results of a study of the vegetative propagation of some representatives of the genus *Iris* L. during introduction in Bashkortostan]. *Epokha nauki. Biolohicheskie nauki — The era of science. Biological sciences*, 16, 343–347 [in Russian].
- 10 Sorokopudova, O.A., & Artyuhova, A.V. (2019). Kharakteristika vidov i sortov irisov kollektsii Vserossiskogo selektsionno-tekhnologicheskogo instituta sadovodstva i pitomnikovodstva [Characterization of species and varieties of irises in the collection of the All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery]. *Sbornik nauchnykh trudov GNBS — Book of scientific works of Main Nikitskii Botanical Garden*, 148, 235–245 [in Russian].
- 11 Kryukova, A.V. (2019). Ekoloho-biolohicheskie osobennosti redkikh vidov roda *Iris* L. na Yuzhnom Urale i v Priural'e [Ecological and biological features of rare species of genus *Iris* L. in the Southern Ural and in the Urals]. *Candidate's thesis*. Kazan [in Russian].
- 12 Baykova, E.V., & Doronkin, V.M. (2009). Anatomicheskoe stroenie kornei sibirskikh vidov roda kasatik — *Iris* L., podroda *Iris* (Iridaceae) [The anatomical structure of the roots of the Siberian species of the genus *Iris* L., subgenus *Iris* (Iridaceae)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Tomsk State University*, 319, 186–190 [in Russian].
- 13 Minzhal, M.Sh. (2018). Morfoloho-anatomicheskaiia kharakteristika semian i prehenerativnyi period ontogeneza vidov roda *Iris* L. (Iridaceae) flory Saratovskoi oblasti [Morphological and anatomical characteristics of seeds and the regenerative period of ontogenesis of species of genus *Iris* L. (Iridaceae) belong to Saratov region flora]. *Candidate's thesis*. Ufa [in Russian].
- 14 Pavlov, N.V. (1958). Flora Kazakhstana [Kazakhstan's flora]. *Alma-Ata: AN KazSSR*, 2, 233–246 [in Russian].
- 15 Korchagin, A.A. (1964). Vidovoi (floristicheskii) sostav rastitelnykh soobschestv i metody eho izucheniia [Species (floristic) composition of plant communities and methods for its study]. *Polevaia heobotanika — Field geobotany*, 3, 39–60 [in Russian].
- 16 Ponyatovskaya, V.M. (1964). Uchet obilii i osobennosti razmescheniia vidov v estestvennykh rastitelnykh soobschestvakh [Taking into account the abundance and features of the distribution species in natural plant communities]. *Polevaia heobotanika — Field geobotany*, 3, 209–237 [in Russian].
- 17 Permyakov, A.I. (1988). *Mikrotekhnikha* [Micro engineering]. Moscow: MSU Publ [in Russian].
- 18 Prozina, M.N. (1960). *Botanicheskaiia mikrotekhnikha* [Botanical Microtechnology]. Moscow: MSU Publ. [in Russian].
- 19 Baryikina, R.P., Veselova, T.D. & Devyatov, A.G. (2004). *Spravochnik po botanicheskoi mikrotekhnikhe* [Handbook of Botanical Microtechnology]. Moscow: MSU Publ. [in Russian].
- 20 *Hosudarstvennaia farmakopeia SSSR* [State Pharmacopoeia of the USSR]. (1987). (11th ed., Iss. 1). Moscow: Nauka [in Russian].
- 21 *Hosudarstvennaia farmakopeia SSSR* [State Pharmacopoeia of the USSR]. (1990). (11th ed., Iss. 2). Moscow: Nauka [in Russian].
- 22 Tihomirova, L.I. (2013). *Sorta irisa kak obekty biotekhnologicheskikh i histolohicheskikh issledovaniia. Kniha II: Anatomiiia irisa v kulture in vitro* [Iris varieties as objects for biotechnological and histological studies. Book II: Anatomy of iris in culture in vitro]. Barnaul: Altai University Publ. [in Russian].

A.M. Rakhmetova<sup>1\*</sup>, N.P. Bgatova<sup>2</sup>, Sh.M. Zhumadina<sup>3</sup><sup>1</sup>Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan;<sup>2</sup>Research Institute of clinical and experimental lymphology – branch of the Federal state budgetary scientific institution «Federal research center Institute of Cytology and genetics of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences», Novosibirsk, Russia;<sup>3</sup>Joint Stock company Kazakh agrotechnical University S. Seifullina, Nur-Sultan, Kazakhstan  
(\*E-mail: asel-rakhmetova@mail.ru)

## Effect of lithium carbonate on kidney structure in conditions of distant tumor growth

The effect of lithium carbonate on kidney structure when used as an antitumor agent was studied in an experiment on CBA mice. Tumor growth was simulated by introducing hepatocarcinoma-29 cells into the muscle tissue of the right thigh of experimental animals. Lithium carbonate was administered to animals per os. Kidney structure was studied by light, electron microscopy and morphometry after 30 days of experiment. The dynamics of distant tumor growth in the kidneys revealed structural changes, indicating a violation of organ function. It is shown that the 30 th day of tumor development there is a decrease in size of lumen of the capsule of the renal corpuscle, the increase in volumetric density of capillary glomeruli, enlarged interstitial spaces of the renal corpuscle. Noted swelling of the cytoplasm of the podocytes, the increase in the number of fenestrae, reducing the fenestrae in endothelial cells of glomerular capillaries, swelling of epithelial cells of proximal and distal kidney, as well as reducing the thickness of the basal membranes (BM) of the distal and proximal tubules. The use of lithium carbonate as an antitumor agent led to the aggravation of structural changes in the kidneys, which, apparently, was due to an increase in the toxic load on the organ due to the increase in the decay products and death of tumor cells under the influence of lithium.

*Keywords:* lithium carbonate, hepatocarcinoma-29, kidney, kidney filtration barrier, ultrastructure.

### Introduction

In spite of the considerable scientific interest in the state of kidneys at various pathological conditions of an organism, these changes have not been sufficiently studied yet [1].

The hepatocarcinoma is related to one of the aggressive human tumors and gives a high percentage of mortality among patients due to metastasis [2]. It is known that lithium compounds (lithium chloride and lithium carbonylate) can affect the signaling and regulation of the cell cycle [3], they have immunomodulatory properties [4]. It was revealed that lithium acts through the suppression of the activity of glycogen synthetase kinase-3 $\beta$  may have an effect on the development of apoptosis, the activity of the factor of the growth of vessels, neutrophil chemotaxis, etc. [5]. In some works have been shown the effectiveness of the use of lithium compounds for suppressing tumor growth [6–8]. The same lithium compounds consider as potential agents of the target therapy, which are able to slow down the growth of the tumor [9].

Until now, there is no evidence of the effect of lithium on structure of kidneys, when used as an antitumor drug. Kidneys are exceptionally important for the life of an organism. They perform many functions, the main of which are:

- purification of an organism from toxic substances (as being produced in the process of vital activity of an organism, and emanating from outside);
- removing of excess fluid;
- the production of the hormone erythropoietin, necessary for the maintenance of the normal level of the hemoglobin (Hb);
- the elimination of calcium, phosphorus and vitamin D<sub>3</sub>;
- maintaining blood pressure;
- maintaining of acid-base condition;
- maintaining the nutritional condition of the body [10].

The kidneys are the organ of converting proteins, lipids and carbohydrates. Under fasting conditions, up to half of glucose from organic acids is formed in the kidneys, which enters to the blood [11]. Kidneys play an important homeostatic role in the body [12]. The kidney is fraught with different types of endothelium, each



with specific structural and functional characteristics. The glomerular endothelium, which is highly fenestrated and coated with a rich glycocalyx, participates in the sifting properties of the glomerular filtration barrier and in maintaining the structure of the podocytes. Microvascular endothelium in peritubular capillaries, which is also fenestrated, transports reabsorbed components and participates in the function of epithelial cells [13]. Microanatomy of the kidney, as well as the ultrastructural organization of the nephron is normally well described [14]. A highly organized vascular system is necessary for kidney function, and impaired circulation in the nephrons leads to organ failure. Each nephron contains a bundle of capillaries inside the glomerulus, which performs ultrafiltration of blood [15]. The unique permeability characteristics of the glomerular capillary wall depend on its three-layer structure consisting of endothelial cells, basal membrane and podocytes. These components form a glomerular filter barrier [16].

The study of the influence of malignant growth and anticancer drugs on the structural and functional state of the kidneys is relevant.

*Objective:* to identify the biological effect of lithium carbonate on the structural organization of the kidney when it is used to correct tumor growth.

#### *Material and methodology*

The experimental study was conducted on male mice of the CBA line weighing 18–20 g at the age of 3 months in the SPF vivarium of Institute of Cytology and Genetics of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk city). The animals were kept on a standard diet with free access to water and food. Work with animals was carried out in accordance with the «Rules of work with the use of experimental animals». 4 groups of animals were used in the experiment. Group 1 included intact mice (n = 5); group 2 included animals with tumor development (n = 10). Hepatocarcinoma-29 (Hc-29) cells were used to induce tumor growth (n = 20). Hepatocarcinoma-29 was obtained and verified by the Institute of Cytology and genetics of the Russian Academy of Sciences. Hc-29 cells were transplanted into the abdominal cavity of the CBA line mice, after 10 days, ascitic fluid was taken, suspended in a 10-fold volume of saline solution and 0.1 ml of intact animals were injected into the muscle of the right thigh. The 3 group of animals (n = 10) included intact mice that were administered per os of lithium carbonate. Group 4 animals (n = 10) after the induction of the tumor process broke per os lithium carbonate. Lithium carbonate was administered in saline at a rate of 125 mg/kg weight. The choice of lithium carbonate dose of 125 mg/kg wt for per os administration was based on known experimental data in which serum lithium levels in treated animals were in the range of 0.7–1.2 mmol/L. Lithium carbonate in saline solution was injected with a probe every other day during the 30 days. Sampling of material for research was carried out after 30 days of the experiment. Animals were removed from the experiment under ether anesthesia by cranio-cervical dislocation.

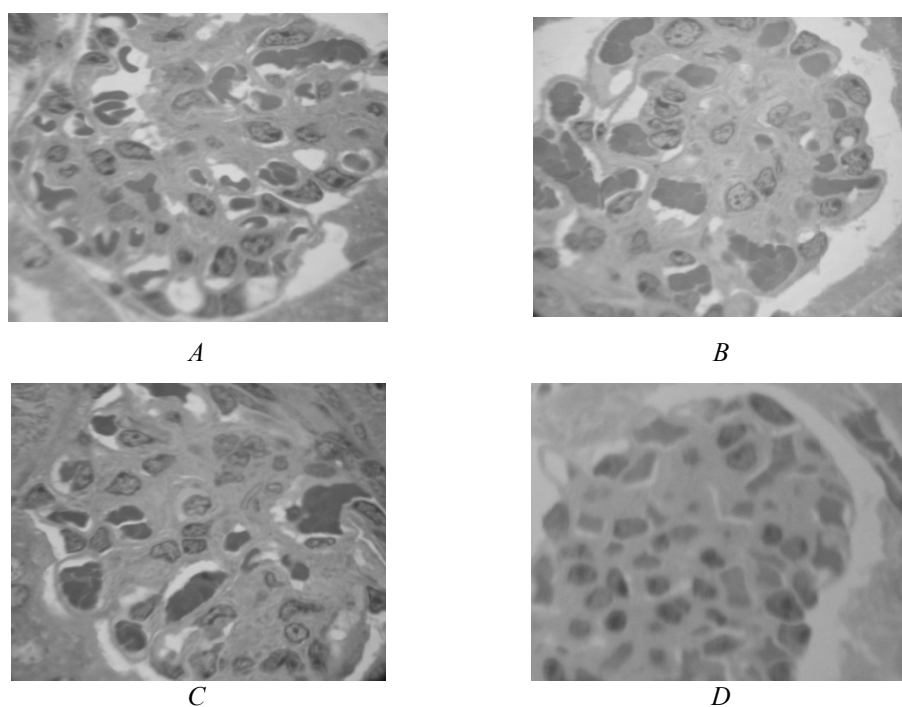
For electron microscopic examination, kidney samples were fixed in 4 % paraformaldehyde solution prepared on Hanks medium, fixed for 1 hour in 1 % OsO<sub>4</sub> (osmium tetroxide) solution (Sigma, USA) on phosphate buffer (pH=7.4), dehydrated in ethyl alcohol of increasing concentration and enclosed in EPON (Serva, Germany). Half-thin slices with a thickness of 1 micron were obtained on the ultramicrotome Leica EM UC7 (Germany/Switzerland), stained with toluidine blue, studied under a light microscope «LEICADME» (Germany), photographed using a computer program «Avignon».

Ultrathin sections 70–100 nm thick were contrasted with saturated aqueous solution of uranyl acetate and lead citrate and studied in electron microscope JEM 1010 (Japan). At ×12000 magnification, electronograms of fragments of renal cells, epithelial cells of the proximal and distal parts were obtained. The obtained micrographs were morphometrized using a computer program Image J.

We determined the volume densities of capsule lumen, capillary glomeruli, interstitial spaces of renal corpuscle, diameters of proximal and distal nephron epithelial cells, sizes of basal membranes of glomerular capillaries and epithelial cells of proximal and distal nephron. Statistical processing of the obtained results was performed using the software package STATISTICA V. 6 (StatSoft Inc., U.S.) The mean values and standard deviation were calculated, the reliability of the differences was calculated by the Mann-Whitney U-criterion, at a confidence level of 95 % (p < 0.05).

#### *Results and discussions*

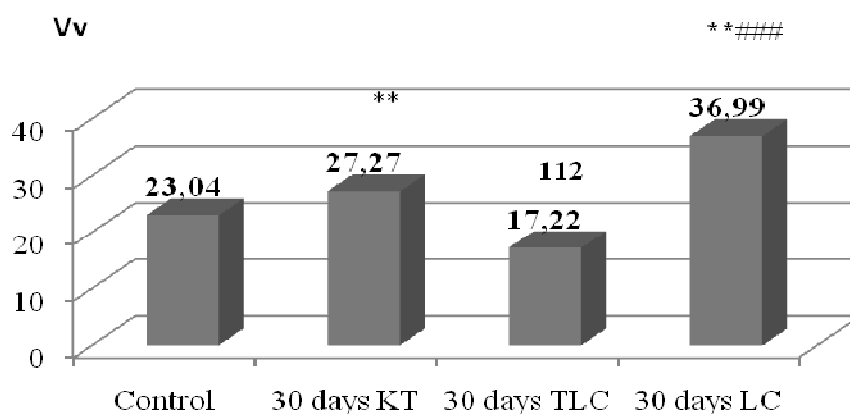
After 30 days of the experiment, in animals with tumor growth without treatment, in the structure of the kidney, an increase in the size of the lumen of the renal cell capsule was noted by 18 % (Fig. 1).



*A* — control; *B* — after 30 days of tumor development. Increase of glomerular capsule lumen; *C* — maintenance of lithium carbonate per os by intact animals; *D* — maintenance of lithium carbonate per os by animals with tumor growth. Coloration by toluidine blue. Increase  $\times 400$ .

Figure 1. Structure of the renal corpuscle of CBA mice

We noted that the addition of lithium carbonate per os, a 25 % decrease in the size of the lumen of the renal cell capsule (Fig. 2).



Vv — volume density, %: \*\* $P < 0.001$ ; \*\*\* $P < 0.0001$  with respect to the control group; #### $P < 0.0001$  in relation to the group with tumor growth without treatment; <sup>11</sup> $P < 0.001$ , <sup>111</sup> $P < 0.0001$  in relation to the group with tumor growth without treatment; <sup>2</sup> $P < 0.01$ , <sup>22</sup> $P < 0.001$  in relation to group c administration of per os lithium carbonate to intact animals. 30 days OP — the development of tumor growth hepatocarcinoma-29; 30 days OKL — tumor growth with the introduction of per os lithium carbonate; 30 days CL — the introduction of per os lithium carbonate intact animals

Figure 2. Volume density of the capsule of the renal body y of animals in the dynamics of tumor growth of experimental hepatocarcin-29 in the muscle tissue of the thigh and with the introduction of lithium carbonate per os

When per os lithium carbonate administered into intact animals, in the structure of the kidney there was an increase in the size of the lumen of the renal cell capsule by 60 %.

The volume density of capillary glomeruli in animals with tumor growth without treatment decreased by 25 %. When administered per os lithium carbonate to animals with tumor growth, the value of this parameter increased by 9 %, and when administered lithium carbonate to intact animals decreased by 19 %.

The size of interstitial spaces of the renal body of animals with tumor growth without treatment was increased by 25 %, with the introduction of lithium carbonate per os increased by 4 %, with the introduction of lithium carbonate per os intact animals decreased by 26 % (Table 1).

Table 1

**Volume density of structures of renal corpuscles of mice of the line CBA**

Characteristics, Vv, %	Groups (M±SD)			
	Control	30 quotes of the tumor growth	30 quotes of the tumor growth + lithium per os	Injection of lithium per os intact animal
Capsule lumen	23.04±9.04	27.27±7.12**	17.22±5.56 <sup>112</sup>	36.99±11.19 <sup>####</sup>
Glomerular capillaries	36.78±7.49	27.65±7.08	39.93±5.68 <sup>22</sup>	29.88±7.95 <sup>####</sup>
Intercellular space	23.44±7.42	29.30±6.76**	24.31±6.18 <sup>22</sup>	17.40±7.54 <sup>####</sup>

Note: Vv — volumetric density, %:

\*\*P<0.001; \*\*\*P<0.0001 in relation to the control group;

#P<0.0001; ####P<0.0001 in relation to the group with tumor growth without treatment;

<sup>11</sup>P<0.001; <sup>111</sup>P<0.0001 in relation to the group with tumor growth without treatment;

<sup>2</sup>P<0.01; <sup>22</sup>P<0.001 in relation to the group, the injection of per os lithium carboxylic intact animal

The glomerulus, the filtering unit of the kidneys, is a unique bundle of capillaries lined with delicate fenestrated endothelium, a complex mesh of proteins that serve as glomerular basal membrane and specialized visceral epithelial cells [17]. The glomerulus is a unique structure required to filter blood while retaining plasma proteins, depending on size and charge selectivity. Individual cell types form a structural unit that creates a filtration barrier [18]. The glomerular filtration barrier is a highly specialized filtration interface between blood and urine that is highly permeable to small to medium-sized plasma solutes [19].

The glomerulus has 3 resident cells, namely mesangial cells that produce a mesangial matrix, endothelial cells that line the glomerular capillaries and podocytes that cover the outer surface of the glomerular basal membrane. The parietal epithelial cells that line the Bowman capsule are not part of the glomerular bundle, but may play an important role in normal glomerular function [20].

Glomerular capillaries are lined with highly specialized fenestrated endothelium, which is primarily responsible for regulating high-flow filtration of liquid and small solutes. During filtration, plasma passes through the fenestrated endothelium and the basal membrane before it reaches the slit diaphragm, a specialized type of intercellular junction that connects adjacent podocytes [21].

The nephron consists of the renal glomerulus, the proximal tubule, the thin part of the Henle loop (thin descending and thin ascending knee), the thick ascending knee of the Henle loop, the removed tubule, and the collecting tube. The renal glomerulus is surrounded by a Bowman's capsule formed by a dense basement membrane and lined with a flat single-layer (parietal) epithelium. Inside the Bowman's capsule is a glomerulus of blood capillaries. The walls of the capillaries are lined with fenestrated endothelium with a diameter of faster more than 100 nm. The capillary endothelium is surrounded by a thin basal membrane and those who prefer together interest-bearing delays. Between the processes of the podocytes there are slit diaphragms of 50–60 nm in size, closed by a thin film. Electron-dense mesangial cells are also localized in the pericapillary space of the Bowman capsule [22].

Changes in glomerulus filtration can significantly affect the dynamics and functions of the Bowman capsule [23]. The process of glomerulus development consists of four stages of development: the stage of vesicle (V), the stage of the S-shaped body (S), the stage of the capillary loop (C) and the stage (M) [24].

The cells that give out the thick ascending knee of the Henle loop and the distal convoluted canal have a similar ultrastructure. These are cuboidal epithelial cells about 10 microns high. The base surface of these cells forms numerous deep folds in which large mitochondria are located, removed up to 4 microns. On the apical surface of epithelial cells of the distal part of the nephron, there is no brush border (only individual low microwaves can be detected), which sharply distinguishes the ultrastructural organization of these cells from the course of the proximal tubule. The distal canal continues with a connecting tubule opening into the

collecting tube. The cell population of the epithelium of collective tubes consists of two types of cells, naturally diverse in morphological organization: main and intercalary cells. More numerous basic cells that perform reabsorption of water and sodium have a close to cubic shape. B characterized by an electron-transparent cytoplasm, in which the mitochondria are randomly distributed. Through out the cytoplasm relative to the sting organelles. Intercalar cells involved in regulating the systemic acid-base balance have an osmophilic cytoplasm filled with a mass of electron-dense mitochondria. Cells of the proximal renal tubule are characterized by the predominant presence of a mass of microvilli (brush border) on their apical surface and membrane folds on the basal surface. These structures provide an increase in the cell surface area necessary for the localization of a huge number of membrane transport proteins. The apical region of the cytoplasm contains vacuoles of various sizes. Basal warehouses associated with numerous mitochondria. The height of the epithelial layer and brush border, the depth of basal folding, and the proportions of mitochondria vary depending on the segment of the proximal tubule [22]. The proximal section is approximately 40–50 % of the total length of the nephron. In juxtamedular nephrons, the thin section of the Henle loop is more developed [25]. After 30 days, a 29 % decrease in the thickness of the basal membrane (BM) of glomerular capillaries was observed in the structure of the renal corpuscle y of animals with tumor growth. BM of the proximal and distal tubules thinned by 18 % and 27 %, the number of cytopodia increased by 5 %, and the thickness of the cytopodia decreased by 14 %, the number of Fenestra in the endothelial cells of glomerular capillaries decreased by 22 % (Table 2, Fig. 3C, 3D).

In the structure of the glomerular capsule lumen was observed in the structure of the renal body of animals with tumor growth in the presence of lithium carbonate peros. BM proximal and distal tubules thinned by 9 % and 27 %, the number of cytopodia increased by 4 %, and the thickness of the cytopodi are covered, the indicator is the sameas they group of control, the number of Fenestrain glomerular capillary endotheliocytes decreased by 46 % (Table 2, Fig. 3E, 3F).

In intact groups of animals that were given lithium carbonate, the values of the basal membrane of the proximal and distal tubule decreased by 9 % and 18 %, the number of cytopodia decreased by 17 %, and the thickness of the cytopodia increased by 11 %, the number of Fenestrain the endotheliocytes of glomerular capillaries decreased by 21 % (Tab. 2, Fig. 3G, 3H).

Table 2

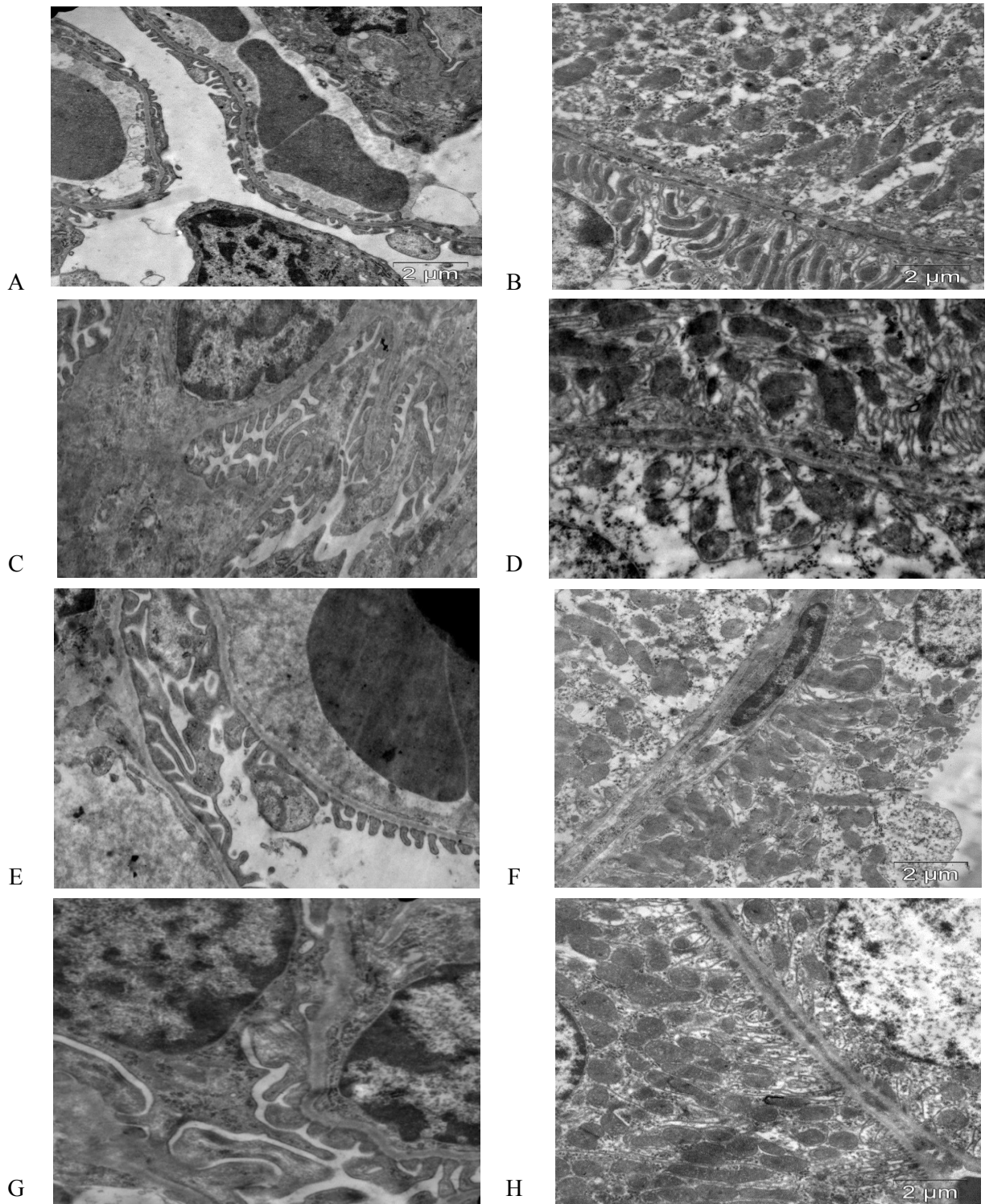
**Results of morphometric study of structural components of nephron in CBA mice**

Characteristics	Groups (M±SD)			
	Control	30 days KT	30 days TLC	30 days LC
BM of glomerular capillaries (µm)	0.14±0.03	0.10±0.02	0.14±0.03	0.14±0.06
The number podocyte (n)	6.91±2.36	7.25±3.19	7.2±2.48	5.73±2.37
Thickness of podocyte (microns)	0.36±0.28	0.31±0.26	0.36±0.31	0.40±0.34
Fenestra of glomerular capillary endotheliocytes (n)	5.25±3.15	4.11±2.17	2.82±1.43	4.16±2.19
BM of the proximal tubule (microns)	0.11±0.02	0.09±0.03	0.10±0.03	0.10±0.05
BM of the distal tubule (µm)	0.11±0.0492	0.08±0.02	0.08±0.02	0.09±0.03

*Note:* the Number podocyte and fenestra sendothelial cells of the glomerular capillaries is calculated by 11.2 µm test line.

Thus, distant tumor growth affects the structural organization of the kidneys. Injection of lithium carbonate to intact animals and animal tumour carriers causes opposite effects. Lithium carbonate does not have a corrective effect on the structure of the kidneys in the conditions of distant tumor growth.

Oral administration of lithium carbonate leads to an increase in the volume densities of the capsule lumen and to a decrease in glomerular capillaries and intercellular spaces.



Ultra-structure of the renal glomerulus and proximal tubule: *A, B* — control; *C, D* — after 30 days of tumor development; *E, F* — management of lithium carbonate per os animals with tumor growth; *G, H* — administration of lithium carbonate per os intact animals. Deep basal folds associated with large elongated mitochondria are observed

Figure 3. Structure of the renal corpuscle of mice of the CBA line of the control group

### Conclusion

In the conditions of modeling of distant tumor growth — with the development of hepatocarcinoma in the muscle tissue of the femur of experimental animals, morphological changes develop in the kidneys. There is an increase in the size of the lumen of the capsule and interstitial spaces of the renal body and a

decrease in the volume density of the capillary glomeruli. With the introduction of per os lithium carbonate, the size of the lumen of the renal cell capsule decreases, the volume density of the capillary glomeruli and the size of the interstitial spaces of the renal body increase. With the introduction of lithium carbonate per os lithium carbonate intact animals in the structure of the kidney noted an increase in the size of the lumen of the capsule of the renal corpuscle and a decrease in the volume density of capillary glomeruli and the size of interstitial spaces of the renal corpuscle. The use of lithium carbonate as an antitumor agent led to aggravation of structural changes in the kidneys, which, apparently, was due to an increase in toxic load.

## References

- 1 Ромашкина Е.А. Субмикроскопическая организация канальцев нефрона почек крыс при экспериментальном атеросклерозе и в условиях его генной коррекции / Е.А. Ромашкина // *Международные обзоры: клиническая практика и здоровье*. — 2015. — № 4. — С. 126–131.
- 2 Capece D. The Inflammatory Microenvironment in Hepatocellular Carcinoma: A Pivotal Role for Tumor-Associated Macrophages / D. Capece, M. Fischietti, D. Versella, et al. // *Biomed Research International*. — 2013. — Article ID 187204, 15 p [Electronic resource]. — Access mode: <http://doi.org/10.1155/2013/187204>.
- 3 Wang J.S. Lithium inhibits proliferation of human esophageal cancer cell line Eca-109 by inducing a G2/M cell cycle arrest / J.S. Wang, C.L. Wang, J.F. Wen, et al. // *World J. Gastroenterol.* — 2008. — Vol. 14, No. 25. — P. 3982–3989.
- 4 Raghavendra P.B. Regulation of macrophage biology by Lithium: A new look at an old drug / P.B. Raghavendra, E. Lee, N. Parameswaran // *J. Neuroimmune Pharmacol.* — 2013. — Vol. 27. — P. 1102–1110.
- 5 Бгатова Н.П. Влияние наноразмерных частиц карбоната лития на интактную мышечную ткань и опухолевый рост / Н.П. Бгатова, Ю.И. Бородин, В.В. Макарова, А.А. Пожидаева, Л.Н. Рачковская, В.И. Коненков // *Бюл. эксперимент. биол. и мед.* — 2014. — Т. 157, № 1. — С. 102–107.
- 6 Sun A. Lithium suppresses cell proliferation by interrupting E2F–DNA interaction and subsequently reducing S-phase gene expression in prostate cancer / A. Sun, I. Shanmugam, J. Song, et al. // *Prostate*. — 2007. — Vol. 67. — P. 976–988.
- 7 Wang J.S. Lithium inhibits proliferation of human esophageal cancer cell line Eca-109 by inducing a G2/M cell cycle arrest / J.S. Wang, C.L. Wang, J.F. Wen, et al. // *World J. Gastroenterol.* — 2008. — Vol. 14, No. 25. — P. 3982–3989.
- 8 Zhu Q. Suppression of glycogen synthase kinase 3 activity reduces tumor growth of prostate cancer in vivo / Q. Zhu, J. Yang, S. Han, et al. // *Prostate*. — 2011. — Vol. 71, No. 8. — P. 835–845.
- 9 Гаврилова Ю.С. Влияние наноразмерных форм лития на сосудистое русло экспериментальной гепатокарциномы / Ю.С. Гаврилова, В.В. Макарова, С.А. Бахбаева, Ю.И. Каркавин, О.П. Макарова, Н.П. Бгатова // *Морфологические науки — фундаментальная основа практической медицины: материалы I Междунар. морфол. науч.-практ. конф.* — Новосибирск, 2016. — С. 56–60.
- 10 Земченков А.Ю. Жизнь с хронической болезнью почек: беседы с пациентом / А.Ю. Земченков, Р.П. Герасимчук, Т.Г. Костылева, К.А. Вишневецкий, Л.Ю. Виноградова, И.Г. Земченкова, В.Н. Сучков. — СПб., 2013. — 174 с.
- 11 Наточин А.Ю. Почему же природа выбрала калий? / А.Ю. Наточин // *Наука и жизнь*. — 2019. — № 3. — С. 12–19.
- 12 Рахметова А.М. Структурная организация нефрона в условиях отдаленного опухолевого роста / А.М. Рахметова, С.А. Бахбаева, Р.С. Досымбекова // *Морфологические науки — фундаментальная основа практической медицины: материалы I Междунар. морфол. науч.-практ. конф.* — Новосибирск, 2018. — С. 179–182.
- 13 Jourde-Chiche N. Endothelium structure and function in kidney health and disease / N. Jourde-Chiche, F. Fakhouri, L. Dou, J. Bellien, S. Burtsey, M. Frimat, P.A. Jarrot, G. Kaplanski, M. Le Quintrec, V. Pernin, C. Rigother, M. Sallée, V. Fremeaux-Bacchi, D. Guerrot, L.T. Roumenina // *Nat. Rev. Nephrol.* — 2019. — Vol. 15, No. 2. — P. 87–108.
- 14 Vinnichenko L.N. Comparative ultrastructure of nephron // *Nauka*. — 1980. — 136 p.
- 15 Kurts C. The immune system and kidney disease: Basic concepts and clinical implications / C. Kurts, U. Panzer, H.J. Anders, A.J. Rees // *Nat. Rev. Immunol.* — 2013. — Vol. 13. — P. 738–753.
- 16 Satchell S. The role of the glomerular endothelium in albumin handling / S. Satchell // *Nat. Rev. Nephrol.* — 2013. — Vol. 9, Iss. 12. — P. 717–725. DOI: 10.1038/nrneph.2013.197.
- 17 Pollak M.R. The glomerulus: the sphere of influence / M.R. Pollak, S.E. Quaggin, M.P. Hoenig, L.D. Dworkin // *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* — 2014. — Vol. 7, Iss. 9(8). — P. 1461–1469. DOI: 10.2215/CJN.09400913.
- 18 Dimke H. Crosstalk in glomerular injury and repair / H. Dimke, Y. Maezawa, S.E. Quaggin // *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.* — 2015. — Vol. 24, Iss. 3. — P. 231–238. DOI: 10.1097/MNH.000000000000117.
- 19 Lenoir O. Endothelial cell and podocyte autophagy synergistically protect from diabetes-induced glomerulosclerosis / O. Lenoir, M. Jasiak, C. Héniq, L. Guyonnet, B. Hartleben, T. Bork, A. Chipont, K. Flosseau, I. Bensaada, A. Schmitt, J.M. Massé, M. Souyri, T.B. Huber, P.L. Tharaux // *Autophagy*. — 2015. — Vol. 11, Iss. 7. — P. 1130–45. DOI: 10.1080/15548627.2015.1049799.
- 20 Al Hussain T. Podocyte and Parietal Epithelial Cell Interactions in Health and Disease / T. Al Hussain, H. Al Mana, M.H. Hussein, M. Akhtar // *Adv. Anat. Pathol.* — 2017. — Vol. 24, Iss. 1. — P. 24–34.
- 21 Ndisang J.F. Glomerular Endothelium and its Impact on Glomerular Filtration Barrier in Diabetes: Are the Gaps Still Illusive? / J.F. Ndisang // *Curr. Med. Chem.* — 2018. — Vol. 25, Iss. 13. — P. 1525–1529. doi: 10.2174/0929867324666170705124647.
- 22 Verlander J.W. Normal ultra-structure of the kidney and lower urinary tract / J.W. Verlander // *Toxicol. Pathol.* — 1998. — Vol. 26. — P. 1–17.

23 Sasaki T. Bowman Capsule Volume and Related Factors in Adults With Normal Renal Function / T. Sasaki, N. Tsuboi, K. Haruhara, Y. Okabayashi, G. Kanzaki, K. Koike, A. Kobayashi, I. Yamamoto, M. Ogura, T. Yokoo // *Kidney Int. Rep.* — 2017. — Vol. 24, Iss. 3(2). — P. 314–320. DOI: 10.1016/j.ekir.2017.10.007.

24 Takano K. Development of glomerular endothelial cells, podocytes and mesangial cells in the human fetus and infant / K. Takano, Y. Kawasaki, T. Imaizumi, H. Matsuura, R. Nozawa, M. Tannji, K. Suyama, M. Isome, H. Suzuki, M. Hosoya // *Tohoku J. Exp. Med.* — 2007. — Vol. 212, Iss. 1. — P. 81–90.

25 Рузиев Т.Р. Особенности строения почек позвоночных животных / Т.Р. Рузиев, А. Хайитбаева // *Изв. АН Республики Таджикистан. Сер. биол. и мед. наук.* — 2006. — № 3(156). — С. 48–51.

А.М. Рахметова, Н.П. Бгатова, Ш.М. Жумадина

### **Қашықтықтағы ісіктің өсу жағдайында бүйрек құрылымына литий карбонатының әсері**

Экспериментте СВА желілі тышқандарындағы литий карбонатының бүйрек құрылымына әсері зерттелген, яғни ісікке қарсы агент ретінде қолданылған. Гепатокарцинома-29 жасушаларын енгізу арқылы СВА желілі тышқандардың жамбас бұлшық еттеріне егіп, ісіктің өсуін модельдеген. Литий карбонаты жануарларға *per os* арқылы енгізілді. Бүйрек құрылымын жарық, электрондық микроскопия және морфометрия әдістерімен 30 тәуліктен кейін зерттелді. Бүйректердегі қашықтықтағы ісіктің өсу динамикасында ағза қызметінің бұзылғанын растайтын құрылымдық өзгерістер анықталған. Ісік дамуының 30-шы күніне қарай бүйрек денешігінің саңылау капсуласының мөлшерінің азаюы, қылтамырлардың көлемдік тығыздығының артуы, бүйрек денешігінің интерстициальдық кеңістігінің мөлшерінің артуы анықталды. Подоциттердің цитоплазмасының ісінуі, цитоподиялар санының артуы, қылтамырлар эндотелиоциттеріндегі фенестр санының төмендеуі, бүйректің проксимальды және дистальды бөлігінің эпителиоциттерінің ісінуі, сондай-ақ дистальды және проксимальды каналдардың базальды мембраналарының қалыңдығының азаюы байқалды. Литий карбонатын ісікке қарсы агент ретінде пайдалану бүйректердегі құрылымдық өзгерістердің ушығуына алып келді, бұл шамасы, литий әсерімен ісік жасушаларының ыдырауы мен өлуі өнімдерінің ұлғаюына байланысты ағзаға уытты жүктеменің өсуіне себепші болды.

*Кілт сөздер:* литий карбонаты, гепатокарцинома-29, бүйрек, бүйректің сүзу бөгеті, ультрақұрылым.

А.М. Рахметова, Н.П. Бгатова, Ш.М. Жумадина

### **Влияние карбоната лития на структуру почки в условиях отдаленного опухолевого роста**

В эксперименте на мышях линии СВА изучали влияние карбоната лития на структуру почек, при его использовании как противоопухолевого агента. Моделировали опухолевый рост путем введения клеток гепатокарцинома-29 в мышечную ткань правого бедра экспериментальных животных. Карбонат лития вводили животным *per os*. Структуру почек изучали методами световой, электронной микроскопии и морфометрии через 30 сут эксперимента. В динамике отдаленного опухолевого роста в почках выявлены структурные изменения, свидетельствующие о нарушении функции органа. Показано, что к 30-м суткам развития опухоли происходит снижение размеров просвета капсулы почечного тельца, увеличение объемной плотности капиллярных клубочков, увеличение размеров интерстициальных пространств почечного тельца. Отмечали набухание цитоплазмы подоцитов, увеличение количества цитоподий, снижение количества фенестр в эндотелиоцитах клубочковых капилляров, набухание эпителиоцитов проксимального и дистального отдела почки, а также уменьшение толщины базальных мембран дистальных и проксимальных канальцев. Использование карбоната лития как противоопухолевого агента привело к усугублению структурных изменений в почках, что, по-видимому, было обусловлено возрастанием токсичной нагрузки на орган в связи с увеличением продуктов распада и гибели опухолевых клеток под влиянием лития.

*Ключевые слова:* карбонат лития, гепатокарцинома-29, почка, фильтрационный барьер почек, ультраструктура.

#### References

1 Romashkina, E.A. (2015). Submikroskopicheskaia orhanizatsiia kanaltsev nefrona почек krys pri eksperimentalnom ateroskleroze i v usloviiakh eho hennoi korrektsii [Submicroscopic organization of the tubules in the nephron of rats with experimental atherosclerosis and in terms of its genetic correction]. *Mezhdunarodnye obzory: klinicheskaiia praktika i zdorove — Medical reviews: clinical practice and health*, 4, 126–131 [in Russian].

- 2 Capece, D., Fischietti, M., & Versella, D., et al. (2013). The Inflammatory Microenvironment in Hepatocellular Carcinoma: A Pivotal Role for Tumor-Associated Macrophages. *Biomed Research International*, Article ID 187204. Retrieved from <http://doi.org/10.1155/2013/187204>.
- 3 Wang, J.S., Wang, C.L., & Wen, J.F., et al. (2008). Lithium inhibits proliferation of human esophageal cancer cell line Eca-109 by inducing a G2/M cell cycle arrest. *World J. Gastroenterol.*, 14(25), 3982–3989.
- 4 Raghavendra, P.B., Lee, E., & Parameswaran, N. (2013). Regulation of macrophage biology by Lithium: A new look at an old drug. *J. Neuroimmune Pharmacol.*, 27, 1102–1110.
- 5 Bgatova, N.P., Borodin, Yu.I., Makarova, V.V., Pozhidayeva, A.A., Rachkovskaya, L.N. & Konenkov, V.I. (2014). Vliianie nanorazmernykh chastits karbonata litiia na intaktnuiu myshechnuiu tkan i opukholevyi rost [Influence of nanoscale lithium carbonate particles on intact muscle tissue and tumor growth]. *Biulleten eksperimentalnoi biologii i meditsiny — Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 157(1), 102–107 [in Russian].
- 6 Sun, A., Shanmugam, I., & Song, J., et al. (2007). Lithium suppresses cell proliferation by interrupting E2F–DNA interaction and subsequently reducing S-phase gene expression in prostate cancer. *Prostate*, 67, 976–988.
- 7 Wang, J.S., Wang, C.L., & Wen, J.F., et al. (2008). Lithium inhibits proliferation of human esophageal cancer cell line Eca-109 by inducing a G2/M cell cycle arrest. *World J. Gastroenterol.*, 14(25), 3982–3989.
- 8 Zhu, Q., Yang, J., & Han, S., et al. (2011). Suppression of glycogen synthase kinase 3 activity reduces tumor growth of prostate cancer in vivo. *Prostate*, 71(8), 835–845.
- 9 Gavrilova, Yu.S., Makarova, V.V., Bakhbayeva, S.A., Karkavin, Yu.I., Makarova, O.P., & Bgatova, N.P. (2016). Vliianie nanorazmernykh form litiia na sosudistoe ruslo eksperimentalnoi hepatokartsinomy [Influence of lithium nanoscale forms on the vascular bed of experimental hepatocarcinoma]. Proceedings from Morphological sciences — fundamental base of practical medicine: *I Mezhdunarodnaia morfolohicheskaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — I International morphological scientific-practical conference*. (p. 56–60). Novosibirsk [in Russian].
- 10 Zemchenkov, A.Yu., Gerasimchuk, R.P., Kostyleva, T.G., Vishnevskiy, K.A., Vinogradova, L.Yu., & Zemchenkova, I.G., et al. (2013). *Zhizn s khronicheskoi bolezniiu pochek: Besedy s patsientom [Life with chronic kidney disease: Conversations with the patient]*. Saint Petersburg [in Russian].
- 11 Natochin, A.Yu. (2019). Pochemu zhe priroda vybrala kalii? [Why did nature choose potassium?]. *Nauka i zhizn — Science and Life*, 3, 12–19 [in Russian].
- 12 Rakhmetova, A.M., Bakhbayeva, S.A., & Dosymbekova, R.S. Strukturnaia orhanizatsiia nefrona v usloviiakh otdalennogo opukholevogo rosta [Structural organization of the nephron in the conditions of distant tumor growth]. Proceedings from Morphological sciences — fundamental base of practical medicine: *I Mezhdunarodnaia morfolohicheskaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia — I International morphological scientific-practical conference*. (p. 179–182). Novosibirsk [in Russian].
- 13 Jourde-Chiche, N., Fakhouri, F., Dou, L., Bellien, J., Burtey, S., & Frimat, M., et al. (2019). Endothelium structure and function in kidney health and disease. *Nat. Rev. Nephrol.*, 15(2), 87–108.
- 14 Vinnichenko, L.N. (1980). Comparative ultrastructure of nephron. *Nauka*, 136.
- 15 Kurts, C., Panzer, U., Anders, H.J., & Rees, A.J. (2013). The immune system and kidney disease: Basic concepts and clinical implications. *Nat. Rev. Immunol.*, 13, 738–753.
- 16 Satchell, S. (2013). The role of the glomerular endothelium in albumin handling. *Nat. Rev. Nephrol.*, 9(12), 717–725. DOI:10.1038/nrneph.2013.197.
- 17 Pollak, M.R., Quaggin, S.E., Hoenig, M.P., & Dworkin, L.D. (2014). The glomerulus: the sphere of influence. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.*, 7, 9(8), 1461–1469. DOI: 10.2215/CJN.09400913
- 18 Dimke, H., Maezawa, Y., & Quaggin S.E. (2015). Crosstalk in glomerular injury and repair. *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.*, 24(3), 231–238. DOI: 10.1097/MNH.000000000000117.
- 19 Lenoir, O., Jasiek, M., Hénique, C., Guyonnet, L., Hartleben, B., & Bork, T., et al. (2015). Endothelial cell and podocyte autophagy synergistically protect from diabetes — induced glomerulosclerosis. *Autophagy*, 11(7), 1130–1145. DOI: 10.1080/15548627.2015.1049799.
- 20 Al Hussain, T., Al Mana, H., Hussein, M.H., & Akhtar M. (2017). Podocyte and Parietal Epithelial Cell Interactions in Health and Disease. *Adv. Anat. Pathol.*, 24(1), 24–34.
- 21 Ndisang, J.F. (2018). Glomerular Endothelium and its Impact on Glomerular Filtration Barrier in Diabetes: Are the Gaps Still Illusive? *Curr. Med. Chem.*, 25(13); 1525–1529. DOI: 10.2174/0929867324666170705124647.
- 22 Verlander, J.W. (1998). Normal ultra-structure of the kidney and lower urinary tract. *Toxicol. Pathol.*, 26, 1–17.
- 23 Sasaki, T., Tsuboi, N., Haruhara, K., Okabayashi, Y., Kanzaki, G., & Koike, K., et al. Bowman Capsule Volume and Related Factors in Adults With Normal Renal Function. *Kidney Int. Rep.*, 24, 3(2), 314–320. DOI: 10.1016/j.ekir.2017.10.007.
- 24 Takano, K., Kawasaki, Y., Imaizumi, T., Matsuura, H., Nozawa, R., & Tannji, M., et al. (2007). Development of glomerular endothelial cells, podocytes and mesangial cells in the human fetus and in fant. *Tohoku J. Exp. Med.*, 212(1), 81–90.
- 25 Ruziyev, T.R., & Khayitbayeva, A. (2006). Osobennosti stroeniia pochek pozvonochnykh zhivotnykh [Features of the structure of the kidneys of vertebrates.]. *Izvestiia Akademii nauk Respubliki Tadjikistan. Seriya biologicheskikh i meditsinskikh nauk — Bulletin of Academy of Science of Republic of Tadjikistan, series biology and medicine*, 3(156), 48–51 [in Russian].



K.N. Seitkamal<sup>1,2\*</sup>, N.K. Zhappar<sup>1</sup>,  
V.M. Shaikhutdinov<sup>1</sup>, A.K. Shibayeva<sup>1</sup>, U.Z. Sagyndykov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Scientific-analytical center «Biomedpreparat», Stepnogorsk, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

(\*E-mail: mengoibyti@gmail.com)

## A comparative study on psychrophilic and mesophilic biooxidation of ferrous iron by pure cultures of *Acidithiobacillus ferrooxidans* and *Acidithiobacillus ferrivorans*

Biological oxidation of ferrous sulfate by *Acidithiobacillus ferrooxidans* and *Acidithiobacillus ferrivorans* is an important process in the bioleaching of minerals and the treatment of acid mine drainage. The rate at which biooxidation reactions take place is directly related to the microorganisms' growth temperature. Decreasing the temperature of reaction causes both a decrease on the chemical reactions rates and a decrease on bacterial growth. In this study, the effects of pH and temperatures on oxidation of ferrous sulfate by a native *At. ferrooxidans* and *At. ferrivorans* strains were investigated. The biooxidation tests conducted in shake flasks at 28 °C and 8 °C and at initial pH 1.6 for 5 days. During the experiment, the mesophilic iron oxidizers were capable of growing on ferrous iron at concentrations of 4.5 g/L at low and optimum temperature. However, the rate of mesophilic biooxidation of ferrous iron was higher than that observed in the psychrophilic biooxidation. In conclusion, during the experiment the *At. ferrivorans* strain 535 showed high activity in oxidizing at low temperature than other strains. It means even at very low temperatures, microorganisms play an important role in the oxidation and leaching of sulphide ores.

**Keywords:** bioleaching, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus ferrivorans*, biooxidation, ferrous iron, psychrophilic biooxidation, mesophilic biooxidation, low temperature, iron oxidation, sulphide ores.

### Introduction

Bioleaching is extraction of valuable metals from their ores using microorganisms. It as environmentally friendly technology offers an alternative to traditional pyrometallurgical methods [1]. There are two mechanisms for bioleaching of sulphideminerals: the direct and the indirect. In the direct mechanism, microorganisms situated at the mineral surface and dissolve metal ions. In the indirect mechanism, metal sulfides are chemically attacked by ferric iron, which is oxidized to sulfuric acid [2, 3]. Biooxidation of ferrous iron were proven to be an essential step in bioleaching [4, 5]. Due to their importance in the bioleaching of sulfide minerals, the oxidative activity of chemolithotrophic microorganisms such as archaea and bacteria in a mesophilic and cold environments as well as moderately high and extremely high temperatures has been widely studied. Microorganisms have been frequently isolated from sulphide minerals in dumps, heaps and from flotation tailings are *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus thiooxidans*, *Acidithiobacillus ferrivorans*, etc. [6–9]. Flotation tailings are one of the largest mining wastes from sulphide minerals concentrated by pyrometallurgical process generated during the flotation process. In Kazakhstan over 22 billion tons of waste, of which more than 16 billion tons of mining and processing waste, about 6 billion tons of hazardous waste has been accumulated [10–14]. Thus, in order to reduce the health risk arising from the heavy metals such as arsenic, lead, and chromium it is necessary to develop strategies that could reduce toxicity. In this aspect, biogeotechnology, which is based on the natural ability of chemolithotrophic bacteria (*At. ferrivorans*, *At. ferrooxidans*, *At. thiooxidans*, etc.) is of great help to utilize either ex-situ or in-situ bioremediation of heavy metal polluted sites. The kinetics of mesophilic biooxidation of ferrous iron has been studied in our previous work [9].

To date, many studies on the biooxidation of ferrous iron using *At. ferrooxidans* are reported [13–15]. However, few experiments on biooxidation of iron by *At. ferrivorans* was conducted and several documents about biooxidation of ferrous iron by *At. ferrooxidans* at low temperatures were reported [4, 16–18]. The aim of this work is to assess the *At. ferrivorans* strains biooxidation of ferrous iron and to compare the rate of this reaction with *At. ferrooxidans* strains biooxidation of ferrous iron at different temperatures.

## Materials and Methods

### Microorganism and medium

The mesophilic iron oxidizers used in this study were 535 strain of *At. ferrivorans* and strains FT-2, FT-3 and 377 of *At. ferrooxidans* which was been previously isolated from gold deposits by our laboratory. The microorganisms were grown on a modified medium 9K-Fe containing (in grams per liter):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (3.0),  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0.5),  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (3.0),  $\text{KCl}$  (0.1),  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (0.01). The medium also supplemented with filter-sterilized  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (22.1). The cultures of *At. ferrivorans* and *At. ferrooxidans* were incubated in 750 mL Erlenmeyer flasks each containing 200 mL of the medium and 10 % (v/v) inoculum on a shaker-incubator at 200 rpm at a temperature of 28 °C. The initial pH of the cultures was adjusted to 1.6 at room temperature using 10N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### Biooxidation experiments at low temperature

In order to study on ferrous iron biooxidation of different strains at low and optimal temperatures the experiments were realized in 250 mL sterile shake flasks containing 90 mL of the modified medium 9K-Fe (concentrations of ferrous iron was  $4.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) and 10 % (v/v) inoculum. The flasks were incubated on a rotary shaker at 160 rpm and temperatures of 8 °C and 28 °C. Samples were taken every day and analyzed for ferrous, total iron concentrations and pH. All the experiments were carried out under sterile conditions.

### Analytical analysis

The pH of the test solutions was determined using a professional multichannel pH meter Mettler Toledo SevenMulti-A. The concentration of total iron and  $\text{Fe}^{2+}$  ions in the liquid phase was determined spectrophotometrically using a spectrometer (BioMate 3S UV-Visible, Thermo Scientific, USA)

## Results and Discussion

Results of mesophilic biooxidation of ferrous iron at initial concentration of 4.5 g/L are presented in Figure 1. The biooxidation rate of ferrous iron ( $\text{Fe}^{2+}$ ) to ferric iron ( $\text{Fe}^{3+}$ ) was remarkably increasing in the flasks with microorganisms for 3 days, meantime in un-inoculated flask oxidation of  $\text{Fe}^{2+}$  was not happen: due to slow chemical oxidation. Despite added ferrous iron concentration was 4.5 g/L, at the end of the experiment the oxidized ferrous iron concentration was 4.8 g/L. The reason for increasing of the total iron is the added inoculum culture with 9 g/L of iron. The strains 377 and 535 showed the highest activity. Variations of pH over time during the biooxidation process with different bacterial strains at 28 °C are shown in Figure 2. The pH of the flasks inoculated with *At. ferrooxidans* FT-2 decreased significantly within the first 3 days of the experiment from pH 1.64 to 1.58. The pH propagation of 535 and FT-3 cultures was quite similar. In the flasks with 377, pH was increased from 1.6 to 1.63. Meanwhile the pH did not drop greatly in the control flasks, which were conducted without bacterial inoculation.

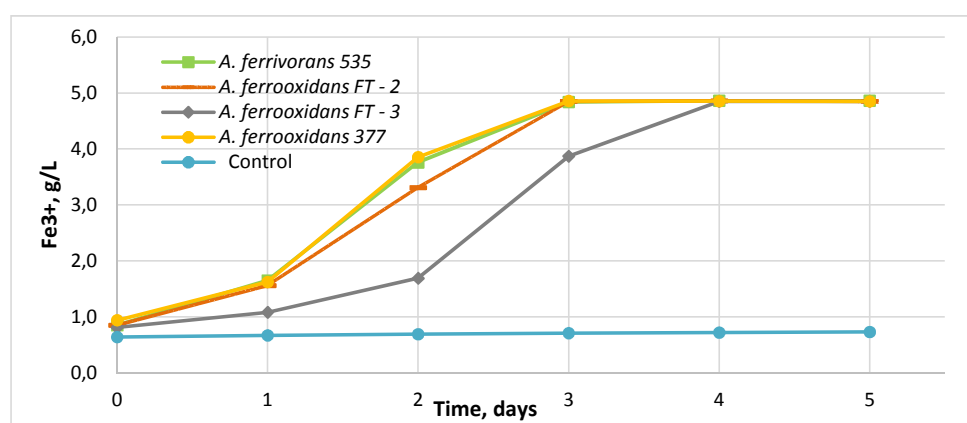


Figure 1. Mesophilic biooxidation of ferrous iron at 28 °C

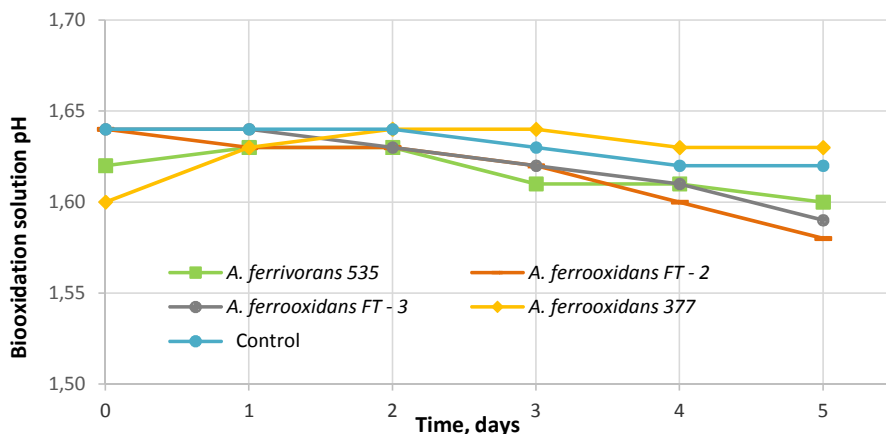


Figure 2. Variation of pH over time during biooxidation process of the ferrous iron at 28 °C

In Figure 3 the observed oxidation of  $Fe^{2+}$  to  $Fe^{3+}$  clearly demonstrates the presence in four type of strains growing at 8 °C and able to oxidize  $Fe^{2+}$  iron at initially pH 1.6. In the flasks with microorganisms, the ferrous iron initially added was rapidly oxidized to  $Fe^{3+}$  after only 5 days. The *A. ferrooxidans* FT-2 strain showed the highest activity which was demonstrated by an increase of  $Fe^{3+}$  in solution. A small amount of  $Fe^{2+}$  (approximately 1.0 mg/L) was maintained in the media with the strain of *A. ferrooxidans* FT-3 till the end of the experiment. In the sterile flasks, some chemical oxidation was also obtained after 5 days. Figure 4 illustrates the results of the biooxidation of ferrous iron at initial pH 1.6. The trend of pH variations during biooxidation of  $Fe^{2+}$  to  $Fe^{3+}$  showed that the pH of the flasks with microorganisms was not decreased within the first 5 days of the experiment.

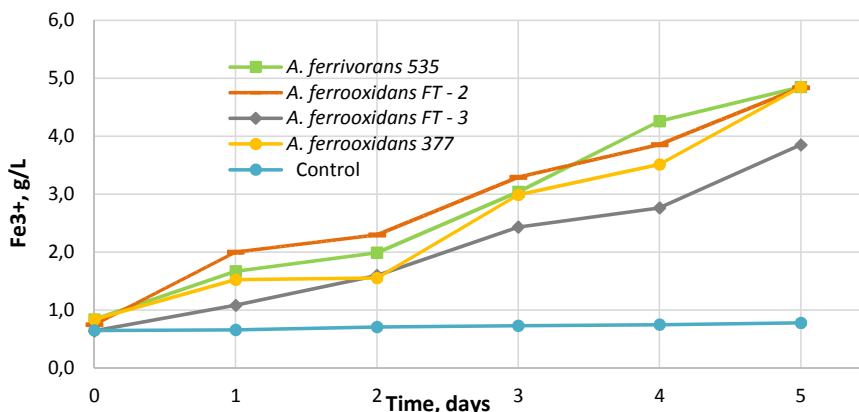


Figure 3. Psychrophilic biooxidation of ferrous iron at 8 °C

According to this study, these isolated strains of *At. ferrooxidans* and *At. ferrivorans* would be psychro tolerant despite the fact that optimum growth temperature is 20–40 °C, they also can grow at 8 °C. However, they cannot be considered psychrophilic, as they showed high growth at 28 °C. Temperature is a significant factor in leaching processes, especially in oxidation processes. Lowering the temperature leads to a significant reduction in the rate of oxidation. The rate of chemical oxidation of sulfide minerals with oxygen at environmenting temperature is very slow. And a significant oxidation might be observed only in the presence of iron-sulfur oxidizing bacteria. Abandoned mines exposed to atmospheric influences at ambient temperature leads to the formation of acid drainage, which cause environmental pollution. However, the results of this study show that even at a very low temperature (8 °C), bacterial growth occurs and biological catalysis increases the rate of oxidation.

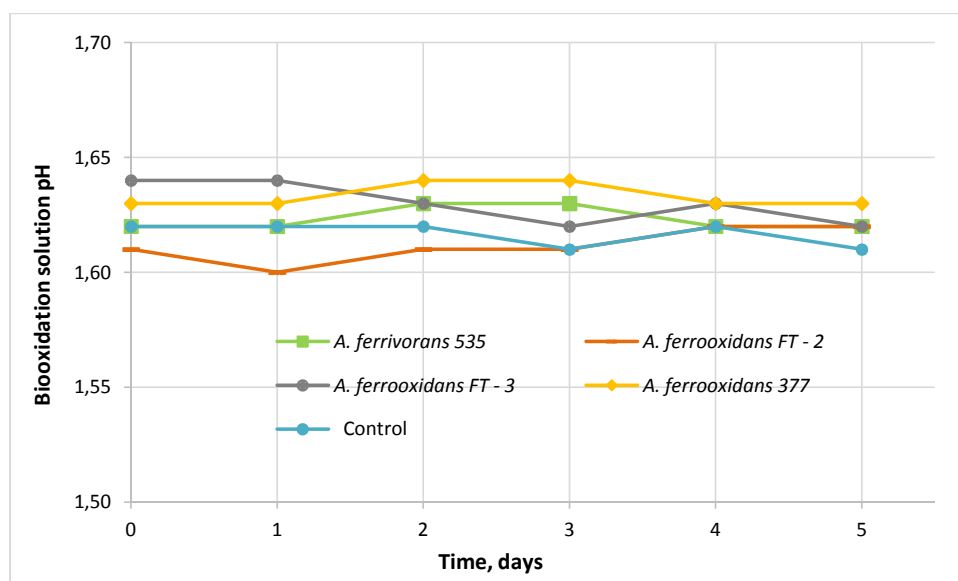


Figure 4. Variation of pH over time during biooxidation process of the ferrous iron at 8 °C

These results of the study are important not only from an environmental point of view but also the possible development biological leaching of low-grade ore deposits located in low-temperature areas.

#### Conclusion

Results of the present study show that the mesophilic microorganisms *At. ferrivorans* and *At. ferrooxidans* are able to grow on ferrous iron at concentrations below 5 g/L and at pH 1.6. As experimental parameters, initial pH 1.6, temperature (8 and 28 °C), and ferrous iron concentration 4.5 g/L were used, and their effects on ferrous iron oxidation behaviors were studied. In terms of the ferrous iron oxidation behavior according to the reaction temperature, the highest oxidation rate was observed at 28 °C, and a lower ferrous iron oxidation efficiency was observed at 8 °C. After 3 days of incubation at 28 °C, *At. ferrooxidans* strain 377 was found to be the most effective bacteria compared to other strains for oxidation of ferrous iron; meanwhile, at 8 °C, *At. ferrivorans* strain 535 showed the higher efficiency on biooxidation of ferrous iron when compared with *At. ferrooxidans*.

From the results of the study, it was noted that the selection of bacterial strains to be used for the biooxidation process should depend on temperature of environment. There remains a need for further research to verify various reactions engaged in psychrophilic bioleaching of sulphide minerals and to explain the mechanism which dominates this process.

*This work was supported by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan in the framework of program funding for research (AP05136008).*

#### References

- 1 Ngoma E. Bioleaching of arsenopyrite from Janggun mine tailings (South Korea) using an adapted mixed mesophilic culture / E. Ngoma, D. Borja D., M. Smart, K. Shaik, H. Kim, J. Petersen, S.T.L. Harrison // *Hydrometallurgy*. — 2018. — Vol. 181. — P. 21–28. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.08.010>.
- 2 Long Z.E. Biooxidation of ferrous iron by immobilized *Acidithiobacillus ferrooxidans* in poly(vinyl alcohol) cryogel carriers / Z.E. Long, Y. Huang, Z. Cai, W. Cong, F. Ouyang // *Biotechnology Letters*. — 2003. — Vol. 25, Iss. 3. — P. 245–249. — URL: <https://doi.org/10.1023/A:1022389510891>.
- 3 Nemati M. Comparative study on thermophilic and mesophilic biooxidation of ferrous iron / M. Nemati, S.T.L. Harrison // *Minerals Engineering*. — 2000. — Vol. 13, Iss. 1. — P. 19–24. — URL: [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(99\)00146-6](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(99)00146-6).
- 4 Escobar B. Biooxidation of ferrous iron and sulphide at low temperatures: Implications on acid mine drainage and bioleaching of sulphide minerals / B. Escobar, S. Buccicardi, G. Morales, J. Wiertz // *Hydrometallurgy*. — 2010. — Vol. 104, Iss. 3–4. — P. 454–458. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2010.03.027>.
- 5 Meruane G. Bacterial oxidation of ferrous iron by *Acidithiobacillus* / G. Meruane // *Hydrometallurgy*. — 2003. — Vol. 71. — P. 149–158. — URL: [https://doi.org/10.1016/S0304-386X\(03\)00151-8](https://doi.org/10.1016/S0304-386X(03)00151-8).

- 6 Franzmann P.D. Effects of temperature on the rates of iron and sulfur oxidation by selected bioleaching Bacteria and Archaea: Application of the Ratkowsky equation / P.D. Franzmann, C.M. Haddad, R.B. Hawkes, W.J. Robertson, J.J. Plumb // Minerals Engineering. — 2005. — Vol. 18, Iss. 13–14. — P. 1304–1314. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2005.04.006>.
- 7 Nguyen V.K. Bioleaching of arsenic and heavy metals from mine tailings by pure and mixed cultures of *Acidithiobacillus* spp. / V.K. Nguyen, M.H. Lee, H.J. Park, J.U. Lee // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. — 2015. — Vol. 21. — P. 451–458. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.03.004>.
- 8 Rawlings D.E. Characteristics and adaptability of iron- and sulfur-oxidizing microorganisms used for the recovery of metals from minerals and their concentrates / D.E. Rawlings // Microbial Cell Factories. — 2005. — No. 4. — P. 1–15. — URL: <https://doi.org/10.1186/1475-2859-4-13>.
- 9 Zhappar N.K. Bacterial and chemical leaching of copper-containing ores with the possibility of subsequent recovery of trace silver / N.K. Zhappar, V.M. Shaikhutdinov, Y.N. Kanafin, O.A. Ten, D.S. Balpanov, I.V. Korolkov, S.R. Collinson, R.S. Erkasov, A.A. Bakibaev // Chemical Papers. — 2019. — Vol. 73, Iss. 6. — P. 1357–1367. — URL: <https://doi.org/10.1007/s11696-019-00688-y>.
- 10 Lim K.T. Physical, chemical, and biological methods for the removal of arsenic compounds / K.T. Lim, M.Y. Shukor, H. Wasoh // BioMed Research International. — 2014. — URL: <https://doi.org/10.1155/2014/503784>.
- 11 Tsai S.L. Arsenic metabolism by microbes in nature and the impact on arsenic remediation / S.L. Tsai, S. Singh, W. Chen // Current Opinion in Biotechnology. — 2009. — Vol. 20, Iss. 6. — P. 659–667. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2009.09.013>.
- 12 Novikov V. Foreword Country prooles: Management of waste and chemicals Waste in Central Asia Chemicals in Central Asia Synergies and hotspots Sound management practices / V. Novikov // Success stories. Recommendations. — 2013.
- 13 Ko M.S. The role of *Acidithiobacillus ferrooxidans* and *Acidithiobacillus thiooxidans* in arsenic bioleaching from soil / M.S. Ko, H.S. Park, K.W. Kim, J.U. Lee // Environmental Geochemistry and Health. — 2013. — Vol. 35, Iss. 6. — P. 727–733. — URL: <https://doi.org/10.1007/s10653-013-9530-2>.
- 14 Quatrini R. *Acidithiobacillus ferrooxidans* / R. Quatrini, D.B. Johnson // Trends in Microbiology. — 2019. — Vol. 27, Iss. 3. — P. 282–283. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2018.11.009>.
- 15 Rawlings D.E. *Thiobacillus caldus* and *Leptospirillum ferrooxidans* are widely distributed in continuous flow biooxidation tanks used to treat a variety of metal containing ores and concentrates / D.E. Rawlings, N.J. Coram, M.N. Gardner, S.M. Deane // Process Metallurgy. — 1999. — Vol. 9. — P. 777–786. — URL: [https://doi.org/10.1016/S1572-4409\(99\)80080-7](https://doi.org/10.1016/S1572-4409(99)80080-7).
- 16 Elberling B. Bacterial and chemical oxidation of pyritic mine tailings at low temperatures / B. Elberling, A. Schippers, W. Sand // Journal of Contaminant Hydrology. — 2000. — Vol. 41, Iss. 3–4. — P. 225–238. — URL: [https://doi.org/10.1016/S0169-7722\(99\)00085-6](https://doi.org/10.1016/S0169-7722(99)00085-6).
- 17 Hallberg K.B. *Acidithiobacillus ferrivorans*, sp.nov.; facultatively anaerobic, psychrotolerant iron-, and sulfur-oxidizing acidophiles isolated from metal mine-impacted environments / K.B. Hallberg, E. Gonzalez-Toril, D.B. Johnson // Extremophiles. — 2010. — Vol. 14, Iss. 1. — P. 9–19. — URL: <https://doi.org/10.1007/s00792-009-0282-y>.
- 18 Peng T. Dissolution and passivation of chalcopyrite during bioleaching by *acidithiobacillus ferrivorans* at low temperature / T. Peng, L. Chen, J. Wang, J. Miao, L. Shen, R. Yu, G. Gu, G. Qiu, W. Zeng // Minerals. — 2019. — Vol. 9, Iss. 6. — P. 4–13. <https://doi.org/10.3390/min9060332>.

Қ.Н. Сейткамал, Н.Қ. Жаппар, В.М. Шайхутдинов, А.К. Шibaева, Ө.З. Сағындықов

## Таза дақылдардағы екі валентті темірдің психрофильді және мезофильді биототықтыруын салыстырмалы зерттеу

*Acidithiobacillus ferrooxidans* және *Acidithiobacillus ferrivorans* микроағзаларындағы темір сульфатын биологиялық тотықтыру минералдардың биологиялық сілтіленуіне және шахта дренаждарының қышқылын өңдеуде маңызды процесс болып табылады. Биологиялық тотығу реакцияларының жүру жылдамдығы сол ортадағы микроорганизмдердің өсу температурасына тікелей байланысты болып келеді. Реакция температурасының төмендеуі химиялық реакциялар жылдамдығының төмендеуіне, сонымен қоса бактериялардың көбеюіне де әсер етеді. Жұмыста *At. ferrooxidans* және *At. Ferrivorans* темір сульфатын тотықтыруында рН пен температураның әсерлері зерттелді. Биологиялық тотықтыру эксперименті бастапқы рН 1,6 деңгейінде және температурасы 28 °С мен 8 °С болатын, 5 тәулік ішінде шайқауға арналған арнайы шыны сауыттарында жүргізілді. Нәтижесінде, мезофильді темір тотықтырғыштары екі валентті темірдің 4,5 г/л концентрациясында төмен температура жағдайында өсе алады. Алайда, темірдің мезофильді биототығу жылдамдығы психрофильді биототығуға қарағанда жоғары болды. Қорытындылай келе, эксперимент кезінде төмен температурада тотықтыруда *At. ferrivorans* 535 штамы басқа штамдарға қарағанда жоғары белсенділік көрсетті. Бұл дегеніміз, өте төмен температура жағдайларында микроағзалар сульфидті кендерді тотықтыру және сілтілендіруде маңызды рөл атқарады.

*Кілт сөздер:* биологиялық сілтілеу, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus ferrivorans*, биототығу, екі валентті темір, психрофильді биототығу, мезофильді биототығу, төмен температура, темірдің тотығуы, сульфидті кендер.

К.Н. Сейткамал, Н.К. Жаппар, В.М. Шайхутдинов, А.К. Шибаета, У.З. Сагындыков

### **Сравнительное исследование психрофильного и мезофильного биоокисления двухвалентного железа чистыми культурами**

Биологическое окисление сульфата железа микроорганизмами *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Acidithiobacillus ferrivorans* является важным процессом биологического выщелачивания минералов и обработки кислотных шахтных дренажей. Скорость реакции биоокисления напрямую связана с температурой роста микроорганизмов, которые находятся там. Снижение температуры реакции приводит как к снижению скорости химических реакций, так и роста бактерий. В статье проведено исследование влияния pH и температуры на окисление сульфата железа природными штаммами *Acidithiobacillus ferrooxidans* и *Acidithiobacillus ferrivorans*. Эксперименты на биоокисление проводились в колбах на качалке при температурах 28 °C и 8 °C и при начальном pH 1,6 в течение 5 дней. В результате мезофильные окислители железа были способны расти на двухвалентном железе при концентрации 4,5 г/л при низкой температуре. Однако скорость мезофильного биоокисления двухвалентного железа была выше, чем при психрофильном биоокислении. Таким образом, во время эксперимента штаммы *Acidithiobacillus ferrivorans* 535 показали высокую активность в окислении при низкой температуре, чем другие. Это означает, что даже при очень низких температурах микроорганизмы играют важную роль в окислении и выщелачивании сульфидных руд.

*Ключевые слова:* биовыщелачивание, *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Acidithiobacillus ferrivorans*, биоокисление, двухвалентное железо, психрофильное биоокисление, мезофильное биоокисление, низкая температура, окисление железа, сульфидные руды.

G.J. Sultangazina<sup>1\*</sup>, A.N. Kuprijanov<sup>2</sup>, O.A. Kuprijanov<sup>2</sup>, M.Y. Steshenko<sup>1</sup><sup>1</sup>*A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan;*<sup>2</sup>*Kuzbass Botanical garden, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of SB RAS, Kemerovo, Russia;**(\*E-mail: gul\_sultan@mail.ru)*

## The structure of *Adonis wolgensis* Stev. coenopopulation in the conditions of Northern Kazakhstan

The article presents the study results made on the *Adonis wolgensis* coenopopulation in Northern Kazakhstan (2018–2019). The materials have been gathered in the course of field research taking into account the literary data. The age structure of the coenopopulations is provided on the basis of detailed route studies. There have been studied eight coenopopulations located in Akmola, Pavlodar, and Kostanay regions. *A. wolgensis* is a short-stem herbaceous polycarpic of Northern Kazakhstan. *A. wolgensis* coenopopulations are found in three main habitats: steppe, meadow-steppe, and forest communities. The study of *A. wolgensis* coenopopulations in the latitudinal direction from Ekibastuz in the east to the Kostanay region in the west has revealed a high recovery index in steppe ecotopes. In other coenopopulations it is less than one. It is especially low in forest habitats. Most coenopopulations have a normal character according to the spectrum of age conditions, and they are maturing. This fact proves no negative impact of environmental and anthropogenic factors on the structure of coenopopulations and ensures their recovery and preservation.

*Keywords:* *Adonis wolgensis* Stev., coenopopulation, Northern Kazakhstan, age structure, rare plants.

### Introduction

*Adonis wolgensis* Stev. is in the Red Book of Kazakhstan (category III). Dying species) [1]. The species is protected in Ukraine, the Republic of Moldova, Bulgaria, Romania [2–5], as well as in 11 regions of the Russian Federation.

### Material and research methods

Age structure is one of the essential signs of cenopopulation, as it provides the ability of the population system to maintain itself and to determine its stability [7]. The study of *Adonis wolgensis* Stev.'s age structure was held in Northern Kazakhstan in 2018–2019. There have been studied 8 coenopopulations of *A. wolgensis* located in Akmola, Pavlodar, and Kostanay regions. The area of maximal distribution of *A. wolgensis* was determined for each CP using GPS; 25 reference sites (1 m<sup>2</sup>) were made inside the CPs on which the number of all *A. wolgensis* specimens was counted and their age stages were determined.

The age stages were determined according to the guidelines of T.A. Rabotnov [8], A.A. Uranov [9–10], L.B. Zaugolnova and O.V. Smirnova [7], Plant coenopopulations... [11].

The type of coenopopulation was determined according to T.A. Rabotnov [8] and to the «delta-omega» classification of L.A. Zhivotovsky [12].

The age index of a coenopopulation ( $\Delta$ ) is calculated according to the formula

$$\Delta = \sum K_i m_i / \sum K_i,$$

i.e.  $\sum K_i$  is a sum of the plants of all age stages;  $m_i$  is the age of individual plants [13].

The efficiency index was defined by the formula

$$\omega = \sum p_i e_i,$$

i.e.  $p_i = n_i/n$  is the share of plants of an  $i$ -state in this population,  $n_i$  is the absolute number of  $i$ -state plants,  $n = \sum n_i$  is the total number of plants,  $e_i$  is energy efficiency [13].

The recovery index ( $I$ ) was calculated by the formula

$$I = \sum j \rightarrow v / \sum g1 \rightarrow g3,$$

i.e.  $\sum j \rightarrow v$  is the sum of plants of all age stages of the pre-generative period;  $\sum g1 \rightarrow g3$  is the sum of plants of all age stages of the generative period [13].

## Results and discussion

*A. wolgensis* is a short-stem herbaceous polycarpic plant of Northern Kazakhstan represented by three morphotypes: steppe, meadow-steppe, and forest ones. They all have significant morphological differences in the height of shoots and the form of leaf blades.

CP-1. Pavlodar region, near Ekibastus, 51.66494°N, 75.28173°E,  $h = 412$  m.a.s.l. Interslope lowland, northern slope, adonis-fescue community. The population area is 200 m<sup>2</sup>, total projective cover (TPC) is 60 %, the TPC of *A. wolgensis* is 40 %, the community has 24 species. The vegetation is formed by *Adonis wolgensis*, *Alyssum desertorum*, *Androsace maxima*, *Artemisia austriaca*, *Festuca valesiaca*, *Potentilla humifusa*, *Ranunculus polyrhizos*, *Seseli ledebourii*, *Valeriana tuberosa*.

CP-2. Pavlodar region, near Ekibastus, «Three birches» tract, 51.57517°N, 75.13187°E,  $h = 403$  m.a.s.l. Eastern slope of the hill, feather-grass and fescue steppes on alkaline soils. The population area is 300 m<sup>2</sup>, TPC is 60 %, the TPC of *A. wolgensis* is 0.5 %, the community has 29 species. The vegetation is formed by *Artemisia nitrosa*, *Astragalus testiculatus*, *Draba nemorosa*, *Festuca valesiaca*, *Limonium gmelinii*, *Ranunculus polyrhizos*, *Spiraea hypericifolia*, *Tulipa patens*, *Valeriana tuberosa*.

CP-3. Pavlodar region, near Bayanaul, 50.2209° N, 75.8009° E, 406 m.a.s.l. The foot of the slope, the shrubs of a fescue-feather grass steppe. The population area is 500 m<sup>2</sup>, TPC is 90 %, the TPC of *A. wolgensis* is 0,5 %, the community has 29 species. The vegetation is formed by *Allium nutans*, *Caragana frutex*, *Carex pediformis*, *Gagea granulosa*, *Poa angustifolia*, *Rosa spinosissima*, *Seseli libanotis*, *Stipa capillata*, *S. pennata*, *Thymus marschallianus*.

CP-4. Akmola region, near Ereimentau, the Ereimentau mountains, 51.65717° N, 73.19056° E,  $h = 313$  m.a.s.l. The foot of the slope is the alkaline meadow. The population area is 400 m<sup>2</sup>, TPC is 100 %, the TPC of *A. wolgensis* is 3.0 %, the community has 25 species. The vegetation is formed by *Agropyron cristatum*, *Artemisia dracunculus*, *Carduus nutans*, *Centaurea scabiosa*, *Glycyrrhiza uralensis*, *Potentilla bifurca*, *Ranunculus polyanthemus*, *Rumex acetosa*, *Tamarix ramosissima*.

CP-5. Akmola region, the Burabay region, near Kartakol, 52.93287° N, 70.49210° E,  $h = 431$  m.a.s.l. Pine and birch forest. The population area is 300 m<sup>2</sup>, TPC is 60 %, the TPC of *A. wolgensis* is 0.5 %, the community has 20 species. The vegetation is formed by *Achillea asiatica*, *Betula pendula*, *Calamagrostis epigeios*, *Equisetum hyemale*, *Filipendula ulmaria*, *Jacobaea erucifolia*, *Pinus sylvestris*, *Populus tremula*, *Rosa majalis*, *Solidago virgaurea*,

CP-6. Kostanay region, near Scherbakovo, 53.20453° N, 64.21550° E. The sparse pine forest is growing on sands. Population area is 1000 m<sup>2</sup>, OPP is 30 %, the OPP of *A. wolgensis* is 0.5 %. The community has 22 species. The vegetation is formed by *Agropyron pectinatum*, *Carex supina*, *Genista tinctoria*, *Phragmites australis*, *Potentilla arenaria*, *Scorzonera ensifolia*, *Stipa capillata*, *Thymus serpyllum*, *Tulipa biebersteiniana*, *Veronica spicata*.

CP-7. Kostanay region, near Ozerny, the Novonezhensky forestry, sq. 21, 52.43971° N, 64.09279° E,  $h = 213$  m.a.s.l. The secondary psammophyte steppe is at the site of an old fire. Population area is 300 m<sup>2</sup>, OPP is 100 %, the OPP of *A. wolgensis* is 5.0 %. The community has 38 species: *Artemisia campestris*, *Echinops sphaerocephalus*, *Gypsophila paniculata*, *Medicago falcata*, *Oenothera biennis*, *Otites wolgensis*, *Potentilla arenaria*, *Pulsatilla uralensis*, *Sedum telephium*, *Xanthoselinum alsaticum*,

CP-8. Kostanay region, near Zarechny, «Stone Lake», 52.28013° N, 63.76616° E,  $h = 134$  m.a.s.l. The northern slope towards the lake, shrub thickets. Population area is 400 m<sup>2</sup>, OPP is 100 %, the OPP of *A. wolgensis* is 1.0 %. The community has 23 species: *Amygdalus nana*, *Calamagrostis epigeios*, *Filipendula vulgaris*, *Potentilla bifurca*, *Rosa acicularis*, *R. spinosissima*, *Spiraea hypericifolia*, *Stipa capillata*, *S. pennata*.

*A. wolgensis* coenopopulations are confined to three main habitats: steppe communities (CP-1, CP-2, CP-7), meadow-steppe communities (CP-3, CP-4, CP-8), forest communities (CP-5, CP-6). Many authors who studied the structure of *A. wolgensis* coenopopulations consider it to be a steppe species. Forest habitats are not peculiar to it [14–16]. Therefore, forest habitats should be considered secondary for *A. wolgensis*. In this regard, the presence of *A. wolgensis* in a pine-birch forest can be explained by some dynamic processes of «forest fighting with steppe» in the process of climatic fluctuations in the Kokshetau highlands.

By density (pcs./100 m<sup>2</sup>) all populations are divided into three groups: high > 800 pcs./100 m<sup>2</sup> (CP-1, CP-7), medium — 150–800 pcs./100 m<sup>2</sup> (CP-3, CP-4, CP-6, CP-8), low < 150 (CP-2, CP-5). Steppe CPs (except CP-2) have high density, meadow-steppe ones are medium, forest CPs are low or medium (Table 1).



Table 1

Characteristics of *A. wolgensis* coenopopulation

No.	TPC, %	TPC <i>A. wolgensis</i> , %	Area of CP, m <sup>2</sup>	Density of plants, pcs./100 m <sup>2</sup>	Number of plants in CP	$\Delta$	$\omega$	I
CP-1	60	40.0	200	1480	2960	0.47	0.62	0.65
CP-2	60	0.5	300	51	153	0.20	0.59	1.43
CP-3	90	0.5	500	169	845	0.30	0.77	0.32
CP-4	100	3.0	400	490	1960	0.29	0.75	0.32
CP-5	60	0.5	300	85	255	0.33	0.86	0.06
CP-6	30	0.5	1000	315	3150	0.32	0.81	0.31
CP-7	100	5.0	300	870	2610	0.22	0.64	1.07
CP-8	100	1.0	400	155	620	0.27	0.84	0.63

According to the age structure, mature (CP-1) and maturing (CPU-2) species grow only in steppe coenopopulations, all the rest are young (Table 2). By the «delta-omega» ratio, most populations are maturing, but CP-1 is the one which is transitive and CP-2 is young.

The recovery index (Table 1) in steppe ecotopes is very high 0.65–1.43. In other CPs it is less than one. It is especially low in CP-5 (forest habitats) where it is 0.06 (Table 1).

Table 2

Characteristics of *A. wolgensis* according to the age ratio and «delta-omega» (by Zhivotovsky, 2001)

No.	Age ratio	«delta — omega»
CP-1	Mature	Transitive
CP-2	Maturing	Young
CP-3	Young	Maturing
CP-4	Young	Maturing
CP-5	Young	Maturing
CP-6	Young	Maturing
CP-7	Young	Maturing
CP-8	Young	Maturing

All the coenopopulations of *A. wolgensis* are normal with slight deviations. The exception is CP-2 located on the eastern slope of the hill in the lowland. There is a long-lasting snow cover that provides favorable conditions for resumption. As a result, a large number of young vegetative plants and CPs has antropogenous invasive character. Inconsistency of the CP is bound to an extremely small number of senile plants and seedings.

## Conclusion

Thus, the study of *A. wolgensis* CPs in a latitude direction from Ekibastus in the east to the Kostanay region in the west has found that the majority of CPs has normal character and belongs to maturing CPs according to the spectrum of age stages. This fact proves no negative impact of environmental and antropogenic factors on the structure of coenopopulations and ensures their recovery and preservation. The gathered data are consistent with the study results of *A. wolgensis* coenopopulations in the Saratov's region [17, 18].

*The research was carried out within the framework of grant financing project of the Ministry of Education and Science, the Republic of Kazakhstan for 2018–2020. «Molecular genetic analysis of gene pools of rare plant species populations in Northern Kazakhstan» № AP05132458, number of the state registration is 0118RK00404.*

## References

- 1 Красная книга Казахстана. — Т. 2, Ч. 2. Растения / 2-е изд., испр. и доп. — Астана: «Art-Print XXI» Ltd, 2014. — 452 с.

- 2 Червона книга України. Рослинний світ. — Київ: Глобалконсалтинг, 2009. — 900 с.
- 3 Червена книга на НБ България. Изчезнали, застрашени от изчезване и редки растения и животни. — Т. 1. Растения. — София, 1984. — 418 с.
- 4 Кондратюк Е.Н. Редкие, эндемичные и реликтовые растения юго-востока Украины в природе и в культуре / Е.Н. Кондратюк, В.М. Остапенко. — Киев: Наук. думка, 1990. — 152 с.
- 5 Dihoru G. Plante rare, periclitare sie endemic in flora Romaniei. Lister Rosie / G. Dihoru // Lucr Grad. Bot. Bucarest. — 1984. — P. 173–197.
- 6 *Adonis wolgensis*. — URL: www.plantarium.ru [дата обращения 05.01.2020].
- 7 Заугольнова Л.Б. Возрастная структура ценопопуляций многолетних растений и ее динамика / Л.Б. Заугольникова, О.В. Смирнова // Журн. общ. биол. — 1978. — Т. 39. — С. 849–858.
- 8 Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в лесных ценозах / Т.А. Работнов // Тр. БИН АН СССР. — Сер. 3. — 1950. — Вып. 6. — С. 7–204.
- 9 Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических процессов / А.А. Работнов // Биологические науки. — 1975. — № 2. — С. 7–34.
- 10 Уранов А.А. Онтогенез и возрастной состав популяций // Онтогенез и возрастной состав популяций цветковых растений / А.А. Уранов. — М.: Наука, 1967. — С. 3–8.
- 11 Смирнова О.В. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений разных биоморф / О.В. Смирнова, Л.Б. Заугольнова, Н.А. Торопова, Л.Д. Фаликов // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). — М.: Наука, 1976. — С. 14–44.
- 12 Животовский Л.А. Онтогенетические спектры, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л.А. Животовский // Экология. — 2001. — № 1. — С. 3–7.
- 13 Жукова Л.А. Динамика популяций луговых растений в естественных фитоценозах // Динамика популяций травянистых растений / Л.А. Жукова. — Киев: Наук. думка, 1987. — С. 9–19.
- 14 Romenska O.V. The impact of anthropogenic factors on the age structure of *Adonis wolgensis* (*Ranunculaceae*) populations / O.V. Romenska, M.V. Netsvetov // Укр. бот. журн. — 2016. — № 73(5). — С. 440–452.
- 15 Ильина В.Н. Некоторые итоги изучения ценопопуляций адониса весеннего и волжского (*Adonis vernalis* L., *A. wolgensis* Stev.) в бассейне Средней Волги / В.Н. Ильина, С.В. Саксонов // Бюл. Гл. бот. сада. — 2010. — Вып. 196. — С. 107–116.
- 16 Мельник В.І. Еколого-ценотичні умови місцезростань *Adonis wolgensis* Steven (*Ranunculaceae* Juss.) в Україні / В.І. Мельник, Д.Ю. Шевченко, В.В. Гриценко // Інтродукція рослин. — 2015. — No. 4. — С. 37–43.
- 17 Давиденко О.Н. Состояние популяций адониса волжского (*A. wolgensis* Stev.) в Саратовской области / О.Н. Давиденко, С.А. Невский, Т.Н. Давиденко // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Химия. Биология. Экология. — 2016. — Т. 16, Вып. 2. — С. 221–225.
- 18 Ермолаева Н.Н. Состояние ценопопуляций *Adonis wolgensis* в Саратовской области / Н.Н. Ермолаева, Н.В. Шилова, Н.А. Петрова, А.О. Попова // Бюл. Бот. сада Саратов. гос. ун-та. — 2015. — Вып. 13. — С. 40–49.

Г.Ж. Сұлтанғазина, А.Н. Куприянов, О.А. Куприянов, М.Ю. Стешенко

### Солтүстік Қазақстан жағдайындағы *Adonis wolgensis* Stev ценопопуляциясының құрылымы

Мақалада Солтүстік Қазақстандағы *Adonis wolgensis* ценопопуляцияларын зерттеу нәтижелері келтірілген (2018–2019 жж.). Материалдар далалық зерттеулер нәтижесінде алынған, әдеби мәліметтер ескерілген. Егжей-тегжейлі бағыттық зерттеулер негізінде ценопопуляциялардың жас құрылымы келтірілген. Ақмола, Павлодар, Қостанай облыстарында орналасқан сегіз ценопопуляция зерттелді. *A. wolgensis* қысқа-өзекті шөпті поликарпик, ал Солтүстік Қазақстанда *A. wolgensis* ценопопуляциясы негізгі үш мекендейтін жерге: дала қоғамдастықтары, шалғынды-дала, орманды деп топтастырылған. *A. wolgensis* ценопопуляциясын шығыста Екібастұздан, батыста Қостанай облысына дейін ендік бағытта зерттеу барысында дала экотоптарындағы қалпына келтіру индексі өте жоғары екенін анықталды. Қалған ценопопуляция, ол бірліктен әлдеқайда аз. Әсіресе, орманды жерлерде аз кездеседі. Жас жағдайының спектрі бойынша көптеген ценопопуляциялар қалыпты сипатқа ие және піскендер қатарына жатады. Бұл ценопопуляциясының құрылымына экологиялық және антропогендік факторлардың теріс әсерінің жоқтығын растайды және популяциялардың жаңартылуы мен сақталуын қамтамасыз етеді.

*Кілт сөздер:* *Adonis wolgensis* Stev., ценопопуляция, Солтүстік Қазақстан, жас құрылымы, сирек өсімдіктер.

Г.Ж. Султангазина, А.Н. Куприянов, О.А. Куприянов, М.Ю. Стешенко

## Структура ценопопуляций *Adonis wolgensis* Stev. в условиях Северного Казахстана

В статье даны результаты изучения ценопопуляций *Adonis wolgensis* в Северном Казахстане (2018–2019 гг.). Материалы получены в результате полевых исследований, учтены литературные данные. На основании детально-маршрутных исследований приведена возрастная структура ценопопуляций. Изучено восемь ценопопуляций, расположенных в Акмолинской, Павлодарской, Костанайской областях. *A. wolgensis* — коротко-стержневой травянистый поликарпик, в Северном Казахстане ценопопуляции *A. wolgensis* приурочены к трем основным местообитаниям: степные сообщества, лугово-степные, лесные. Изучение ценопопуляций *A. wolgensis* в широтном направлении от Экибастуза на востоке до Костанайской области на западе выявило, что индекс восстановления в степных экотопах очень высокий. В остальных ценопопуляциях он значительно меньше единицы. Особенно он мал в лесных местообитаниях. Большинство ценопопуляций по спектру возрастных состояний имеют нормальный характер и относятся к зреющим. Это свидетельствует об отсутствии негативного влияния экологических и антропогенных факторов на структуру ценопопуляций и обеспечивает возобновляемость и сохранность популяций.

**Ключевые слова:** *Adonis wolgensis* Stev., ценопопуляции, Северный Казахстан, возрастная структура, редкие растения.

### References

- 1 Krasnaia kniha Kazakhstana. Rasteniia [Red Book of Kazakhstan. Plants]. (Vol. 2, Part 2, 2nd ed.). (2014). Astana: «Art-Print XXI» Ltd [in Russian].
- 2 Chervona kniha Ukraïni. Roslinni svit. [Red book of Ukraine. Flora]. (2009). Kiev [in Ukrainian].
- 3 Chervena kniha na NB Blhariia. Izcheznavi, zastrasheny ot izchezvane i redki rasteniia i zhyvotny. Vol. 1. Rasteniia [Red Book of the National Library of Bulgaria. Disappeared, endangered and rare plants and animals. Vol. 1. Plants]. (1984). Sofia [in Bulgarian].
- 4 Kondratyuk, E.N., & Ostapko, V.M. (1990). Redkie, endemichnye i reliktovyie rasteniia yuho-vostoka Ukrainy v pryrode i v kulture [Rare, endemic and relic plants of southeastern Ukraine in the nature and culture]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
- 5 Dihoru, G. (1984). Plante rare, pericitate sie endemic in flora Romaniei. Lister Rosie. Lucr Grad. Bot. Bucarest., 173–197.
- 6 *Adonis wolgensis*. URL: www.plantarium.ru [date of request 05.01.2020] [in Russian].
- 7 Zaugolnova, L.B., & Smirnova, O.V. (1978). Vozrastnaia struktura tsenopopuliatsii mnoholetnikh rastenii i ee dinamika [Age structure of cenopopulations of perennial plants and its dynamics]. Zhurnal obshchei biologii — Journal of General Biology, 39, 849–858 [in Russian].
- 8 Rabotnov, T.A. (1950). Zhiznennyi tsikl mnoholetnikh travianistykh rastenii v lesnykh tsenozakh [Methods for determining the age and duration of life in herbaceous plants]. Trudy BIN AN SSSR — Works of Botanical Institute AS of USSR, 3(6), 7–204 [in Russian].
- 9 Uranov, A.A. (1975). Vozrastnoi spektr fitotsenopopuliatsii kak funktsiia vremeni i enerheticheskikh protsessov [Age range of phytocenosis populations as a function of time and energy processes]. Biologicheskie nauki — Biological Sciences, 2, 7–34 [in Russian].
- 10 Uranov, A.A. (1967). Ontogenez i vozrastnoi sostav populiatsii [Ontogenesis and age structures of communities]. Ontogenez i vozrastnoi sostav populiatsii tsvetkovykh rastenii [Ontogeny and age composition of populations]. Moscow: Nauka [in Russian].
- 11 Smirnova, O.V., Zaugolnva, L.B., Toropova, N.A., & Falikov, L.D. (1976). Kriterii vydeleniia vozrastnykh sostoianii i osobennosti hoda ontogeneza u rastenii raznykh biomorf [Selective criteria of age conditions and ontogenesis features in plants of different biomorphs]. Tsenopopuliatsii rastenii (osnovnye poniatiia i struktura) — Ceopopulation of plants (basic concepts and structures). Moscow: Nauka [in Russian].
- 12 Zhivotovskii, L.A. (2001). Ontogeneticheskie spektry, effektivnaia plotnost i klassifikatsiia populiatsii rastenii [Ontogenetic spectra, effective density and classification of plant populations]. Ekologiya — Ecology, 1, 3–7 [in Russian].
- 13 Zhukova, L.A. (1987). Dinamika populiatsii luhovykh rastenii v estestvennykh fitotsenozakh [Dynamics of meadow plant populations in natural phytocenoses]. Dinamika populiatsii travianistykh rastenii — Dynamics of communities of herbal plants. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
- 14 Romenska, O.V., & Netsvetov, M.V. (2016). The impact of anthropogenic factors on the age structure of *Adonis wolgensis* (Ranunculaceae) populations [The impact of anthropogenic factors on the age structure of *Adonis wolgensis* (Ranunculaceae) populations]. Ukrainskii botanicheskii zhurnal — Ukrainian Botanical Journal, 73(5), 440–452.
- 15 Ilina, V.N., & Saksonov, S.V. (2010). Nekotorye itohi izucheniia tsenopopuliatsii adonisa vesenneho i volzhskoho (*Adonis vernalis* L., *A. wolgensis* Stev.) v basseine Srednei Volhi [Some study results on the coenopopulations of *Adonis vernalis* L., *A. wolgensis* Stev. in the basin of the Middle Volga]. Biulleten Hlavnogo botanicheskoho sada — Bulletin of Main Botanical Garden, 196, 107–116 [in Russian].
- 16 Melnik, V.I., Shevchenko, D.Yu., & Gricenko, V.V. (2015). Ekologo-tsenotichni umovi miszczrozstan *Adonis wolgensis* Steven (*Ranunculaceae* Juss.) v Ukraïni [Ecological-coenotic conditions of habitat for *Adonis wolgensis* Steven (*Ranunculaceae* Juss.) in Ukraine]. Introduktsiia roslin — Plant Introduction, 4, 37–43 [in Ukrainian].

17 Davidenko, O.N., Nevskii, S.A., & Davidenko, T.N. (2016). Sostoianie populiatsii adonisa volzhskoho (*A. wolgensis* Stev.) v Saratovskoi oblasti [The state of *A. wolgensis* Stev. populations in the Saratov region]. *Izvestiia Saratovskoho universiteta. Novaia serii. Khimii. Biologii. Ekologii* — *Bulletin of Saratov University. New series. Chemistry, Biology, Ecology*, 16(2), 221–225 [in Russian].

18 Ermolaeva, N.N., Shilova, N.V., Petrova, N.A., & Popova, A.O. (2015). Sostoianie tsenopopuliatsii *Adonis wolgensis* v Saratovskoi oblasti [The state of *Adonis wolgensis* coenopopulations in the Saratov region]. *Bulleten Botanicheskoho sada Saratovskoho gosudarstvennogo universiteta* — *Bulletin of Botanical Garden of Saratov State University*, 13, 40–49 [in Russian].

Г.Ж. Султангазина<sup>1\*</sup>, А.Н. Куприянов<sup>2</sup>, О.А. Куприянов<sup>2</sup>, Е.Б. Раимбеков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова, Казахстан;

<sup>2</sup>Кузбасский ботанический сад; Федеральный исследовательский центр угля и углекислоты СО РАН, Кемерово, Россия

(\*E-mail: gul\_sultan@mail.ru)

## Онтогенез и структура ценопопуляций *Pulsatilla uralensis* в условиях Северного Казахстана

Изучение редких и исчезающих растений регионов Казахстана имеет важное практическое значение для сохранения биологического разнообразия и мониторинга состояния растительности. Одним из показателей состояния популяций является изучение структуры фаз развития растений. Цель исследования — проведение исследования этапов онтогенеза *Pulsatilla uralensis* (Zam.) Tzvel. на территории Северного Казахстана. В статье приведены итоги изучения возрастных особенностей онтогенеза и структуры ценопопуляций *Pulsatilla uralensis* на территории Костанайской области. Ценопопуляции *P. uralensis* приурочены к лесным опушкам или вторичным степным сообществам на месте старых гарей на почвах легкого механического состава. В онтогенезе выделено три периода и 8 возрастных состояний: проростки, ювенильное, имматурное, виргинильное, молодое, средневозрастное, старовозрастное генеративное, субсенильное состояния. Особенностью возрастных состояний *P. uralensis* по сравнению с сибирскими и якутскими популяциями является более раннее разделение корневищ на отдельные парцеллы с образованием рыхлого каудекса, наблюдаемое в средневозрастном генеративном состоянии. В разреженном сосновом лесу формируется нормальная популяция с преобладанием генеративных особей, относящаяся к зрелым популяциям с низким индексом восстановления. В популяциях, сформированных в условиях вторичной псаммофитной степи на месте сгоревшего соснового леса, произрастает левосторонняя инвазионная популяция с преобладанием имматурных и виргинильных особей, обладающая высоким индексом восстановления.

**Ключевые слова:** *Pulsatilla uralensis* (Zam.) Tzvel., ценопопуляции, Северный Казахстан, возрастная структура, онтогенез, жизненные формы.

### Введение

Изучение популяций редких и исчезающих растений в Казахстане необходимо для понимания современного их состояния, организации мониторинга и мероприятий по охране данных видов. Среди оценочных показателей важную роль играют онтогенетические исследования, так как изучение соотношения фаз онтогенеза является важным показателем не только современного состояния популяции растения, но и динамики развития в будущем.

В «Красной книге Казахстана» [1] приводится *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz. Эту комбинацию предложил С.В. Юзепчук (1937) во «Флоре СССР», но оказалось, что видовой эпитет «*flavescens*» в роде *Pulsatilla* уже был использован для другого вида, в этом случае «Кодексом ботанической номенклатуры» [2] предусматривается создание новой номенклатурной комбинации. Н.Н. Цвелев [3] предложил использовать название *Pulsatilla uralensis* (Zam.) Tzvel., для которого характерны околоцветники желтой гаммы окраски, узкие клиновидные к основанию листочки, черешок у верхней доли или очень короткий, или его нет.

Распространён *P. uralensis* в европейской части России, а именно Волжско-Камском районе, Южном Урале [3–5]. В Казахстане он встречается в Тобол-Ишимском, Семипалатинском боровом, Кокчетавском флористических районах, на севере Западного мелкосопочника и Тургайского флористического района [6]. Ценоареалы *P. uralensis*, в основном, приурочены к степным, опушечным фитоценозам на почвах легкого механического состава [3–5]. Особенностью Костанайской области является то, что *P. uralensis* с небольшим обилием встречается в сосновых лесах на песках и супесях [7]. Несмотря на довольно широкий ареал *P. uralensis*, встречается довольно редко, хозяйственное освоение территорий и, прежде всего, распашка земель привели к тому, что в Казахстане и некоторых субъектах Российской Федерации этот вид включен в «Красные книги» [1, 8–10]. Несмотря на редкость вида, сокращение численности популяций исследований биологических особенностей *P. uralensis* на территории Казахстана не проводилось.

Целью наших исследований являлось изучение онтогенеза и структуры популяций *P. uralensis* на территории Костанайской области.

#### Объекты и методика исследований

Объектом исследования были ценопопуляции *P. uralensis*, расположенные в Костанайской области. Для изучения ценопопуляций (ЦП) в мае 2018 и 2019 гг. подбирались участки с высокой плотностью цветущих особей. О.Е. Сушенцов [11], изучавший структуру популяций *P. uralensis* и *P. patens* на Урале, на большом статистическом материале показал, что между двумя этими видами образуется «серая зона» в виде переходных популяций, обладающих промежуточными значениями признаков. Поэтому выбирались только те ценопопуляции, в которых желтоцветковых особей было 100 %. Проводилось флористическое описание ЦП с указанием количества видов, общего и парциального проективного покрытия *P. uralensis*.

Границы популяции определяли общепринятыми методами [12], площадь изучалась с помощью GPS. Флористические описания проводились стандартным методом на площади 100 м<sup>2</sup>, оценивались видовой состав, общее и частное проективное покрытие каждого вида. Внутри популяции закладывалось 10 модельных площадок по 1 м<sup>2</sup>, на которых подсчитывалось количество особей всех возрастных состояний. В качестве счетной единицы использовали особь *P. uralensis* любого возрастного состояния. Возрастные состояния выделены, согласно методическим указаниям Т.А. Работнова [13], А.А. Уранова [14], О.В. Смирновой и других [12]. Поскольку проростки и ювенильные растения в полевых условиях найти не удалось, они описывались по экземплярам, полученным при посеве свежесобранными семенами. Тип ценопопуляции определяли по Т.А. Работнову [13], классификацию популяций по «дельта-омега» по Л.А. Животовскому [15].

Индекс возрастности ценопопуляции ( $\Delta$ ) вычисляется по формуле

$$\Delta = \sum K_i m_i / \sum K_i,$$

где  $\sum K_i$  — сумма растений всех возрастных состояний;  $m_i$  — возрастность особей [15].

Индекс эффективности ( $\omega$ ) определяли следующим образом:

$$\omega = \sum p_i e_i,$$

где  $p_i = n_i / n$  — доля растений  $i$ -того состояния в данной популяции;  $n_i$  — абсолютное число растений  $i$ -того состояния,  $n = \sum n_i$  — общее число растений;  $e_i$  — энергетическая эффективность.

Индекс восстановления ( $I$ ) определялся по формуле

$$I = \sum j \rightarrow v / \sum g1 \rightarrow g3,$$

где  $\sum j \rightarrow v$  — сумма растений всех возрастных состояний прегенеративного периода;  $\sum g1 \rightarrow g3$  — сумма растений всех возрастных состояний генеративного периода [16].

#### Результаты и обсуждение

**Латентный период.** Плод *P. uralensis* — многоорешек. Каждый орешек удлинненно-конический, заостренный, 3–4 мм длиной, с волосистой остью 15–20 мм дл. Созревание орешков происходит в конце мая. В середине июня они осыпаются. Орешки, снабженные остью, могут планировать на некоторое расстояние от материнского растения. На влажной почве они втыкаются в почву и в результате раскручивания ости ввинчиваются в почву на глубину до 2 см. Семенная продуктивность 140–170 орешков на плод. Реальная семенная продуктивность составляет в природных условиях 500–600 орешков, что согласуется с результатами, полученными у близкородственных видов [17, 18] (рис. 1).

**Виргинильный период.** Проростки (р). Семена не имеют периода покоя, они могут прорасти осенью, но чаще всего прорастают в конце апреля следующего года. Грунтовая всхожесть высокая, около 50 %, лабораторная — 85 %. Прорастание надземное, семядоли продолговатые короткочерешковые, из пазухи которых появляется двулопастной первый настоящий лист. Ниже семядолей располагается гипокотиль, переходящий в первичный стержневой корешок. В состоянии проростков формируется розеточный побег из 3–5 листочков разной сложности (рис. 2, р).

В ювенильном состоянии (j) формируется розеточный побег из 4–5(6) листьев, в основании которых закладываются почки возобновления. Листья трехраздельные, рассеченные на крупные доли, которые, в свою очередь, надрезаны на зубцы. Корневая система представлена стержневым корнем и многочисленными корнями второго порядка (рис. 2, j).

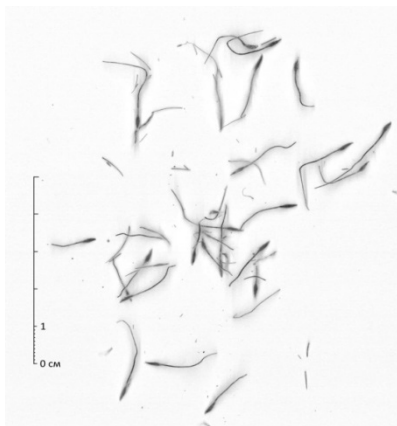


Рисунок 1. Плоды *P. uralensis*. Внешний вид



*p* — проростки; *j* — ювенильное состояние; *im* — имматурное состояние

Рисунок 2. Возрастные состояния *P. uralensis*

Е.А. Сивцева [19] обозначает жизненную форму *P. uralensis* в этих возрастных состояниях как растения со стержневой корневой системой, вегетативным моноподиально нарастающим розеточным побегом.

У имматурных особей (*im*) происходит формирование удлиненного корневища, с сохранением остатков прошлогодних листьев (по числу которых обычно определяется календарный возраст растений [20]). Сохраняется стержневой корень, который ветвится на глубине 5–7 см на корни второго порядка. Из почек возобновления, находящихся в пазухе нижних настоящих листьев, образуется 1–3 розеточных побегов. Листья трехраздельные, доли первого порядка трехлопастные (рис. 2, *im*).

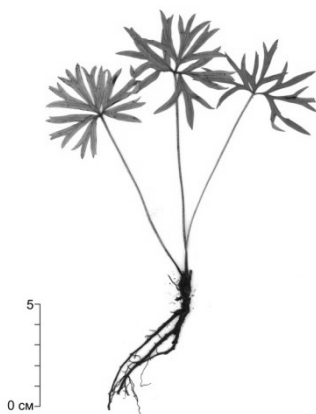


Рисунок 3. Возрастные состояния *P. uralensis*: *v* — виргинильное состояние

В виргинильном состоянии (*v*) происходит нарастание количества почек возобновления и розеточных модулей Н.А. Цыбанова [20] называет их узлами кущения), формирование вертикального корневища с многочисленными почками возобновления. У молодых виргинильных особей насчитывается 4–6 шт. листьев, на поздних стадиях их количество возрастает до 9–12 шт. (рис. 3, *v*).

**Генеративный период.** Первые цветки, характеризующие переход растений в молодое генеративное состояние (*g*<sub>1</sub>), появляются из верхушечной почки, из боковых пазушных почек, к концу цветения генеративного побега появляются 1–2 вегетативных розеточных побега. В молодом генеративном состоянии образуются 1–2 цветущих побега, высотой 15–17 см, при плодах увеличивается до 23–28 см. В этом возрасте отмечено разветвление корневища (рис. 4, *g*<sub>1</sub>).



Рисунок 4. Возрастные состояния *P. uralensis*: *g*<sub>1</sub>, *g*<sub>2</sub>, *g*<sub>3</sub> — генеративное состояние

В среднем генеративном состоянии (*g*<sub>2</sub>) корневище представлено многоглавым каудексом, продолжается его интенсивное ветвление на отдельные парцеллы. В отличие от *P. uralensis* и *Pulsatilla multifida* (G. Prinz.) Juz., в Якутии [19] ветвление корневищ происходит на глубине до 10 см, образуя несколько парциальных модулей. Каждый из них несет 1–3 генеративных побегов и 4–6 розеточных побегов, образующих рыхлую дернину (рис. 4, *g*<sub>2</sub>). В этом возрасте растение остается вегетивно малоподвижным, и мы не наблюдали корневых отпрысков, обнаруженных у *P. patens* [20].

У старовозрастных генеративных особей (*g*<sub>3</sub>) происходит полная или частичная мацерация корневища с образованием 3–6 парциальных кустов I-го порядка, которые образуют парциальные кусты II-го порядка. Образование вегетативных розеточных побегов продолжается, но снижается количество генеративных побегов, которые образуются не в каждом парциальном кусте (рис. 4, *g*<sub>3</sub>).

Субсенильные особи (*s*) представлены системой отмирающих корневищ, с одиночными вегетативными розетками. Листовые пластинки сохраняют видовую специфичность, но они более мелкие, количество зубцов на листьях уменьшается (рис. 5, *s*).

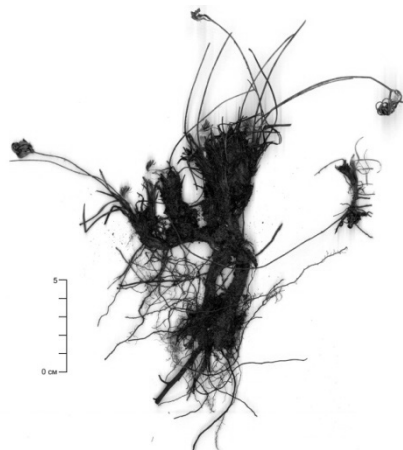


Рисунок 5. Возрастные состояния *P. uralensis*: *s* — субсенильная особь



Необходимо отметить, что имеются некоторые отличия возрастных состояний популяций *P. uralensis* в Северном Казахстане от якутских популяций [19]. Они касаются более раннего ( $g_2$ ) разделения корневищ на отдельные парцеллы с образованием рыхлого каудекса.

По классификации жизненных форм И.Г. Серебрякова [21], *P. uralensis* является многолетним травянистым коротко-стержневым многоглавым поликарпиком. В отличие от других видов, *Pulsatilla* Mill. *P. uralensis* характеризуется парциальной системой побегов, с разделением корневищ на значительной глубине почв.

Изучена возрастная структура двух ЦП *P. uralensis*, расположенных на территории Костанайской области:

ЦП-1. Костанайская обл., окр. с. Озерное, Новонеженское л-во, кв. 21, N52.43971°, E64.09279°,  $h = 213$  м н. у. м.; разреженный сосновый лес на песках. Площадь популяции — 2000 м<sup>2</sup>, ОПП — 40 %, ОПП *P. uralensis* — 20 %, сообщество насчитывает 21 вид. В сложении растительности наибольшее участие имеют: *Agropyron cristatum*, *Betula pendula*, *Centaurea ruthenica*, *Cerasus fruticosa*, *Eremogone longifolia*, *Festuca beckeri*, *Jurinea cyanoides*, *Otites wolgensis*, *Pinus sylvestris*, *Populus tremula*, *Ranunculus polyanthemos*, *Stellaria graminea*.

ЦП-2. Костанайская обл., окр. с. Щербаково, N53.20453°, E64.21550°,  $h = 193$  м н. у. м.; вторичная псаммофитная степь на месте сгоревшего соснового леса. Площадь популяции — 3000 м<sup>2</sup>, ОПП — 100 %, ОПП *P. uralensis* — 10 %, сообщество насчитывает 27 видов. В сложении растительности наибольшее участие имеют: *Achillea millefolium*, *A.setacea*, *Artemisia campestris*, *A. scoparia*, *Bromopsis inermis*, *Calamagrostis epigeios*, *Conioselinum tataricum*, *Helichrysum arenarium*, *Koeleria glauca*, *Melilotus officinalis*.

Ценопопуляции *P. uralensis* приурочены к лесным опушкам или вторичным степным сообществам на месте старых гарей на почвах легкого механического состава. Популяции не очень большие по площади, 2–3 тыс. шт./100 м<sup>2</sup>, их плотность 5–6 шт./м<sup>2</sup> (см. табл.), что вполне соответствует норме для корнестержневых многолетников [22].

В возрастных спектрах ЦП-1 наибольшая доля принадлежит генеративным особям, поэтому спектры правосторонние, одновершинные с максимумами на молодых и средневозрастных генеративных растениях (рис. 6), что вполне согласуется с результатами, полученными для других видов *Pulsatilla* [23].

Т а б л и ц а

Характеристика ценопопуляций *P. uralensis*

№ ЦП	ОПП, %	ОПП <i>P. uralensis</i> , %	Площадь ЦП, м <sup>2</sup>	Плотность особей, шт./1 м <sup>2</sup>	Количество особей в ЦП, шт.	$\Delta$	$\Omega$	I
ЦП-1	40	20	2000	6,10	$12,2 \times 10^3$	0,54	0,83	0,16
ЦП-2	100	10	3000	5,00	$15 \times 10^3$	0,35	0,74	0,53

В ЦП-2 доля иматурных и виргинильных особей составляет более 50 %, и возрастной спектр становится левосторонним, что связано с тем, что популяция сформировалась на вторичном экотопе и в отсутствии конкурентности со стороны других растений. В ценопопуляциях длительно живущих стержнекорневых многолетников могут доминировать средневозрастные генеративные особи в связи с наибольшей продолжительностью этого периода и наименьшей элиминацией в это время [24]. Всходы и ювенильные особи в популяциях не обнаружены (рис. 6).

Доля постгенеративных растений незначительна, что неоднократно отмечалось у стержнекорневых травянистых поликарпиков [23, 24].

Индекс возрастности оценивает онтогенетический уровень ЦП в конкретный момент времени. Он может иметь значения от 0 до 1,0. Чем выше его показатель, тем старше исследуемая ценопопуляция [14, 15]. Возрастность в ЦП-1 соответствует зрелым популяциям, а в ЦП-2 — молодым. Индекс эффективности (энергетическая нагрузка на среду, вызываемая «средним» растением [15]), в ЦП-1 составляет 0,83, в ЦП-2 — 0,74. По классификации популяций «дельта — омега» обе популяции относятся к зрелым.

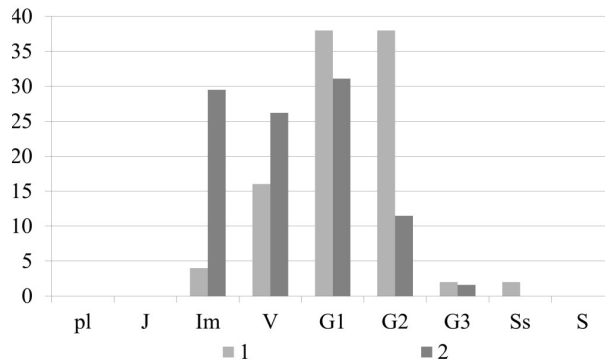


Рисунок 6. Структура популяций *P. uralensis*, %

Индекс восстановления определяется содержанием в популяциях доли особей прегенеративного периода и изменяется от 0 до 1,0. В ЦП-1 он очень низок и составляет 0,16, это свидетельствует о старении популяции. В ЦП-2 он достаточно высок — 0,53, что говорит об инвазионном характере популяции и ее неустойчивости.

### Заключение

*Pulsatilla uralensis* (Zam.) Tzvel. (= *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz.) относится к многолетним травянистым коротко-стержневым многоглавым поликарпикам. Он распространён в европейской части России (Волжско-Камский район, Южный Урал) а также в северо-западных областях Казахстана. Растения встречаются в степной зоне, местообитания приурочены к степным травянистым сообществам, степным борам и опушкам леса. Особенностью возрастных состояний *P. uralensis* в Северном Казахстане является разделение корневищ на глубине 10 см с образованием нескольких парциальных модулей и формированием рыхлого каудекса с полициклическими побегами.

На структуру ценопопуляций большое влияние оказывают условия формирования. В разреженном сосновом лесу оказывается нормальная популяция с преобладанием генеративных особей, относящаяся к зрелым популяциям с низким индексом восстановления.

В популяциях, сформированных в условиях вторичной псаммофитной степи на месте сгоревшего соснового леса, наблюдается левосторонняя инвазионная популяция с преобладанием иматурных и виргинильных особей, обладающая высоким индексом восстановления.

Результаты данных исследований могут использоваться для мониторинга степной растительности на особо охраняемых природных территориях Костанайской области.

*Работа выполнялась в рамках Проекта грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2018–2020 гг. № AP05132458 «Молекулярно-генетический анализ генофондов популяций редких видов растений Северного Казахстана» ( номер гос. регистрации 0118PK00404 и гос. задания № 0352–2016–0002 «Оценка состояния и охрана флористического разнообразия под влиянием антропогенных и техногенных факторов in situ и ex situ»; USU 508667 «Гербарий КузБС» (KUZ)).*

### Список литературы

- 1 Красная книга Казахстана. — Т. 2. Растения / гл. ред. И.О. Байтулин; отв. ред. Г.Т. Ситпаева. — 2-е изд. перераб. и доп. — Астана: «Арт-Print XXI» Ltd, 2014 — 452 с.
- 2 Международный кодекс ботанической номенклатуры (Венский кодекс). — М.; СПб., 2009. — 282 с.
- 3 Цвелев Н.Н. Триба 7. Anemoneae DC / Н.Н. Цвелев // Флора Восточной Европы. — М.; СПб.: Мир и семья, 2001. — Т. 10. — С. 77–95.
- 4 Куликов П.В. Определитель сосудистых растений Челябинской области / П.В. Куликов. — Екатеринбург: Ботсад УрО РАН, 2010. — 968 с.
- 5 Науменко Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья / Н.И. Науменко. — Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 2008. — 511 с.
- 6 Гамаюнова А.П. Род Прострел — *Pulsatilla* Mill. / А.П. Гамаюнова // Флора Казахстана. — Т. 4. — Алма-Ата, 1961. — С. 66–70.
- 7 Пугачев П.Г. Сосновые леса Тургайской впадины / П.Г. Пугачев. — Кустанай, 1994. — 408 с.

- 8 Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. — Екатеринбург: Баско, 2013. — 460 с.
- 9 Красная книга Свердловской области: Животные, растения, грибы. — Екатеринбург: Мир, 2018. — 450 с.
- 10 Красная книга Республики Башкортостан: [В 2 т.]. — Т. 1: Растения и грибы. — Уфа: Медиа-Принт, 2011. — 384 с.
- 11 Сушенцов О.Е. Структура популяций видов *Pulsatilla* (Ranunculaceae) на Урале / О.Е. Сушенцов // Бот. журн. — 2007. — Т. 92, № 4. — С. 493–505.
- 12 Смирнова О.В. Критерии выделения возрастных состояний и особенности хода онтогенеза у растений разных биоморф / О.В. Смирнова, Л.Б. Заугольнова, Н.А. Торопова, Л.Д. Фаликов // Ценопопуляции растений. (Основные понятия и структура). — М.: Наука, 1976. — С. 14–44.
- 13 Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в лесных ценозах / Т.А. Работнов // Тр. БИНа АН СССР. Сер. 3. — 1950. — Вып. 6. — С. 7–204.
- 14 Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических процессов / А.А. Уранов // Биологические науки. — 1975. — № 2. — С. 7–34.
- 15 Животовский Л.А. Онтогенетические спектры, эффективная плотность и классификация популяций растений / Л.А. Животовский // Экология. — 2001. — № 1. — С. 3–7.
- 16 Жукова Л.А. Динамика популяций луговых растений в естественных фитоценозах / Л.А. Жукова // Динамика ценопопуляций травянистых растений: сб. науч. тр. — Киев: Наук. думка, 1987. — С. 9–19.
- 17 Косюкова О.В. Семенное размножение *Pulsatilla patens* (L.) Mill. и *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. / О.В. Косюкова, Ю.А. Демочко, Н.А. Петрова, И.В. Шилова // Бюл. Бот. сада Саратов. ун-та. — 2014. — Т. 12, Вып. 1. — С. 110–119.
- 18 Панин А.В. Семенная продуктивность *Pulsatilla patens* (L.) Mill. и *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. в условиях г. Саратова / А.В. Панин, Л.П. Худякова // Репродуктивная биология редких и исчезающих растений: тез. докл. Всерос. науч. конф. — Сыктывкар: Коми науч. центр УрО РАН, 1999. — С. 124.
- 19 Сивцева Е.А. Модульная организация и модели побегообразования *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz и *Pulsatilla multifida* (G. Printz.) Juz. в Якутии / Е.А. Сивцева // Вестн. СВФУ им. М.К. Аммосова. — 2019. — № 2(70). — С. 19–25.
- 20 Цибанова Н.А. Жизненный цикл и возрастная структура ценопопуляций *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (Ranunculaceae) в Северной степи / Н.А. Цибанова // Бот. журн. — 1976. — Т. 61, № 9. — С. 1272–1276.
- 21 Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных / И.Г. Серебряков. — М.: Высш. шк., 1962. — 380 с.
- 22 Заугольнова Л.Б. Ценопопуляция растений (очерки популяционной биологии) / Л.Б. Заугольнова, Л.А. Жукова, А.С. Комаров, О.В. Смирнова. — М.: Наука, 1988. — 184 с.
- 23 Шаповалова А.А. Динамика возрастной структуры прострела лугового (*Pulsatilla pratensis* Mill.) в Балашовском районе Саратовской области / А.А. Шаповалова // Экосистемы. — 2016. — Вып. 8. — С. 59–62.
- 24 Заугольнова Л.Б. Типы возрастных спектров нормальных ценопопуляций растений / Л.Б. Заугольникова // Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). — М.: Наука, 1976. — С. 81–92.

Г.Ж. Султангазина, А.Н. Куприянов, О.А. Куприянов, Е.Б. Раимбеков

### Солтүстік Қазақстандағы *Pulsatilla uralensis* онтогенезі және ценопопуляцияның құрылымы

Қазақстан өңірлерінің сирек кездесетін және жойылып бара жатқан өсімдіктерін зерттеу биологиялық әртүрлілікті сақтауда және өсімдіктер жай-күйінің мониторингі үшін практикалық маңызы зор. Популяция жағдайының көрсеткіштерінің бірі өсімдіктердің даму кезеңдерінің құрылымын зерттеу болып табылады. Зерттеудің мақсаты — Солтүстік Қазақстан аумағындағы *Pulsatilla uralensis* (Zam) онтогенезінің кезеңдерін зерттеу. Мақалада Қостанай облысы аймағындағы *Pulsatilla uralensis* (Zam.) Tzvel. ценопопуляциясының құрылымы және онтогенездің жас ерекшеліктерін зерттеудің қорытындысы берілген. *P. uralensis* ценопопуляциясы механикалық құрамы жеңіл топырақтардағы ескі өртендердің орнына орман отырғызу немесе қайталама дала қауымдастықтарын құру қарастырылған. Онтогенез үш кезеңге және 8 жас жағдайына бөлінген: өскіндер, ювенильді, имматурлы виргинилді, жас, орта жастағы, ескі жастағы генеративті, қосалқы жағдай. Сібір және якут популяцияларымен салыстырғанда *P. uralensis*-тің жасқа байланысты күйінің ерекшелігі — орта жастағы генеративті күйде байқалатын жеке парцеллаларда неғұрлым ерте бөлінген тамыр сабақтар мен борпылдақ каудекстің пайда болуы. Кесілген қарағайлы орманда генеративтік дарактардың басым болуымен қалыпты популяция қалыптасады, бұл қалпына келу индексі төмен жетілген популяцияларға қатысты болады. Популяция қайталама пессамофитті дала жағдайында өртенген қарағай орманының орнына қалыптастырылған, қалпына келу индексі жоғары инвазионды популяцияның сол жағында имматурлы және виргинилді дарактар қалыптасады.

*Кілт сөздер:* *Pulsatilla uralensis*, (Zam.) Tzvel., ценопопуляция, Солтүстік Қазақстан, жас құрылымы, онтогенез, тіршілік формалары.

G.J. Sultangazina, A.N. Kuprijanov, O.A. Kuprijanov, E.B. Raimbekov

**The ontogenesis and structure of coenopopulations of *Pulsatilla uralensis* in the conditions of Northern Kazakhstan**

The age features of ontogenesis and the structure of coenopopulations of *Pulsatilla uralensis* (Zam.) Tzvel., on the territory of Kostanay region were studied. Coenopopulations of *P. uralensis* are confined to forest edges or secondary steppe communities on the site of old hares on soils of light mechanical composition. There are three periods and 7 age States in ontogeny: seedlings, juvenile, immature virginal, young, middle-aged, old-age generative, and sub-senile states. A feature of the age states of *P. uralensis* in comparison with the Siberian and Yakut populations is the earlier division of rhizomes into separate parcels with the formation of a loose caudex, observed in the middle-aged generative state. In a sparse pine forest, a normal population is formed with a predominance of generative individuals, belonging to mature populations with a low recovery index. Populations formed in the conditions of secondary psammophytic steppe on the site of a burned pine forest, a left-sided invasive population is formed with a predominance of immature and virginal individuals, which has a high recovery index.

**Keywords:** *Pulsatilla uralensis* (Zam.) Tzvel., coenopopulations, Northern Kazakhstan, age structure, ontogenesis, life forms.

## References

- 1 Krasnaia kniha Kazakhstana. Rasteniiia [Red Book of Kazakhstan. Plants]. (2014). (Vol. 2, 2nd ed.). Astana: «Art-Print XXI» Ltd [in Russian].
- 2 Mezhdunarodnyi kodeks botanicheskoi nomenklatury (Venskii kodeks) [International Code of Botanical Nomenclature (the Vienna Code)]. (2009). Moscow; Saint Petersburg [in Russian].
- 3 Czvelev, N.N. (2001). Triba 7. Anemoneae DC. [Tribe 7. Anemoneae DC.]. *Flora Vostochnoi Evropy — Flora of Eastern Europe*. Moscow; Saint Petersburgs: Mir i semia, 10, 77–95 [in Russian].
- 4 Kulikov, P.V. (2010). *Opredelitel sosudistykh rastenii Cheliabinskoi oblasti [Determinator of vascular plants in the Chelyabinsk region]*. Ekaterinburg: Botsad URO RAN [in Russian].
- 5 Naumenko, N.I. (2008). *Flora i rastitelnost Yuzhnoho Zauralia [Flora and vegetation of the southern Trans-Urals]*. Kurgan: Kurgan State Univ. Publ. [in Russian].
- 6 Gamaiunova, A.P. (1961). Rod Prostrel — Pulsatilla Mill. [The Pulsatilla genus — Pulsatilla Mill.]. *Flora Kazakhstana — Flora of Kazakhstan* (Vol. 4). Alma-Ata [in Russian].
- 7 Pugachev, P.G. (1994). *Sosnovye lesa Turhaiskoi vpadiny [Pine forests of the Turgay depression]*. Kustanai [in Russian].
- 8 Krasnaia kniha Hanty-Mansiiskoho avtonomnoho okruha — Yuhry [The Red Book of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug — Ugra]. (2013). Ekaterinburg: Basko [in Russian].
- 9 Krasnaia kniha Sverdlovskoi oblasti: Zhivotnye, rasteniia, hriby [Red Book of Sverdlovsk Region: Animals, Plants, and Mushrooms]. (2018). Ekaterinburg: Mir [in Russian].
- 10 Krasnaia kniha Respubliki Bashkortostan: [V 2 t.]. T. 1: Rastenii i hriby [The Red Book of the Republic of Bashkortostan. (2 Vols., Vol. 1). Plants and fungi]. (2011). Ufa: Media-Print [in Russian].
- 11 Sushencov, O.E. (2007). Struktura populiatsii vidov *Pulsatilla* (Ranunculaceae) na Urale [Population Structure of *Pulsatilla* (Ranunculaceae) species in the Urals]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 92(4), 493–505 [in Russian].
- 12 Smirnova, O.V., Zaugolnova, L.B., Toropova, N.A. & Falikov, L.D. (1976). Kriterii vydeleniia vozrastnykh sostoianii i osobennosti khoda ontogeneza u rastenii raznykh biomorf [The selection criteria of age-related conditions and characteristics of the course of the ontogenesis of plants of various biomorph]. *Tsenopopuliatsii rastenii. (Osnovnye poniatiia i struktura) — Coenopopulation of plants. (Main definitions and structure)*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 13 Rabotnov, T.A. (1950). Zhiznennyi tsikl mnoholetnikh travianistykh rastenii v lesnykh tsenozakh [Life cycle of perennial herbaceous plants in forest cenoses]. *Trudy BIN AN SSSR. Serii 3. — Works of Botanical Institute, Series 3*, 7–204 [in Russian].
- 14 Uranov, A.A. (1975). Vozrastnoi spektr fitotsenopopuliatsii kak funktsiia vremeni i enerheticheskikh protsessov [Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes]. *Biologicheskie nauki — Biological Science*, 2, 7–34. [in Russian].
- 15 Zhivotovskii, L.A. (2001). Ontogeneticheskie spektry, effektivnaia plotnost i klassifikatsiia populiatsii rastenii [Ontogenetic states, effective density, and classification of plant populations]. *Ekologiya — Ecology*, 1, 3–7 [in Russian].
- 16 Zhukova, L.A. (1987). Dinamika populiatsii luhovykh rastenii v estestvennykh fitotsenozakh [Dynamics of meadow plant populations in natural phytocenoses]. *Dinamika populiatsii travianistykh rastenii — Dynamics of population of herbal plants*. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
- 17 Kosiukova, O.V., Demochko, Ju.A., Petrova, N.A., & Shilova, I.V. (2014). Semennoe razmnozhenie *Pulsatilla patens* (L.) Mill. i *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. [Seed propagation of *Pulsatilla patens* (L.) Mill. and *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill.]. *Bulleten Botanicheskogo sada Saratovskoho universiteta — Bulletin of Botanical Garden of Saratov University*, 12(1), 110–119 [in Russian].
- 18 Panin, A.V., & Hudiakova, L.P. (1999). Semennaia produktivnost *Pulsatilla patens* (L.) Mill. i *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. v usloviiah h. Saratova [Seed productivity of *Pulsatilla patens* (L.) Mill. and *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. in the conditions of the

city of Saratov]. Proceedings from Reproductive biology of rare and disappeared plants: *Vserossiiskaia nauchnaia konferentsiia — Allrussian scientific conference*. (p. 124). Syktyvkar: Komi sci. centre of Ural branch of Rus. acad. of sci. [in Russian].

19 Sivceva, E.A. (2019). Modulnaia orhanizatsiia i modeli pobehoobrazovaniia *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz i *Pulsatilla multifida* (G. Printz.) Juz. v Yakutii [Modular organization and models of shoot formation of *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz and *Pulsatilla multifida* (G. Prints.) Juz. in Yakutia]. *Vestnik SVFU — Bulletin of SVFU*, 2(70), 19–25 [in Russian].

20 Cibanova, N.A. (1976). Zhiznennyi tsikl i vozrastnaia struktura tsenopopuliatsii *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (*Ranunculaceae*) v Severnoi stepi [Life cycle and age structure of coenopopulations of *Pulsatilla patens* (L.) Mill. (*Ranunculaceae*) in the Northern steppe]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 61(9), 1272–1276 [in Russian].

21 Serebriakov, I.G. (1962). *Ekolohicheskaia morfolohiia rastenii. Zhiznennye formy pokrytosemennykh i khvoinykh [Ecological morphology of plants. Life forms of angiosperms and conifers]*. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].

22 Zaugolnova, L.B., Zhukova, L.A., Komarov, A.S., & Smirnova, O.V. (1988). *Tsenopopuliatsiia rastenii (ocherki populiatsionnoi biologii) [The Coenopopulations of Plants. Essays of Population Biology]*. Moscow: Nauka [in Russian].

23 Shapovalova, A.A. (2016). Dinamika vozrastnoi struktury prostrela luhovoho (*Pulsatilla pratensis* Mill.) v Balashovskom raione Saratovskoi oblasti [Dynamics of the age structure of the lumbago meadow (*Pulsatilla pratensis* Mill.) in the Balashov district of the Saratov region]. *Ekosistemy — Ecosystems*, 8, 59–62 [in Russian].

24 Zaugolnova, L.B. (1976). Tipy vozrastnykh spektrov normalnykh tsenopopuliatsii rastenii [Types of age spectra of normal plant coenopopulations]. *Tsenopopuliatsii rastenii. (Osnovnye poniatii i struktura) — Coenopopulations of plants. (The main definitions and structure)*. Moscow: Nauka [in Russian].

S.U. Tleukenova<sup>1\*</sup>, D.Sh. Baigarayev<sup>1</sup>, S.N. Atikeyeva<sup>2</sup>, A.K. Ramazanov<sup>1</sup>,  
H.A. Gavrilkova<sup>1</sup>, R.T. Musina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan;

<sup>2</sup>University «Turan-Astana», Nur-Sultan, Kazakhstan

(\*E-mail: damir--6@mail.ru)

## Development of methods of cryopreservation of *Verbascum officinalis*' seeds

Introduction into the cryogenic collection of medicinal plant seeds allows maintaining their viability for a long time. However, there are no universal protocols for freezing seeds of plants; so for each species, the freezing and defrosting conditions need to be selected individually. The purpose of the present studies is to determine the main conditions for cryopreservation of the seeds of the medicinal plant *Verbascum officinalis*. During the development of the cryopreservation condition, optimal freezing containers, defrosting temperature, pre-freezing humidity of seeds and optimal cryoprotectors were selected. The results of the studies showed that the maximum germination rates of seeds and germination energy were obtained using plastic containers, seeds humidity of 3 %, defrosting in a water bath. The optimal cryoprotector is DMSO in concentration 5 %. The results made it possible to introduce *Verbascum officinalis* into the cryogenic collection of seeds of medicinal plants.

**Keywords:** medicinal plant, *Verbascum officinalis*, germination rate, energy of germination, seed humidity, cryopreservation, type of container, defrosting, cryoprotectors.

### Introduction

Kazakhstan has adopted a policy of developing the main industries, one of which is pharmaceutical. In the Republic, the total production of medicines can meet the needs of the population at the level of 7–10 %. The rest of the medicines are imported from the countries of the near and far abroad [1].

The development of the medicinal plant industry poses a large number of tasks for researchers, including the organization of a seed storage system.

Seed storage is a complex process, during which it is necessary to ensure satisfactory germination and seed germination energy for as long as possible [2–4].

During storage, the seeds continue to undergo physiological processes of respiration, metabolism, oxidation, and others. The cells and intercellular space accumulate decay products, free radicals, which contribute to cell aging and reduce seed germination [5, 6].

In recent decades, cryopreservation has been a promising direction for preserving plant seeds. Storage in liquid nitrogen (or vapors of liquefied nitrogen) almost completely inhibits the physiological processes in the body, thereby preventing the accumulation of radicals and decay products, providing an almost unlimited storage period [7, 8].

Therefore, for the organization of the seed storage system, it is necessary to optimize a number of factors, such as freezing conditions (shock or step cooling), freezing containers (plastic, metal or paper), thawing conditions, the type and concentration of cryoprotectors.

The purpose of this study is to determine the degree of survival of the seed material of *Verbascum officinalis* depending on the conditions of cryopreservation.

### Objects and methodology

The object of research was the seed material and seedlings of plants *Verbascum officinalis*. The seeds were collected on the collection of natural flora of the Mangyshlak experimental Botanical garden and 2017–2020. The research was conducted on the basis of the laboratory of biotechnology and molecular genetics of the faculty of biology and geography of E.A. Buketov Karaganda State University.

The seed material was dried to various degrees of humidity, Packed in paper containers and stored for 2.5 years. Quarterly samples were taken and evaluated for germination and germination energy.

The study of germination and seed germination energy was carried out according to the methodological instructions of M.S. Zorina and S.P. Kabanov [9], M.V. Maltseva [10]. The morphology of seeds and seed-

lings was studied using a binocular microscope MBS-1 in laboratory conditions at a magnification of 40–80 times. Seeding was performed on Petri dishes on 2-layer filter paper moistened with distilled water.

When organizing a cryopreservation experiment, seeds were divided into batches and packed in 2 types of containers: plastic and aluminum foil bags (Fig. 1).



Figure 1. Containers for cryopreservation: *A* — plastic; *B* — foil

Seeds in a container were frozen in a Dewar vessel for 1 month. During organizing cryopreservation, we used the guidelines of I.F. Zhimulev [11], V.L. Tikhonova [12], Dodonova and co-authors [13].

Thawing of seeds was carried out in two ways: 1) fast defrosting in a water bath at a temperature of 60–70 °C; 2) slow defrosting at room temperature, 20–24 °C. In order to determine the optimal moisture content of seeds for freezing at supercritical low temperatures, we have laid the appropriate experiments. We have frozen three types of seeds with humidity 3; 7 and 12 %.

As the last group of experiments we studied the influence of cryoprotectors of different concentrations. The control was seeds that were frozen without the use of cryoprotectors.

Statistical processing of the results was carried out according to the method of N.L. Udolskaya [14] using the Microsoft Excel 2010 software package.

#### Results and discussion

*Verbascum officinalis*' seeds are small; 0.8–0.9 mm long and 0.3–0.4 mm wide. The weight of 1000 pieces is 0.17–0.18 g. Form of seed is round-elliptical, the spout is obtuse; surface is rough. Color is from light brown to dark brown.

When performing the research, we examined two containers—plastic test tubes and aluminum foil bags. In the experiment, we used *Verbascum officinalis*' seeds with a period of storage 2 years. The initial seed germination rate was 45.3 %, and energy of germination was 33.0 %. The results showed that the germination of seeds after cryopreservation was higher than before freezing (Table 1).

Table 1

#### Germination rate and energy of germination of *Verbascum officinalis*' seeds depending on the container after cryopreservation

The conditions of the experiment	Germination rate, %	Energy of germination, %
Control (seeds without freezing, after 2 years of storage)	45.3±0.8	33.0±0.6
Seeds after cryopreservation, frozen in plastic containers	66.3±3.0	54.0±1.9
Seeds after cryopreservation, frozen in foil containers	68.8±3.2	60.4±2.7

The results of cryopreservation showed that after using plastic containers, the germination rate was 66.3 % that was on 21.0 % higher than in the control. The germination energy in this version of the experiment was 54.0 %, which was also 21.0 % higher than the control data. The study of the dynamics of germination of *Verbascum officinalis* showed that after cryopreservation, there was a lag at the beginning of germination for 1–2 days (Fig. 2).

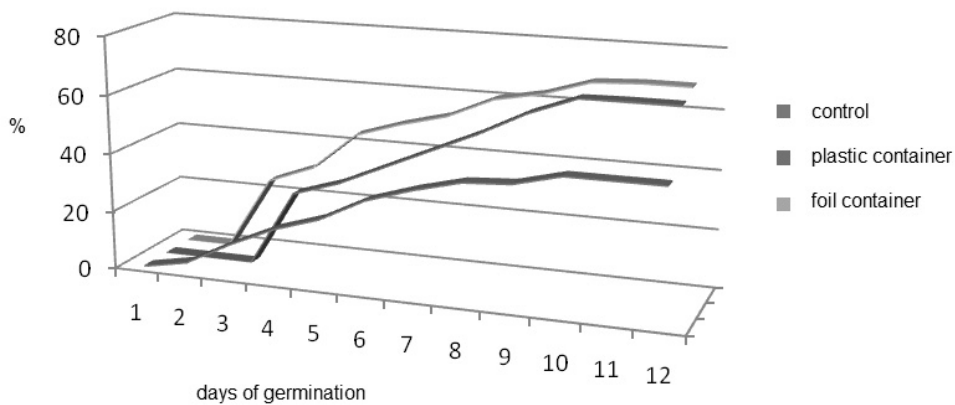


Figure 2. Dynamics of germination of *Verbascum officinalis* seeds depending on the type of container

Thus, the results of research have shown that the seeds of *Verbascum officinalis* well tolerate to cryopreservation. The best container for freezing in liquid nitrogen is an aluminum foil container.

One of the most important conditions for maintaining the viability of seeds after freezing in liquid nitrogen is proper defrosting. We repeated experiments using two types of containers and two types of defrosting (Table 2).

Table 2

**Germination rate and energy of germination of *Verbascum officinalis* seeds depending on types of containers and thawing conditions**

The conditions of the experiment	Germination rate, %	Energy of germination, %
Control (seeds without freezing, after 2 years of storage)	45.3±0.8	33.0±0.6
Seeds after cryopreservation, freezing in plastic containers, defrosting at room temperature	66.3±3.0	54.0±1.9
Seeds after cryopreservation, freezing in foil containers, thawing at room temperature	68.8±3.2	60.4±2.7
Seeds after cryopreservation, freezing in plastic containers, thawing in a water bath	72.5±2.8	54.0±1.6
Seeds after cryopreservation, freezing in foil containers, thawing in a water bath	66.3±2.2	50.1±1.5

Our results showed that the maximum results were obtained in the experiment variant with using of plastic container and thawed in the water bath: germination rate was 72.5 %; energy of germination — 54.0 %.

The results of cryopreservation seed with different humidity showed that the maximum results were for variant with minimum humidity — 3 % (Table 3).

Table 3

**Indicators of germination rate and energy of germination of *Verbascum officinalis* seeds depending on the humidity**

Humidity, %	Germination rate, %	Energy of germination, %
12	30.4±0.3	19.0±0.2
7	56.8±2.0	41.0±0.8
3	70.5±3.6	64.3±2.2

So, in this variant the germination rate after cryopreservation was 70.5 % and energy of germination was 64.3 %. In this variant of the experiment, the germination rate was on 40.1 % higher than in variant with humidity 12 %; and on 13.7 % higher than in variant with seed humidity 7 %.

Thus, for cryopreservation, it is necessary to dry the seed material until humidity 3 %.



As the last group of experiments we studied the influence of cryoprotectors of different concentrations: glucose, 20 and 40 %; fructose, 20 and 40 %; sucrose 20 and 40 %; glycerin, 10, 20 and 40 %; EDTA, 5 and 10 % (Table 4).

Table 4

**Germination rate and energy of germination of *Verbascum officinalis*' seeds after application of different cryoprotectors**

The variant of the experiment	Germination rate, %	The excess over the control, %	Energy of germination, %	The excess over the control, %
Control, without cryoprotectors	72.4±2.8	–	66.0±3.0	–
Glucose 20 %	70.5±3.2	–1.9	58.9±1.5	–7.1
Glucose 40 %	71.3±3.4	–1.1	69.0±2.3	+3.0
Sucrose 20 %	75.6±3.7	+3.2	60.5±2.4	–5.5
Sucrose 40 %	65.8±2.4	–6.6	54.4±1.7	–11.9
Glycerin 10 %	77.8±3.0	+5.4	70.1±3.1	+4.1
Glycerin 20 %	74.2±3.3	+1.8	70.5±3.3	+4.5
Glycerin 40 %	50.5±0.9	–21.9	45.0±0.7	–6.2
EDTA 5 %	81.3±3.7	+8.9	70.2±3.5	+4.2
EDTA 10 %	68.0±3.0	–4.4	55.8±1.8	–10.2

The use of EDTA at a concentration 5 % allowed increasing germination rate until 81.3 % that was on 8.9 % higher than the control variant. Results, which were higher than in the control variants, were conducted with using sucrose at the concentration 20 %, glycerin at the concentration 10 % and 20 %. In other variants of the experiment, germination rate and energy of germination were lower than the control parameters.

Thus, the final experiments showed that the use of some cryoprotectors had the positive effect on increasing the germination rate and energy of germination. The best option for *Verbascum officinalis*' seeds is to use EDTA at a concentration 5 %.

#### Conclusion

Freezing the seeds of *Verbascum officinalis* in liquid nitrogen allowed to maintain the viability of the seed material. The best option for cryopreservation is freezing in plastic containers. The best results of survival of *Verbascum officinalis*' seeds were noted with rapid defrosting in a water bath (at temperature 60–70 °C); and using seed material with humidity 3 %.

The using of some cryoprotectors may increase the results of germination rate and energy of germination. The best results were obtained for application DMSO in concentration 5 %.

According to the results of the study, the seed material of *Verbascum officinalis* was introduced into the seed cryo collection of medicinal plants.

*The research was carried out within the framework of internal grant of E.A. Buketov Karaganda State University № 218-B-19 «Cryopreservation of vegetative and animal biological materials for development algorithm of storage of viability and creation of bank of frozen samples».*

#### References

- 1 Фармацевтический рынок Казахстана: история, основные направления развития и текущее состояние. — Алматы, 2015. — 36 с.
- 2 Созинов А.В. Семеноводство и сертификация семян: метод. указ. для лаб.-практ. занятий / А.В. Созинов. — Ленинково: КГСХА, 2014. — 56 с.
- 3 Методические указания по семеноведению интродуцентов. — М.: Наука, 1980. — 64 с.
- 4 Овчаров К.Е. Разнокачественность семян и продуктивность растений / К.Е. Овчаров, Е.Г. Кизилов. — М.: Колос, 1966. — 160 с.
- 5 Николаева М.Г. Биология семян / М.Г. Николаева, И.В. Лянгузова, Л.М. Позднова. — СПб., 1999. — 232 с.
- 6 Николаева М.Г. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / М.Г. Николаева, Н.В. Обручева. — М.: Колос, 1982. — 496 с.
- 7 Kholina A.B. Seed cryopreservation of some medicinal legumes / A.B. Kholina, N.M. Voronkova // Journal of Botany. — 2012. — Vol. 2012. — 7 p. — URL: <https://doi.org/10.1155/2012/1869891>.

8 Pritchard H.W. Cryopreservation of Seeds // Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols. Methods in Molecular Biology / H.W. Pritchard. — Totowa: Humana Press, 1995. — Vol. 38. — 133 p. — URL: <https://doi.org/10.1385/0-89603-296-5:133>.

9 Зорина М.С. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов / М.С. Зорина, С.П. Кабанов // Методики интродукционных исследований в Казахстане. — Алма-Ата: Наука, 1986. — С. 75–85.

10 Мальцева М.В. Пособие по определению посевных качеств семян лекарственных растений / М.В. Мальцева. — М., 1950. — 56 с.

11 Жимулев И.Ф. Криохранение семян: итоги и перспективы / И.Ф. Жимулев. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. — 112 с.

12 Тихонова В.Л. Жизнеспособность семян некоторых видов дикорастущих лекарственных растений при глубоком и неглубоком замораживании / В.Л. Тихонова, Е.В. Шугаева, В.М. Фирсанова // Растительные ресурсы. — 1996. — Т. 32, Вып. 3. — С. 43–50.

13 Додонова А.Ш. Рекомендации по криосохранению семенного материала лекарственных и эндемичных видов растений / А.Ш. Додонова, М.Ю. Ишмуратова, Е.А. Гаврилькова, С.У. Тлеукунова. — Караганда: Полиграфист, 2017. — 120 с.

14 Удольская Н.Л. Методика биометрических расчетов / Н.Л. Удольская. — Алма-Ата: Наука, 1976. — 45 с.

С.У. Тлеукунова, Д.Ш. Байгараев, С.Н. Атикеева, А.К. Рамазанов,  
Е.А. Гаврилькова, Р.Т. Мусина

### ***Verbascum officinalis* тұқымын криоконсервациялау әдісін әзірлеу**

Дәрілік өсімдіктерді криогендік тұқым жинағына енгізу олардың өміршеңдігін ұзақ уақыт сақтауға мүмкіндік береді. Алайда, өсімдік тұқымдарын мұздатудың әмбебап хаттамалары жоқ, яғни әр түрі үшін мұздату және жібіту шарттары жеке таңдалуы керек. Бұл зерттеудің мақсаты — *Verbascum officinalis* дәрілік өсімдігінің тұқымдарын криоконсервациялаудың негізгі шарттарын анықтау. Криоконсервация жағдайын жасау кезінде мұздатуға арналған оңтайлы контейнер, еріту температурасы, мұздату алдындағы тұқымның ылғалдылығы және оңтайлы криопротекторлар таңдалды. Зерттеу нәтижелері тұқымның өнгіштігі мен өну энергиясының ең жоғары көрсеткіштері пластикалық ыдысты қолдану, тұқымның ылғалдылығы 3 % су моншасында жібіту кезінде алынғанын көрсетті. Оңтайлы криопротектор 5 % концентрациядағы ДМСО болып табылады. Алынған нәтижелер дәрілік өсімдіктердің тұқымдарының криоколлекциясына *Verbascum officinalis* енгізуге мүмкіндік берді.

*Кілт сөздер:* дәрілік өсімдік, *Verbascum officinalis*, тұқымның өнгіштігі, өну энергиясы, тұқымның ылғалдылығы, криоконсервация, ыдыстың түрі, жібіту, криопротекторлар.

С.У. Тлеукунова, Д.Ш. Байгараев, С.Н. Атикеева, А.К. Рамазанов,  
Е.А. Гаврилькова, Р.Т. Мусина

### **Разработка метода криоконсервации семян *Verbascum officinalis***

Введение в криогенную коллекцию семян лекарственных растений позволяет сохранять их жизнеспособность длительное время. Однако не существует универсальных протоколов замораживания семян растений, то есть для каждого вида условия замораживания и размораживания нужно подбирать индивидуально. Цель настоящего исследования — определить основные условия криоконсервации семян лекарственного растения *Verbascum officinalis*. При разработке условия криоконсервации выбрали оптимальную тару для замораживания, температуру для размораживания, влажность семян перед заморозкой и оптимальные криопротекторы. Результаты исследований показали, что максимальные показатели всхожести семян и энергии прорастания получены при применении пластиковой тары, влажности семян 3 %, размораживании на водяной бане. Оптимальным криопротектором является ДМСО в концентрации 5 %. Полученные результаты позволили ввести *Verbascum officinalis* в криоколлекцию семян лекарственных растений.

*Ключевые слова:* лекарственное растение, *Verbascum officinalis*, всхожесть семян, энергия прорастания, влажность семян, криоконсервация, тип тары, размораживание, криопротекторы.

## References

1 *Farmatsevticheskiy rynek Kazakhstana: istoriia, osnovnye napravleniia razvitiia i tekushchee sostoianie [Pharmaceutical market of Kazakhstan: history, basic direction and current state].* (2015). Almaty [in Russian].

- 2 Sozinov, A.V. (2014). *Semenovodstvo i sertifikatsiia semian: metodicheskie ukazaniia dlia laboratorno-prakticheskikh zaniatii* [Seed production and certification of seeds: guidelines for laboratory and practical training]. Lesnikovo: KGSCA [in Russian].
- 3 *Metodicheskie ukazaniia po semenovedeniiu introdutsentov* [Manual for seed breeding of introduced plants]. (1980). Moscow: Nauka [in Russian].
- 4 Ovcharov, K.E., & Kizilov, E.G. (1966). *Raznokachestvennost semian i produktivnost rastenii* [Different quality of seeds and plant productivity]. Moscow: Kolos [in Russian].
- 5 Nikolaeva, M.G., Lyanguzova, I.V., & Pozdnova, L.M. (1999). *Biologiia semian* [Seed biology]. Saint Petersburg [in Russian].
- 6 Nikolaeva, M.G., & Obrucheva, N.V. (1982). *Fiziologiia i biohimiia pokoia i prorstaniia semian* [Physiology and biochemistry of seed germination]. Moscow: Kolos [in Russian].
- 7 Kholina, A.B., & Voronkova, N.M. (2012). Seed cryopreservation of some medicinal legumes. *Journal of Botany*, 2012, 7, URL: <https://doi.org/10.1155/2012/1869891>
- 8 Pritchard, H.W. (1995). Cryopreservation of Seeds. *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols. Methods in Molecular Biology*, 38, 133. Totowa: Humana Press. URL: <https://doi.org/10.1385/0-89603-296-5:133>.
- 9 Zorina, M.S., & Kabanov, S.P. (1986). Opredelenie semennoi produktivnosti i kachestva semian introdutsentov [Determination of seed productivity and quality of seeds of introduced plants]. *Metodiki introduktsionnykh issledovaniy v Kazakhstane — Methodology of introduction study in Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 10 Malceva, M.V. (1950). *Posobie po opredeleniiu posevnykh kachestv semian lekarstvennykh rastenii* [Manual for determining the sowing qualities of medicinal plant seeds]. Moscow [in Russian].
- 11 Zhimulyev, I.F. (2014). *Kriokhraneniie semian: itohi i perspektivy* [Cryopreservation of seeds: results and perspectives]. Novosibirsk: Siberian Department of RAS Publ. [in Russian].
- 12 Tikhonova, V.L., Shugayeva, E.G., & Firsanova, B.M. (1996). Zhiznesposobnost semian nekotorykh vidov dikorastushchikh lekarstvennykh rastenii pri hlubokom i nehlubokom zamorazhivaniy [Viability of seeds of some wild medicinal plants for deep and non-deep freezing]. *Rastitelnye resursy — Plant Resources*, 32(3), 43–50 [in Russian].
- 13 Dodonova, A.Sh., Ishmuratova, M.Yu., Gavrilkova E.A., & Tleukenova, S.U. (2017). *Rekomendatsii po kriosokhraneniuiu semennogo materiala lekarstvennykh i endemichnykh vidov rastenii* [Recommendations for the preservation of seed material of medicinal and endemic plant species]. Karaganda: Polihrafist [in Russian].
- 14 Udolskaya, N.L. (1976). *Metodika biometricheskikh raschetov* [Biometric Calculation Methodology]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].

Ж.Б. Саби́ров<sup>1,2\*</sup>, М.А. Мукашева<sup>2</sup>, А.Б. Ешмагамбетова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт общественного здравоохранения профессионального здоровья НАО «МУК», Караганда, Казахстан;

<sup>2</sup>Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, Казахстан

(\*E-mail: audacious\_zap@mail.ru)

### **Изучение роли цинка в образовании хромосомных aberrаций с помощью расчетного метода оценивания**

Структурные изменения хромосом, проявляющиеся вследствие химического мутагенеза, как показывают исследования, зачастую вызваны высокими концентрациями тяжелых металлов в воздухе и пыли промышленных городов. Целью статьи явилось изучение роли цинка в образовании хромосомных aberrаций. Исследована частота встречаемости хромосомных aberrаций и хромосомных аномалий у лиц, проживающих в условиях повышенной химической нагрузки. Также изучен уровень хромосомных aberrаций у лиц, проживающих на территории экологического бедствия. Выделены типы и характер цитогенетических нарушений. Проведен расчет индивидуальных дозовых нагрузок поступления химических веществ в организм из объектов окружающей среды. Методом моделирования представлена роль цинка в формировании хромосомных aberrаций. Выявлена достоверно значимая обратная корреляционная связь между уровнем хромосомных aberrаций и содержанием цинка в атмосферном воздухе (коэффициент парной корреляции Пирсона составил  $-0,39$ ). Установлено, что при снижении концентрации цинка в атмосферном воздухе статистически значительно повышается уровень хромосомных aberrаций. Дана характеристика ко-ферментной активности цинка в функционировании ферментов системы репарации и антиоксидантной защиты. Выявлено, что хромосомные aberrации являются рефлекторами при условиях экспозиции экологических факторов экзогенного и эндогенного происхождения, вследствие чего происходят изменения в функционировании всей клетки.

*Ключевые слова:* хромосомные aberrации, цинк, дозовая нагрузка, загрязнение окружающей среды, мутагенез.

#### *Введение*

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из наиболее обсуждаемых и волнующих на сегодняшний день во всем мире. Антропогенное воздействие на среду обитания приводит к уже случившимся последствиям, таким как увеличение частоты заболевания всех групп нозологий, превышение предельно допустимых концентраций веществ в атмосферном воздухе, в почве и в водоемах. Загрязнение окружающей среды может быть как и прямым при промышленных выбросах и добычи полезных ископаемых, так и косвенным в результате орошения почв, нерациональном использовании водных ресурсов на примере Аральского моря, выбросов автотранспорта. В результате такого воздействия в различных экологических средах накапливаются различные токсиканты, которые негативно сказываются на состоянии здоровья населения и способны оказывать генотоксический эффект. Хромосомные aberrации (ХА) являются значимым индикатором при оценке воздействия различных факторов среды на организм, поступающих ингаляционным и оральным путем.

Содержание химических веществ в атмосферном воздухе и их поступление ингаляционным путем при дыхании можно оценить с помощью расчетного метода, что дает возможность оценить теку-

щую химическую нагрузку на организм, а также риск последствий, в зависимости от времени экспозиции и концентрации веществ.

Доза — есть измерение, определяющее количество поступления химического вещества в организм. Система «химическое воздействие — ответная реакция организма» характеризует физиологические изменения в организме на различных уровнях организации живого в ответ на количество поступления вещества и его продолжительность. Дозовую нагрузку определяют в зависимости от способа поступления химического ксенобиотика (ингаляционный, пероральный, кожный) из дифференцированных объектов экологической среды.

Расчет дозовой нагрузки включает анализ основных физических параметров, идентификацию маршрутов воздействия и оценку величины, частоты и продолжительности воздействий с расчетом поступления. Расчеты дозовых нагрузок для жителей анализируемых населенных пунктов проведены для взрослого населения. При увеличении концентрации вещества в окружающей среде повышается вероятность их проникновения в организм человека, что в результате ответной реакции организма приводит к физиологическим изменениям и оказывает общий токсический, а также генотоксический эффект. Хромосомные аберрации могут быть рефлексорами при токсикологическом воздействии экологических факторов, определяя не только ядерные и клеточные изменения, а также состояния органов и систем [1–3]. Роль отдельных микроэлементов в поддержании генетической стабильности клетки изучена в разной степени. Касательно микроэлемента цинка известно, что цинк является структурной частью множества металлосодежащих ферментов матричных процессов. Цинк определяет способность нормального функционирования этих ферментов, тем самым предотвращая риск возникновения мутаций, но при этом, однако, роль цинка в формировании хромосомных аберраций изучена недостаточно [1, 4–6].

С учетом изложенного выше, изучение механизмов ответной реакции организма на неблагоприятное воздействие окружающей среды является актуальным и насущным вопросом для биомедицинских дисциплин.

Цель — оценить роль цинка в образовании хромосомных аберраций с помощью расчетного метода оценивания.

#### *Материалы и методы исследования*

В выборке представлены 40 человек репродуктивного возраста (18–45), проживающие не менее 10 лет в зоне экологического бедствия Приаралья, признанным законодательно, а именно в г. Арысь (Туркестанская область) [7].

Проведен расчет индивидуальных дозовых нагрузок. Расчет ингаляционной дозовой нагрузки при оценке попадания химического ксенобиотика при дыхании из атмосферного воздуха в организм экспонируемого населения осуществлялся по рекомендациям, приведенным в Р 2.1.10.1920–04 «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» от 2004 г., разработанном Ю.А. Рахманиным с соавторами [8].

Измерения концентраций неорганических веществ в атмосферном воздухе проводили с помощью атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915 (Россия), согласно М 02–09–2005 «Методике выполнения измерений массовой концентрации металлов в атмосферном воздухе атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915».

Формула для расчета индивидуальных дозовых нагрузок химическими загрязнителями, поступающими ингаляционным путем, представлена на рисунке 1.

Среднее значение концентрации дозовой нагрузки составило  $2,83 \pm 0,19$  мг/(кг/день) (нижний и верхний 95 %-ные доверительные интервалы 2,44 и 3,23 соответственно, СКО было равно 1,09, размах расчетных значений выборки был равен 4,31).

При определении генотоксических эффектов были приготовлены препараты хромосом с использованием нами модифицированного цитогенетического метода культивирования лимфоцитов периферической крови Hungerford D.A. et al. и последующий учет хромосомных перестроек в метафазных пластинках [9, 10]. Для учёта хромосомных аберраций использовали микроскоп Nikon Eclipse E400 (Япония).

$$I = \left[ (C_a \times T_{out} \times V_{out}) + (C_h \times T_{in} \times V_{in}) \right] \times EF \times ED / (BW \times AT \times 365),$$

где  $I$  — величина поступления, мг/(кг/день);  
 $C_a$  — концентрация вещества в атмосферном воздухе, мг/м<sup>3</sup>;  
 $C_h$  — концентрация вещества в воздухе жилища, мг/м<sup>3</sup>;  
 $T_{out}$  — время, проводимое вне помещений, ч/день (8 ч/день);  
 $T_{in}$  — время, проводимое внутри помещений, ч/день (16 ч/день);  
 $V_{out}$  — скорость дыхания вне помещений, м<sup>3</sup>/ч;  
 $V_{in}$  — скорость дыхания внутри помещения, м<sup>3</sup>/ч;  
 $EF$  — частота воздействия, дней/год (350 дней/год);  
 $ED$  — продолжительность воздействия, год;  
 $BW$  — масса тела, кг;  
 $AT$  — период осреднения экспозиции, лет.

Рисунок 1. Формула расчета дозовых нагрузок, поступающих ингаляционным путем

Всего в ходе работы было зарегистрировано и просмотрено 7252 метафаз у 40 пациентов, проживающих в зоне экологического предкризиса (г. Арысь). Выборка группы обследованных была однородна: все представители были одного возраста, уровня образования, социального статуса, имели схожие бытовые условия проживания и профессии, проживали в данной местности не менее 10 лет, не имели контакта с вредными производственными факторами среды.

Материалы исследований были обработаны математико-статистическими методами с использованием программ статистической обработки данных Statistica 10.0. Применялись методы оценки достоверности различия по t-критерию Стьюдента. В качестве критерия статистической надежности выбрано значение для двух несвязанных групп ( $p < 0,05$ ).

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Все хромосомные aberrации были классифицированы и определены как aberrации хроматидного типа и хромосомного типа. Абсолютное значение выявленных хромосомных aberrаций на 7252 метафазы составило 101 регистрацию, а уровень частоты хромосомных aberrаций был равен  $1,392 \pm 0,137$  %, что, согласно методическим рекомендациям «Использование цитогенетического метода учёта хромосомных aberrаций для исследования мутагенности в условиях неблагоприятной экологической обстановки», можно отнести к повышенному генетическому риску [10].

Уровень частоты хромосомных aberrаций хроматидного типа был равен  $1,047 \pm 0,119$  %, а частота aberrаций хромосомного типа равнялась  $0,344 \pm 0,068$  % для обследуемого населения, составившего выборку исследования. Результаты исследования и анализ полученных данных показали, что по типам хромосомных aberrаций преобладали aberrации хроматидного типа (75 %), тогда как aberrации хромосомного типа составили 25 %. Таким образом, частота aberrаций хроматидного типа в 3 раза превышала частоту aberrаций хромосомного типа (см. табл.).

Т а б л и ц а

**Типы хромосомных aberrаций у экспонированного населения Приаралья (M±m%; 95 % доверительный интервал, среднее квадратичное отклонение)**

Показатели	M±m	95 % ДИ	СКО	P
ХА хроматидного типа	1,047±0,119	1,045–1,050	0,014	0,001
ХА хромосомного типа	0,344±0,06	0,343–0,346	0,068	

Анализ литературных данных свидетельствует, что хромосомные aberrации хроматидного типа определены воздействием химических мутагенов и процессами химического патогенеза хромосомных нарушений [1–2, 11].

Химическую причинность мутагенеза также подтвердила выявленная в ходе исследования статистически значимая обратная причинно-следственная связь между уровнем хромосомных aberrаций у лиц, проживающих в зоне предкризиса, и дозовой нагрузкой цинка, поступающего ингаляционным путём (рис. 2). Коэффициент парной корреляции Пирсона составил 0,39. Установлено, что при снижении концентрации цинка в атмосферном воздухе статистически значимо повышается уровень хромосомных aberrаций:  $y = 4,5747 - 0,7306 \cdot X$  (коэффициент регрессии  $R = -0,39$ ; коэффициент детерминации  $R^2 = 0,15$ ; коэффициент Фишера  $f = 5,43$ ; оценка модели  $p = 0,026$ ).

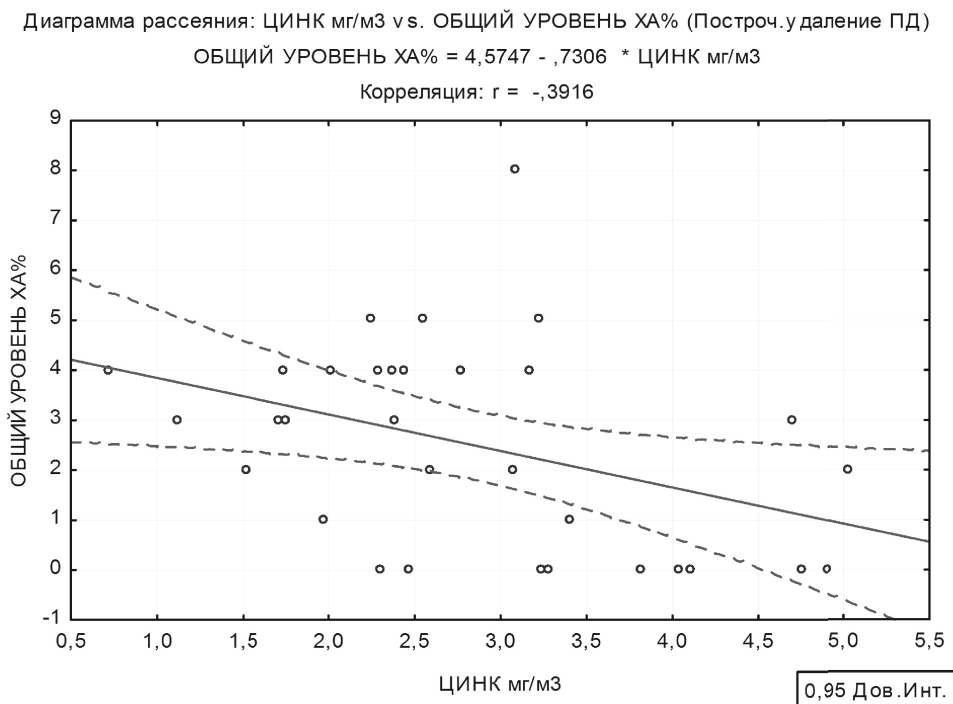


Рисунок 2. Взаимосвязь уровня ХА и концентрации цинка в атмосферном воздухе

Так, при увеличении концентрации цинка в атмосферном воздухе на 10 % можно прогнозировать повышение уровня хромосомных aberrаций на 8,3 %. Ряд авторов указали, что микроэлемент цинк входит в структуру активного центра ряда ферментов, некоторые из цинксодержащих ферментов участвуют в синтезе РНК и ДНК и имеют большое значение в метаболизме нуклеиновых кислот (ДНК- и РНК-полимеразы, тимидинкиназы, белки факторов транскрипции — цинк-фингер белки) [4–6]. Таким образом, значение цинка в генетической стабильности не вызывало сомнения, но тем не менее не было данных о его роли в формировании хромосомных aberrаций. Кроме того, цинк в качестве ко-фермента ответствен за нормальное функционирование фермента антиоксидантной защиты супероксиддисмутазы и служит одним из активаторов биосинтеза металлотионеинов — специальных белков, выполняющих защитную функцию, активность которых может приводить к повреждению молекул ДНК [1]. Имеются данные, что дефицит цинка может оказывать влияние на развитие генетических заболеваний, например, синдром Danbolt-Closs (энтеропатический акродерматит — генетическое заболевание с аутосомно-рецессивным типом наследования) [12]. Помимо прочего, общеизвестна способность цинка уменьшать количество повреждений генетического материала, ядерных структур и клетки в целом [13, 14].

#### Заключение

Цитогенетические обследования и статистический анализ результатов показали, что у лиц, проживающих на территории Приаралья, факторы среды, к которым относятся тяжелые металлы (Zn), могут оказывать неблагоприятное действие на здоровье. Проявились они в виде цитогенетических нарушений, а именно наблюдалось повышение уровня хромосомных aberrаций хроматидного типа ( $1,047 \pm 0,119$ ), кроме того, была выявлена регрессионная модель, показывающая изменения уровня хромосомных aberrаций в зависимости от концентрации Zn. По всей видимости, при недостаточной концентрации цинка происходит снижение функциональной активности ферментов матричных процессов, что, в свою очередь, приводит к возрастанию вероятности увеличения частоты хромосомных aberrаций.

#### Список литературы

- 1 Сабиров Ж.Б. Пути возникновения структурных мутаций при химической природе мутагенеза / Ж.Б. Сабиров // Гигиена труда и медицинская экология. — 2015. — № 2(47). — С. 26–31.

- 2 Sabirov Z.B. Evaluation of the cytogenetic status of the population living in the area before the environmental crisis / Z.B. Sabirov // Гигиена труда и медицинская экология. — 2016. — No. 4(53). — С. 70–78.
- 3 Namazbaeva Z.I. The Assessment of Halogenating Stress in Population by the Environmental and Health Monitoring / Z.I. Namazbaeva, G.N. Dosybaeva, Z.B. Sabirov, L.T. Bazelyuk, G.K. Asanov, I.O. Baidalet // International Journal of Environmental and Science Education. — 2016. — Vol. 11, No. 10. — P. 3884–3893.
- 4 Harada T. Characterization of structural and catalytic differences in rat intestinal alkaline phosphatase isozymes / T. Harada, I. Kovama, T. Matsunaga, A. Kikuno, T. Kasahara, M. Hassimoto et al. // The FEBS journal. — 2005. — Vol. 272, No. 10. — P. 2477–2486.
- 5 Story S.V. Characterization of novel zinc-containing, lysine-specific aminopeptidase from the hypertermophilic archaeon Pyrococcus furiosus / S.V. Story, C. Shah, F.E. Ir. Jenney, M.W. Adams // J. Bacteriol. — 2005. — Vol. 187, No. 6. — P. 2077–2083.
- 6 Gielen M. Metallotherapeutic drugs and metal-based diagnostic agents. The Use of Metals in Medicine / M. Gielen, E.R.T. Tiekink. — Weinheim: Wiley & Sons, 2005. — 598 p.
- 7 Закон Республики Казахстан от 30 июня 1992 г. № 1468-ХІІ. «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие последствий экологического бедствия в Приаралье». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z920002600>.
- 8 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду: Р 2.1.10.1920–04–2004. [Введен в действие от 2004–03–05]. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 290 с.
- 9 Hungerford D.A. Leukocytes cultured from small inocula of whole blood and the preparation of metaphase chromosomes by treatment with hypotonic KCl / D.A. Hungerford // Stain Technology. — 1965. — Vol. 40, No. 6. — P. 333–338.
- 10 Сабиров Ж.Б. Использование цитогенетического метода учёта хромосомных aberrаций для исследования мутагенности в условиях неблагоприятной экологической обстановки: метод. реком. / Ж.Б. Сабиров, З.И. Намазбаева, Л.К. Ибраева, Н.М. Жанбасинова. — Караганда: Нац. центр гигиены труда и проф. заболеваний, 2016. — 34 с.
- 11 Намазбаева З.И. Оценка цитогенетического статуса лиц, проживающих на территории промышленного города / З.И. Намазбаева, Ж.Б. Сабиров, А.М. Айткулов, К.Б. Бекишев, Г.К. Турлыбекова // Вестн. Караганд. ун-та. Сер. Биология. Медицина. География. — 2014. — № 3(75). — С. 100–103.
- 12 Хлебникова А.Н. Цинк, его биологическая роль и применение в дерматологии / А.Н. Хлебникова, Д.Д. Петрунин // Вестн. дерматологии и венерологии. — 2013. — № 6. — С. 100–116.
- 13 Record I.R. Protection by zinc against UVA and UVB-induced cellular and genomic damage in vivo and in vitro / I.R. Record, M. Jannes, I.E. Dreosti // Biol Trace Elem Res. — 1996. — No. 53. — P. 19–25.
- 14 Richard M.J. Effect of zinc supplementation on resistance of cultured human skin fibroblasts toward oxidant stress / M.J. Richard, P. Guiraud, M.T. Leccia, J.C. Beani, A Favier // Biological trace element research. — 1993. — Vol. 37, No. 2–3. — P. 187.

Ж.Б. Сабиров, М.А. Мукашева, А.Б. Ешмагамбетова

### Есептік бағалау әдісінің көмегімен хромосомды aberrациялардың қалыптасуындағы мырыштың ролін зерттеу

Өнеркәсіптік қалалардағы шаң құрамын талдау оларда көбінесе хромосомдық aberrация ретінде көрінетін мутагендік қасиеттерді көрсете алатын ауыр металдардың едәуір концентрациясының болуын көрсетеді. Мақаланың мақсаты хромосомалық мутацияның пайда болуындағы мырыштың ролін зерттеу. Жоғары химиялық жүктеме жағдайында тұратын адамдарда хромосомдық aberrациялар мен хромосомдық аномалиялардың кездесу жиілігі зерттелді. Сондай-ақ экологиялық апат аумағында тұратын адамдардың хромосомдық aberrациялар деңгейі тексерілген. Цитогенетикалық бұзылулардың түрлері мен сипаты көрсетілген. Химиялық заттардың қоршаған орта объектілерінен ағзаға түсуінің жеке дозалық жүктемелерінің есебі жүргізілді. Модельдеу әдісімен хромосомды aberrацияларды қалыптастыруда мырыштың ролі көрсетілген. Хромосомдық aberrациялар деңгейі мен атмосфералық ауадағы мырыш құрамы арасындағы сенімді кері корреляциялық байланыс анықталды (Пирсонның бу корреляция коэффициенті  $-0,39$  құрады). Атмосфералық ауадағы мырыш концентрациясының төмендеуі кезінде хромосомдық aberrациялар деңгейі статистикалық тұрғыдан жоғарылайтыны анықталды. Репарация және антиоксиданттық қорғаныс жүйесі кезінде ферменттерінің қызмет етуінде мырыштың ко-ферменттік белсенділігінің сипаттамасы берілген. Хромосомалық aberrация экофакторлардың әртүрлі экзогенді және эндогенді әсеріне сезімталдығы бар, бұл жасушалардың функционалдық өзгерістеріне әсер етеді.

*Кілт сөздер:* хромосомдық aberrациялар, мырыш, дозалық жүктеме, қоршаған ортаның ластануы, мутагенез.



Z.B. Sabirov, M.A. Mukasheva, A.B. Eshmagambetova

## Study of the role of zinc in the formation of chromosomal aberrations using the calculated estimation method

The composition of dust in industrial cities indicates the presence of these large concentrations of heavy metals indicates their ability to exert mutagenic, often manifested as chromosomal aberrations. The aim of the article was to study the role of zinc in the formation of chromosomal aberrations. The article shows the frequency of occurrence of chromosomal aberrations in a population, that lives in conditions of increased chemical pollution. The level of chromosomal aberrations in individuals living in the territory of an ecological disaster was studied. The types and nature of cytogenetic disorders are highlighted. The calculation of the individual dose loads of the intake of chemicals into the body from the environment. The simulation method presents the role of zinc in the formation of chromosomal aberrations. A significant inverse correlation was found between the frequency of chromosomal abnormalities and the zinc content in atmospheric air (the Pearson pair correlation coefficient was  $-0.39$ ). It has been proven that with a decrease in the concentration of zinc in atmospheric air, the level of chromosomal aberrations increases statistically significantly. We described the co-enzymatic activity of zinc in the enzymes of the repair system and antioxidant defense. It was noted that chromosomal aberrations are sensitive to various exogenous and endogenous effects of environmental factors, which affect the functional changes of these cells. As a result, specific disturbances are determined.

**Keywords:** chromosomal aberrations, zinc; dose loading, environmental pollution, mutagenesis.

### References

- 1 Sabirov, Z.B. (2015). Puti voznikoveniia strukturnykh mutatsii pri khimicheskoi prirode mutaheneza [The pathways of structural mutations in the chemical nature of mutagenesis]. *Higiiena truda i meditsinskaia ekolohiia — Occupational health and medical ecology*, 2, 26–31 [in Russian].
- 2 Sabirov, Z.B. (2016). Evaluation of the cytogenetic status of the population living in the area before the environmental crisis. *Higiiena truda i meditsinskaia ekolohiia — Occupational health and medical ecology*, 4, 70–78.
- 3 Namazbaeva, Z.I., Dosybaeva, G.N., Sabirov, Z.B., Bazelyuk, L.T., Asanov, G.K., & Baidaulet, I.O. (2016). The Assessment of Halogenating Stress in Population by the Environmental and Health Monitoring. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11, 10, 3884–3893.
- 4 Harada, T., Koyama, I., Matsunaga, T., Kikuno, A., Kasahara, T., & Hassimoto M. (2005). Characterization of structural and catalytic differences in rat intestinal alkaline phosphatase isozymes. *The FEBS journal*, 272(10), 2477–2486.
- 5 Storz, S.V., Shah, C., Jenney, F.E.Ir., & Adams, M.W. (2005). Characterization of novel zinc-containing, lysine-specific aminopeptidase from the hyperthermophilic archaeon *Pyrococcus furiosus*. *J. Bacteriol.*, 187, 6, 2077–2083.
- 6 Gielen, M., & Tiekink, E.R. (2005). *Metallotherapeutic drugs and metal-based diagnostic agents: the use of metals in medicine*. Weinheim: Wiley & Sons.
- 7 Zakon Respubliki Kazakhstan ot 30 iyunia 1992 h. № 1468-XII. «O sotsialnoi zashchite hrazhdan, postradavshikh vsledstvie posledstviia ekolohicheskogo bedstviia v Priarale» [Law of the Republic of Kazakhstan of June 30, 1992 «On social protection of citizens affected by the consequences of an environmental disaster in the Aral Sea region»]. *adilet.zan.kz*. Retrieved from <http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z920002600/> [in Russian].
- 8 Rukovodstvo po otsenke riska dlia zdoroviia naseleniia pri vozdeistvii khimicheskikh veshchestv, zahriazniushchikh okruzhaiushchuiu sredy [Guidance on assessing public health risk from exposure to chemicals that pollute the environment]. (2004). *R 2.1.10.1920–04–2004 from 5<sup>th</sup> March 2004*. Moscow: Federalnyi tsentr Hossanepidnadzora Minzdrava Rossii [in Russian].
- 9 Hungerford, D.A. (1965). Leukocytes cultured from small inocula of whole blood and the preparation of metaphase chromosomes by treatment with hypotonic KCl. *Stain technology*, 40(6), 333–338.
- 10 Sabirov, Zh.B., Namazbaeva, Z.I., Ibrayeva, L.K., & Zhanbasinova, N.M. (2016). *Ispolzovanie tsitoheneticheskogo metoda ucheta khromosomnykh aberratsii dlia issledovaniia mutahennosti v usloviakh neblahopriatnoi ekolohicheskoi obstanovki [The use of the cytogenetic method of accounting for chromosomal aberrations for the study of mutagenicity in adverse environmental conditions: guidelines]*. Karaganda: Natsionalnyi tsentr hiihieny truda i professionalnykh zabolevanii [in Russian].
- 11 Namazbaeva, Z.I., Sabirov, Zh.B., Aytkulov, A.M., Bekishev, K.B., & Turlybekova, G.K. (2014). Otsenka tsitoheneticheskogo statusa lits, prozhivaiushchikh na territorii promyshlennogo horoda [Assessment of the cytogenetic status of persons residing in an industrial city]. *Vestnik Karahandinskogo universiteta. Seriya Biolohiia. Meditsina. Heohrafiia — Bulletin of the Karaganda University. Series Biology. Medicine. Geography*, 3, 100–103 [in Russian].
- 12 Khlebnikova, A.N., & Petrunin, D.D. (2013). Tsink, ego biolohicheskaiia rol i primeneniie v dermatolohii [Zinc, its biological role and application in dermatology]. *Vestnik dermatolohii i venerolohii — Bulletin of Dermatology and Venereology*, 6, 100–116 [in Russian].
- 13 Record, I.R., Jannes, M., & Dreosti, I.E. (1996). Protection by zinc against UVA and UVB-induced cellular and genomic damage in vivo and in vitro. *Biological trace element research*, 53, 19–25.
- 14 Richard, M.J., Guiraud, P., Leccia, M.T., Beani, J.C., & Favier, A. (1993). Effect of zinc supplementation on resistance of cultured human skin fibroblasts toward oxidant stress. *Biological trace element research*, 37(2–3), 187.

---

## АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT AUTHORS

- Abukenova, Veronica Sergeyevna** — Candidate of biological sciences, Docent of Zoology department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; abu-veronika@yandex.ru.
- Akhtanova, Aizhan Bulatovna** — Young researcher of fruitgrowing department, Mangyshlak experimental botanical garden, Aktau, Kazakhstan; botsad.garden@mail.ru.
- Aldassugyrova, Chinargul Jakyppyzy** — Senior lecturer, Department of biodiversity and bioresources, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; botanyphyto@mail.ru.
- Asanova, Gulzina** — PhD-student of faculty of biology and geography, Master of biology, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; gulzina\_as@mail.ru.
- Atikeyeva, Sairan Nikolayevna** — Candidate of biological sciences, Docent of Tourism department, University «Turan-Astana», Nur-Sultan, Kazakhstan; s\_atikeeva@mail.ru.
- Babeshina, Larisa Gennadevna** — Doctor of biological sciences, Docent, Head of the approbation department for draft general pharmacopoeia articles of «Scientific Centre for Expert Evaluation of Medicinal Products» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia; lbabeshina@yandex.ru.
- Baigarayev, Damirzan** — Master of biology, Engineer of Research center of biotechnology and eco monitoring, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; kz\_biotechnologist@mail.ru.
- Bairon, Laura** — Master of Engineering and Technology, Senior researcher of branch of RSE «National Center for Biotechnology», SC MES RK, Stepnogorsk, Kazakhstan; bairon25@bk.ru.
- Bgatova, Natalia Petrovna** — Doctor of biological sciences, Professor, Head of Laboratory of Ultrastructural Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology Laboratory — branch of Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia; inabrite@yandex.ru.
- Bobrovskaya, Zoya** — Master-student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; bobrovskaya\_zoya9708@mail.ru.
- Dodonova, Alexandra Shavkhatovna** — Candidate of biological sciences, Docent of Botany department of faculty of biology and geography, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; sasha\_dodonoval@mail.ru.
- Erezhep, Abilaykhan Abilkhassyly** — Master-student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; erezhep\_1994@mail.ru.
- Eshmagambetova, Aliya Borashevna** — Candidate of biological sciences, Docent of Zoology department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; eshmagambetova.aliya@mail.ru.
- Gassanova, Gulnara Gidoyatovna** — PhD-student, Researcher, Master of geobotany, Mangyshlak experimental botanical garden, Aktay, Kazakhstan; ggg\_lilu7@mail.ru.
- Gavrilkova, Helena Anatolevna** — Master of biology, Senior lecturer of Botany department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; elena\_2809@mail.ru.
- Gemejiyeva, Nadezhda Gennadevna** — Corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences, Doctor of biological sciences, Head of the Plant Resources Laboratory, Institute of Botany and

Phytointroduction of the Committee for Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan; ngemed58@mail.ru.

**Ibraibekov, Zhanbolat Gabitovich** — PhD-student, Master of biology, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; jan\_ai-87\_86@mail.ru.

**Imanbayeva, Alzhunis Altayevna** — Candidate of biological sciences, General director, Mangyshlak experimental botanical garden, Aktay, Kazakhstan; imangarden@mail.ru.

**Ishmuratova, Margarita Yulaevna** — Candidate of biological sciences, Associated professor, Professor of Botany department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; margarita.ishmur@mail.ru.

**Isakova, Elena Alexeevna** — Senior researcher, Master of biology, Altai Botanical Garden, Ridder, Kazakhstan; altai\_bs@mail.ru.

**Kalizhanova, Anna Nikolayevna** — Senior lecturer, Department of foreign languages and intercultural communication, Master of philology, Academy «Bolashaq», Karaganda, Kazakhstan; annaanna1802@gmail.com.

**Kaptyonkina, Alyena** — Master-student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; alyonakaptyonkina@gmail.com.

**Kinayatov, Margulan Askarovich** — Senior lecturer, Department of Chemistry and Chemical Technology, Karaganda State Technical University, Kazakhstan; kinayatov-m@mail.ru.

**Koblanova, Saule Abdullova** — Candidate of biological sciences, Docent, A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan; saule@inbox.ru.

**Kosareva, Olga Nikolayevna** — Head of Laboratory of fruit growing, Candidate of biological sciences, Mangyshlak Experimental Botanical Garden, Aktau, Kazakhstan; kosai@mail.ru.

**Kuprijanov, Andrey Nikolayevich** — Doctor of biological sciences, Director, Kuzbass Botanical garden; Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Kemerovo, Russia; kupr-42@yandex.ru.

**Kuprijanov, Oleg Andreewich** — Candidate of biological sciences, Researcher of department of ecological assessment and management of biological diversity, Kuzbass Botanical garden; Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, Kemerovo, Russia; kuproa@gmail.com.

**Kurbatova, Natalya Vladimirovna** — Candidate of biological sciences, Senior lecturer of the department of biodiversity and bioresources, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

**Lagus, Olga Anatolevna** — Senior researcher, Master of biology, Altai Botanical Garden, Ridder, Kazakhstan; altai\_bs@mail.ru.

**Mukasheva, Manara Aldeshevna** — Doctor of biological sciences, Professor of physiology department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; manara07@mail.ru.

**Musina, Rosa** — Master of ecology, Senior researcher of Botany department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; rosanna\_83@mail.ru.

**Myrzabayev, Bakhytzhn** — Engineer, Branch of RSE «National Center for Biotechnology», SC MES RK, Stepnogorsk, Kazakhstan; ipbncbrk@mail.ru.

**Push, Wojciech** — PhD, Wroclawski University, Poland; w.push@gmail.com.

**Raimbekov, Erzhan Bisembayevich** — Master-student, A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan; raimbekov@gmail.com.

**Ramazanov, Alibek Kairidenovich** — PhD-student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; kairidenovich\_rak@mail.ru.

**Ramazanova, Madina Serikpolovna** — Master-student, Engineer of laboratory of plant resources, Institute of Botany and Phytointroduction of the Committee for Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan; r.madina.c@mail.ru.

**Rogozhkina, Yulia Olegovna** — Master-student, A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan; saule200707@inbox.ru.

**Rakhmetova, Assel Murzageldinovna** — PhD student of Biology and Ecology Department, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Kazakhstan; asel-rakhmetova@mail.ru.

- Sabirov, Zanol** — PhD-student, Master of biology, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; audacious\_zap@mail.ru.
- Sagyndykov, Utemurat Zulkharnayevich** — Candidate of biological sciences, Associate professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan; sagyndykov\_uz@enu.kz.
- Seitkamal, K.N.** — Junior research assistant, Scientific-Analytical Center «Biomedpreparat» LLP, Stepnogorsk, Kazakhstan; mengoibyti@gmail.com.
- Shaikhutdinov, Valerij** — Master of sciences, Head of laboratory of applied biotechnology, Branch of RSE «National Center for Biotechnology», SC MES RK in Stepnogorsk, Stepnogorsk, Kazakhstan; ipbnbrk@mail.ru.
- Shelestova, Tatyana Yurjevna** — PhD, Head of Department of theory and practice of translation, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; shelestova2009@mail.ru.
- Shibayeva, Aigerim** — PhD, Senior researcher, Branch of RSE «National Center for Biotechnology», SC MES RK, Stepnogorsk, Kazakhstan; ipbnbrk@mail.ru.
- Steshenko, Maxim** — A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan; max\_stesh@mail.ru.
- Suleimen, Yerlan Melsuly** — Candidate of chemical sciences, PhD, Senior Researcher of the Laboratory of engineering profile of NMR spectroscopy, Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kazakhstan; syerlan75@yandex.kz.
- Sultangazina, Gulnara Jalelovna** — Candidate of biological science, Docent, Head of department of biology and ecology, A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan; gul\_sultan@mail.ru.
- Tleukenova, Saltanat Ushkempirovna** — Candidate of biological sciences, Docent of Botany department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; damir--6@mail.ru.
- Tuyakova, Ainur Tadzhibayevna** — Candidate of biological sciences, Senior researcher, Mangyshlak experimental botanical garden, Aktay, Kazakhstan; ainura\_kosai@mail.ru.
- Tyrzhanova, Sayagul Serikovna** — PhD-student, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Kazakhstan; tssaya@mail.ru.
- Vdovina, Tatyana Afanasevna** — Candidate of biological sciences, Leading researcher, Altai Botanical Garden, Ridder, Kazakhstan; altai\_bs@mail.ru.
- Vinokurov, Andrej Andreevich** — Senior researcher, Altai Botanical Garden, Ridder, Kazakhstan; a-n-danilova@ya.ru.
- Zeinelov, Kanatbek** — Master of biotechnology, Junior researcher, Branch of RSE «National Center for Biotechnology», SC MES RK, Stepnogorsk, Kazakhstan; ipbnbrk@mail.ru.
- Zhappar, Nariman** — Master of science, Head of laboratory of biogeotechnology, Branch of RSE «National Center for Biotechnology», SC MES RK, Stepnogorsk, Kazakhstan; nariman\_zhappar@mail.ru.
- Zharasova, Dina** — Young researcher of fruitgrowing department, Master of biology, Mangyshlak experimental botanical garden, Aktau, Kazakhstan; botsad.garden@mail.ru.
- Zhumadina, Sholpan Moldazhanovna** — Doctor of biological sciences, Professor of Biological Sciences Department, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical university, Nur-Sultan, Kazakhstan; ms.zhumadina@mail.ru.