



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

BULLETIN

OF THE KARAGANDA UNIVERSITY

**BIOLOGY.
MEDICINE.
GEOGRAPHY**
Series

№ 1(109)/2023

ISSN-L 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

№ 1(109)/2023

Қаңтар–ақпан–наурыз
30 наурыз 2023 ж.

Январь–февраль–март
30 марта 2023 г.

January–February–March
March 30th, 2023

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, 2023
Караганда, 2023
Karaganda, 2023

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

Жауапты хатшы
биол. ғыл. канд.
С.У. Глеукенова

Редакция алқасы

М. Броди,	PhD д-ры, Америка университеті, Вашингтон (АҚШ);
Р.Г. Оганесян,	PhD д-ры, Пенсильвания университеті, Филадельфия (АҚШ);
К.-Д. Конерт,	мед. ғыл. д-ры, Диабет институты, Карлсбург (Германия);
Аммад Ахмад Фаруки	PhD д-ры, Биомедициналық және генетикалық инженерия институты, Исламабад (Пакистан);
С.В. Кушнарченко,	биол. ғыл. канд., Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы (Қазақстан);
Г.Г. Мейрамов,	мед. ғыл. д-ры, акад. Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті (Қазақстан);
А.В. Панин,	геогр. ғыл. д-ры, М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті (Ресей);
Р.Т. Бексеитова,	геогр. ғыл. д-ры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы (Қазақстан);
О.Л. Макарова,	биол. ғыл. канд., РҒА А.Н. Северцов атындағы Экология және эволюция институты, Мәскеу (Ресей)

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

Тел.: (7212) 77-00-69; факс: (7212) 35-63-98.

E-mail: bulletin_karsu_biology@mail.ru

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

Атқарушы редактор
PhD д-ры **Г.Б. Саржанова**

Редакторлары
Ж.Т. Нурмуханова, С.С. Балкеева, И.Н. Муртазина

Компьютерде беттеген
В.В. Бутяйкин

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

ISSN-L 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 29.03.2023 ж. қол қойылды. Пішімі 60×84 1/8. Қағазы офсеттік. Көлемі 26,25 б.т. Таралымы 200 дана. Бағасы келісім бойынша. Тапсырыс № 20.

«Акад. Е.А. Бөкетов ат. Қарағанды ун-ті» КЕАҚ баспасының баспаханасында басылып шықты. 100024, Қазақстан, Қарағанды қ., Университет к-сі, 28. Тел. (7212) 35-63-16. E-mail: izd_kargu@mail.ru

© Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, 2023

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

Ответственный секретарь
канд. биол. наук
С.У. Глеуменова

Редакционная коллегия

М. Броди, д-р PhD, Американский университет, Вашингтон (США);
Р.Г. Оганесян, д-р PhD, Пенсильванский университет, Филадельфия (США);
К.-Д. Конерт, д-р мед. наук, Институт Диабета, Карлсбург (Германия);
Аммад Ахмад Фаруки, д-р PhD, Институт биомедицинской и генетической инженерии, Исламабад (Пакистан);
С.В. Кушнарченко, канд. биол. наук, Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы (Казахстан);
Г.Г. Мейрамов, д-р мед. наук, Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова (Казахстан);
А.В. Панин, д-р геогр. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (Россия);
Р.Т. Бексеитова, д-р геогр. наук, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы (Казахстан);
О.Л. Макарова, 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) 77-00-69; факс: (7212) 35-63-98.

E-mail: bulletin_karsu_biology@mail.ru

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

Исполнительный редактор
д-р PhD **Г.Б. Саржанова**

Редакторы
Ж.Т. Нурмуханова, С.С. Балкеева, И.Н. Муртазина

Компьютерная верстка
В.В. Бутяйкин

Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География».
ISSN-L 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 29.03.2023 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Объем 26,25 п.л. Тираж 200 экз.
Цена договорная. Заказ № 20.

Отпечатано в типографии издательства НАО «Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова».
100024, Казахстан, г. Караганда, ул. Университетская, 28. Тел. (7212) 35-63-16. E-mail: izd_kargu@mail.ru

© **Карагандинский университет им. акад. Е.А. Букетова, 2023**

Chief Editor

Cand. of biology
M.Yu. Ishmuratova

Responsible secretary

Cand. of biology
S.U. Tleukenova

Editorial board

M. Brody,	PhD, American University, Washington, DC (USA);
R.G. Oganesyanyan,	PhD, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA (USA);
K.-D. Kohnert,	MD, German Diabetes Center, Karlsburg (Germany);
Ammad Ahmad Farooqi	PhD, Institute of Biomedical and Genetic Engineering (IBGE), Islamabad, Pakistan;
S.V. Kushnarenko,	Cand. of biology, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty (Kazakhstan);
G.G. Meyramov,	MD, Karagandy University of the name of acad. E.A. Buketov (Kazakhstan);
A.V. Panin,	Doctor of geography, M.V. Lomonosov Moscow State University (Russia);
R.T. Bekseitova,	Doctor of geography, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazakhstan);
O.L. Makarova,	Cand. of biology, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolu- tion, Moscow (Russia)

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

Tel.: (7212) 77-00-69; fax: (7212) 35-63-98.

E-mail: bulletin_karsu_biology@mail.ru

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

Executive Editor

PhD **G.B. Sarzhanova**

Editors

Zh.T. Nurmukhanova, S.S. Balkeyeva, I.N. Murtazina

Computer layout

V.V. Butyaikin

Bulletin of the Karaganda University. "Biology. Medicine. Geography" Series.

ISSN-L 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 29.03.2023. Format 60×84 1/8. Offset paper. Volume 26,25 p.sh. Circulation 200 copies.
Price upon request. Order № 20.

Printed in the Publishing house of NLC "Karagandy University of the name of acad. E.A. Buketov".
28, University Str., Karaganda, 100024, Kazakhstan. Tel. (7212) 35-63-16. E-mail: izd_kargu@mail.ru

МАЗМҰНЫ — СОДЕРЖАНИЕ — CONTENT

БИОЛОГИЯ BIOLOGY

<i>Абуkenова В.С.</i> К 70-летию начала научной деятельности энтомолога и арахнолога Николая Борисовича Шлыкова.....	7
<i>Айтымов А.К., Ямбуров М.С.</i> Исследование анатомического строения надземных органов катальпы прекрасной 1-го года вегетации.....	13
<i>Alimzhanova A.Zh., Tleukenova S.U., Kulikova G.I., Zinner N.S.</i> A literary review on the hydroponic method of growing some medicinal plants.....	22
<i>Amertayeva G.A., Mamurova A.T., Osmonali B.B.</i> Morphological characteristics and anatomical features of the perennial herb <i>Ajania fastigiata</i> (C.Winkl.) Poljakov (<i>Asteraceae</i>).....	28
<i>Beisembay A.Zh., Ospanova A.K., Kali A.</i> Powdery mildews fungi of trees of Karaganda, Balkhash and Temirtau cities.....	37
<i>Бисенева А.К., Погосян Г.П., Ли К.Г.</i> Ассоциация полиморфизма rs12329760 гена TMPRSS2 с коронавирусной инфекцией.....	44
<i>Заканова А.Н., Ержанов Н.Т., Литвинов Ю.Н.</i> Половозрастная структура мелких млекопитающих антропогенных районов Северного Казахстана.....	49
<i>Златанов Б.В.</i> Новый вид рода <i>Physocephala</i> Schiner, 1861 (Diptera, Conopidae) из Восточного Казахстана.....	56
<i>Исмагулова А.Б., Тулегенова Ж.А., Спанбаев А.Д., Шалабаева А.М.</i> Құлпынай түрлерін зақымдайтын <i>Botrytis cinerea</i> саңырауқұлағын зерттеу.....	61
<i>Kabyzbekova D.I., Khamzina Zh., Aubakirova K.P., Ibadullayeva A.A.</i> Evaluation and comparison of three methods of DNA extraction from Kazakh horse of the type Zhabe.....	69
<i>Madiyeva A.N., Silantyeva M.M.</i> Study the germination of seeds of Sudanese grass (<i>Sorghum × drummondii</i>) treated by ethylene glycol and propylene glycol cryoprotectants.....	76
<i>Мить Н.В., Чередниченко О.Г., Мусаева А.С., Хамдиева О.Х., Амиргалиева А.С., Бегманова М.О., Толебаева А.Д., Пилюгина А.Л., Нуралиев С.К., Зайпанова С.Б., Койшекенова Г.А., Бекитаева А.К., Қапасұлы Т.</i> Оценка мутагенного эффекта проб воды и почвы, собранных вблизи бывших хранилищ хлороорганических пестицидов в Жамбылском районе Алматинской области с использованием различных модельных тест-систем.....	84
<i>Мынбаева Д.О., Усенбеков Б.Н., Амирова А.К., Жунусбаева Ж.К.</i> Пирикулярриоз риса и методы борьбы.....	98
<i>Мырзабаев А.Б., Аманжолов А.И., Голованов Д.Л., Бодеев М.Т., Урбаняк Я.</i> «Қарқаралы» Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің топырақ түзілу факторлары және үдерістері.....	110
<i>Protas V.V., Pogossyan G.P., Li K.G., Danilenko M.P.</i> Frequency of rs2228570 single nucleotide polymorphism of Vitamin-D Receptor (VDR) gene among the Kazakh ethnic group.....	117
<i>Саякова З.З., Есжанов А.Б.</i> О находке клещей <i>Rhipicephalus leporis</i> (Araі, Ixodidae) в Южном Прибалхашье.....	123
<i>Tulakpayeva S.S., Aitkulov A.M., Zhuzbaeva G.O.</i> Overview of health-saving skills developing technologies.....	130
<i>Туралин Б.А., Атаева Г.М., Молдекова И.Ж., Сырымбетов С.Т., Абдукаримов А., Абидкулова К.Т., Курбатова Н.В., Сәскебай Ә.Қ.</i> Сравнение анатомического строения двух популяций реликтового вида <i>Populus pruinosa</i> Schrenk (<i>Salicaceae</i> Mirb.), произрастающего в Актюбинской области.....	135
<i>Кожаниязова У.Н., Абдрешов С.Н., Демченко Г.А., Бгатова Н.П., Шыныбекова Ш.С.</i> Тәжірибелік гипотиреоз кезіндегі қалқанша безінің құрылымын қалпына келтірудің жаңа жолдары.....	143

МЕДИЦИНА
MEDICINE

- Байшагирова Г.Б., Иимуратова М.Ю., Атажанова Г.А., Смагулов М.К.* Фармакогностическое исследование сырья *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. 151
- Meýramov G.G., Kohnert K.-D., Shaybek A.Zh., Abikenova F.S., Temireeva K.S., Blyalova Zh.Zh., Elshina K., Meýramova A.G.* Indirect method of histochemical assessment of insulin content in pancreatic β -cells 160
- Sarkytbayeva A.K., Kubentayev S.A., Kurmanbayeva M.S., Aidarkhanova G.S., Iskakova Zh.B., Zhumagul M.Zh., Kusmangazinov A.B.* *Paeonia anomala* (Paeoniaceae) component composition and antioxidant, antiradical and cytotoxic activity 167

ГЕОГРАФИЯ
GEOGRAPHY

- Aliyeva N.T., Sadigov R.A., Mamedova R.I., Ibadova S.Y.* Analysis of the content of heavy metal ions in the coastal zones of the northern part of the Apsheron peninsula 175
- Sadyrova G.A., Sadyrov G.A., Sadyr G.A., Sadyrova G.A.* The impact of the green economy on the urban ecosystem of Almaty city 184
- Алимкулов С.К., Мырзахметов А.Б., Турсунова А.А., Исакан Г., Достоева А.Ж., Қанай М.Ә.* Основные гидрографические сведения о реках и временных водотоках Балкаш-Алакольского бассейна 195

- АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР — СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ — INFORMATION ABOUT AUTHORS 206

В.С. Абуkenова*

Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

**Автор для корреспонденции: abu-veronika@yandex.ru*

К 70-летию начала научной деятельности энтомолога и арахнолога Николая Борисовича Шлыкова

Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова с момента своего образования отличался высокопрофессиональными научными и педагогическими кадрами. Во многом это было определено преемственностью творческого потенциала Карагандинского педагогического института. Статья посвящена научному творчеству блестящего профессионала — биолога Николая Борисовича Шлыкова, доцента факультета естествознания Педагогического института. Получив практическую подготовку в Лаборатории энтомологии Института зоологии Республики Казахстан, Шлыков способствовал развитию энтомологических и арахнологических исследований в своем вузе. Был первым заведующим кафедрой зоологии факультета естествознания Карагандинского педагогического института с 1960 по 1965 гг. Занимался становлением новых направлений научной работы, подбирал кадры и направлял их на разработку фундаментальных зоологических учебных курсов. Его научные публикации по биологии тополевых вредителей, фауне и экологии пауков, спустя многие десятилетия, остаются актуальными и ценными источниками информации для современных ученых. Высокий уровень цитируемости данных Н.Б. Шлыкова — результат уникальной точности и содержательности, образец научно-исследовательской работы для многих поколений его учеников.

Ключевые слова: кафедра зоологии факультета естествознания Карагандинского пединститута, Н.Б. Шлыков, вредители видов рода *Populus*, *Phyllonorycter populifoliella*, *Phyllonorycter apparella*, арахнофауна Западной Сибири.



Развитие энтомологического научного направления в Карагандинском педагогическом институте, а позже в университете им. академика Е.А. Букетова всегда было тесно связано с деятельностью Лаборатории энтомологии Института зоологии Республики Казахстан.

С 1950 г. в Лаборатории энтомологии под руководством профессора П.И. Мариковского стажировались начинающие исследователи насекомых-фитофагов, особенно вредителей плодово-ягодных культур и древесно-кустарниковых пород. У каждого молодого специалиста изначально был свой объект исследования: вредители лоха и тамариска, ильмовых, саксаула, ели, тополя. Николай Борисович Шлыков проводил сбор полевого материала на юге Казахстана, где определял обеспеченность кормовыми ресурсами и возможность расселения вредителей тополевых насаждений. В 1952 году молодой энтомолог успешно защитил в Алма-Ате диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Насекомые, вредящие тополевым насаждениям в культурной зоне некоторых районов Юго-Восточного и Южного Казахстана».

Согласно потребностям страны, первостепенным было выявление вредителей сельскохозяйственных культур и разработка методов биологической защиты растений. Специалисты данного профиля были нарахват

в сельскохозяйственной отрасли. И все же Н.Б. Шлыкова больше привлекала научно-педагогическая деятельность. До поступления в аспирантуру в Алма-Ате, в годы Великой Отечественной войны, он несколько лет работал ассистентом в Петропавловском учительском институте и одновременно учился в Омском педагогическом институте.

После защиты диссертации Карагандинский педагогический институт стал новым местом работы специалиста-энтомолога, делившегося своими знаниями со многими поколениями учеников, помогавшего им найти свой путь в науке.

Иногда начинающие исследователи считают, что вредители растений уже хорошо изучены и не представляют научного интереса. Однако и сегодня не завершена инвентаризация фауны насекомых Казахстана, неизвестны экологические особенности многих видов, не решены проблемы борьбы с вредителями сельскохозяйственных, лесных и декоративных культур [1]. Кроме того, нельзя забывать об изменениях ареалов насекомых под воздействием климатических процессов, о современных биче экосистем — инвазиях видов-вселенцев, об уязвимости аборигенных экосистем под натиском происходящих изменений. Научные работы карагандинских ученых всегда оказывали неоценимую помощь в изучении казахстанских экосистем. Примером тому являются труды Николая Борисовича.

Изучение распространения аборигенных евроазиатских видов вредителей — тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* и осиновой моли-пестрянки *Phyllonorycter apparella* (Lepidoptera, Gracillariidae) — позволило Н.Б. Шлыкову уточнить их ареалы в Азиатской части СССР. Расширение ареалов этих видов является примером антропохорных процессов XX века. Высокая плотность популяций вредителей в городах уже более полувека обусловлена доминированием деревьев рода *Populus* на улицах, вдоль автомагистралей, в парках и скверах городов стран СНГ, некоторых стран Восточной Европы. Неприхотливость, легкость размножения и декоративность позволили им стать основной культурой в озеленении городов, а также в создании полезащитных полос. Н.Б. Шлыковым впервые были даны сведения о хроническом характере очагов осиновой моли-пестрянки в Казахстане и плотности заселения вредителя в насаждениях с участием осины в восточноевропейско-азиатской части ареала. Им же было сделано одно из первых упоминаний вида *Ph. apparella* в Азиатской части СССР в связи с повреждением гусеницами осины в Алма-Атинском заповеднике, окрестностях города Алма-Аты и в горах Заилийского Алатау [2].

Обширные тополевые массивы городов Казахстана — тоже пример нерациональности «зеленого строительства» времен СССР. Очевидно, что исследования насекомых, вредящих тополевым насаждениям, до сих пор остаются актуальными. Тем более что материалов, отражающих историю вспышек численности вредителей в какой-либо географической точке, до сих пор недостаточно. Общая картина экологических механизмов, обеспечивающих возникновение и существование хронических очагов вредителей, до сих пор раскрыта не полностью [3].

Поэтому для проведения защитных мероприятий в любом городе на территории ареала вредителя, важно использование фенологических данных, полученных для вида *Ph. populifoliella*. Н.Б. Шлыковым было отмечено, что в пределах ареала Средней Азии тополевая моль-пестрянка относится к бивольтинным видам, способным к формированию третьего поколения. В условиях Юго-Восточного Казахстана было определено время появления первых бабочек *Ph. populifoliella* после зимнего покоя, а также сопряженность массового вылета бабочек и распускания листьев дерева-хозяина [2].

Проблемой изучения видового состава и жизненного цикла первичных вредителей тополей в Казахстане активно интересовался и казахстанский энтомолог Н.Г. Скопин. В дополнение к работам Шлыкова в 1957 году он опубликовал свои данные по отдельным вредителям, подтвердив актуальность фенологического мониторинга видов [4]. Таким образом, благодаря фенологическим наблюдениям и обобщениям в казахстанской части ареала для вредителей тополей были определены такие важные биологические особенности, как время спаривания, период откладки яиц, продолжительность эмбрионального развития и развития гусениц, особенности распределения особей на деревьях, начало зимней диапаузы, время и место зимовки и др.

Со времен великого исследователя насекомых Жана-Анри Фабра фенологические наблюдения — это и классика энтомологии, и весьма трудоемкое занятие. Не случайно таких данных очень мало и они имеют непреходящую значимость для прогнозирования и проведения защитных мероприятий. Так данные Н.Б. Шлыкова и Н.Г. Скопина о питании *Phyllonorycter populifoliella* на четырех видах рода *Populus* (*P. alba*, *P. laurifolia*, *P. nigra*, *P. tremula*) в пределах Казахстана были привлечены для сравнительного анализа устойчивости видов тополей по отношению к моли-минеру в широком диапазоне условий [5].

В 1960 году Николай Борисович был назначен заведующим кафедрой зоологии факультета естествознания. В течение пяти лет он занимался становлением этой новой для вуза кафедры, подбирал кадры и разрабатывал учебные курсы. Как разносторонний биолог-исследователь, Шлыков хорошо знал многие группы животных. Он читал на кафедре все дисциплины по беспозвоночным. Результатом его глубокой эрудиции были постановки лабораторных практикумов по беспозвоночным животным для студентов, специализирующихся на кафедре зоологии. Работа проводилась на живых объектах или коллекционных образцах. Студенты учились пользоваться определителями и оптической аппаратурой, осваивали приемы работы с разными зоологическими объектами. Шлыков владел методами сбора и камеральной обработки материала в совершенстве. Этому же он учил будущих биологов в период полевых практик по зоологии беспозвоночных. В это время, за счет сборов студентов, собирались объекты учебных и научных коллекций для организации Зоологического музея института.

Под руководством Николая Борисовича проходило определение и этикетирование экземпляров, а также оформление коллекций беспозвоночных животных. Формировались научные группы единомышленников, увлеченных энтомологией студентов, стремящихся на поиски новых видов. На его примере становилось понятно, что быть натуралистом действительно интересно и это весьма многогранная деятельность. Кроме того, ему была присуща педагогическая чуткость, интеллигентность и высокая порядочность.



Преподаватели Карагандинского педагогического института (конец 60-х гг. XX века).

В третьем ряду слева направо: доцент Т.И. Аубакиров, доцент Б.Н. Мухачев, старший преподаватель П.И. Калякина, доцент Н.Б. Шлыков

Научные интересы Шлыкова были очень широки, а труды отличались глубиной и содержательностью. Продолжая педагогическую деятельность на факультете естествознания Тюменского государственного педагогического института, Николай Борисович был членом Редколлегии научных трудов «Фаунистика и экология животных», публиковавшихся на кафедре зоологии [6, 7]. Получив возможность исследовать фауну Западной Сибири, Шлыков и здесь достиг значимых научных результатов, занимаясь сбором пауков и курируя арахнологическую коллекцию Зоомузея [8].

Изучение арахнофауны Западной Сибири началось в 20-х гг. XX века. К началу 40-х гг. уже имелся список, содержащий 51 вид. В середине 70-х гг. Николай Борисович обработал свои материалы по фауне региона и выявил 57 видов пауков. Район проведения исследований включал центр Туринской равнины (Свердловская область) и окрестности поселка Мазурово Ярковского района (Тюменская область). Фауна Туринской равнины изучалась в широком спектре экологических условий: в березняках, сосново-березовых лесах, на лугах, вейниково-осоковых заболоченных лугах, суходольных лугах, солончаках. В биотопах поймы реки Тобол (березняк с осиной, березняк с ивой, луг) Шлыковым были зарегистрированы 34 вида пауков. Несмотря на сложность определения этой группы беспозвоночных, Николай Борисович пополнил фонды Зоомузея тщательно идентифицированными сборами и подготовил несколько публикаций [9–11].

Первичные результаты арахнологов постепенно были дополнены новой информацией. Полный список пауков изученной подзоны после проведения таксономической ревизии заявленных находок составляет сегодня уже около 350 видов [12]. Данные Н.Б. Шлыкова оказались необходимой составляющей в описании таксономического своеобразия фауны пауков южной тайги Западной Сибири и ее отличия от фаун прилежащих регионов. Кроме того, анализ ретроспективных биотопических характеристик арахнофауны способствовал выявлению варьирования структуры населения и α -разнообразия пауков Урала на биоценологическом и зонально-региональном уровнях [9; 13]. Таким образом, потенциал повторного использования ранее полученных арахнологических сведений, в том числе материалов Н.Б. Шлыкова, оказался весьма высоким.

У многих авторов, в силу сложности идентификации представителей группы, встречаются ошибочные определения, ведущие к путанице в распространении видов. Значительный прогресс в таксономии пауков помогает корректировать определения, выполненные в прошлом веке. Тем не менее указания видов арахнофауны, выполненные Н.Б. Шлыковым, зачастую характеризуются как точные и, за небольшим исключением, не имеют исправлений современных специалистов [12]. Весь перечень научных публикаций Н.Б. Шлыкова включен в Библиографию по паукам России и республик бывшего СССР, 1770–2011 [14].

Очевидно, что дилемма значимости и количества научных публикаций не стояла перед ученым Шлыковым. Уже семьдесят лет в крупнейших научных изданиях «Журнал общей биологии» и «Зоологический журнал», Вестниках Тюменского, Томского, Пермского университетов публикуются статьи, в которых даются ссылки на его работы по биологии вредителей, и, почти пятьдесят лет, — на работы по фауне пауков. Таково научное наследие Николая Борисовича Шлыкова, стимул и пример для его учеников, образец научно-исследовательской работы для поколений студентов.

Список литературы

- 1 Митяев И.Д. История, состояние и перспективы энтомологии в Казахстане / И.Д. Митяев, В.Л. Казенас, В.А. Кашеев // Тр. Ин-та зоологии. — 2005. — С. 70–84.
- 2 Шлыков Н.Б. Насекомые, вредящие тополевым насаждениям в культурной зоне некоторых районов Юго-Восточного и Южного Казахстана: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: 03.02.05 «Энтомология» / Н.Б. Шлыков. — Алма-Ата, 1952. — 15 с.
- 3 Ермолаев И.В. Экологические механизмы неперидической популяционной волны на примере тополевой моли-пестрянки — *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) / И.В. Ермолаев // Журн. общ. биол. — 2019. — Т. 80, № 6. — С. 451–476. <https://10.1134/S0044459619060034>
- 4 Скопин Н.Г. О некоторых пилильщиках и чешуекрылых — первичных вредителях тополей в Юго-Восточном Казахстане / Н.Г. Скопин // Ученые записки Казах. гос. ун-та им. С.М. Кирова. Биология и почвоведение. — 1957. — № 29. — С. 103–117.
- 5 Ермолаев И.В. Трофическая специализация тополевой моли-пестрянки *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) / И.В. Ермолаев, Е.А. Рублёва, С.Л. Рысин, А.А. Коженкова, М.В. Ермолаева // Энтомологическое обозрение. — 2020. — Т. 99, № 2. — С. 271–288. <https://10.31857/S0367144520020033>
- 6 Экология животных и фаунистика Тюменской области. — Тюмень: Тюмен. гос. ун-т., 1975. — 134 с.
- 7 Фауна и экология животных Тюменской области: сборник статей. — Тюмень: Тюменский гос. ун-т., 1976. — 124 с.
- 8 Гашев С.Н. Зоомузей Тюменского государственного университета — центр изучения биоразнообразия Западной Сибири / С.Н. Гашев, А.Д. Парфенов // Материалы Междунар. конф. «Наземные позвоночные животные аридных экосистем». — Ташкент: Chinor ENK, 2012. — С. 101–118.
- 9 Шлыков Н.Б. Биотопическая характеристика пауков Туринской равнины / Н.Б. Шлыков // Науч. тр. Тюмен. ун-та. — 1975. — Вып. 16. — С. 46–52.
- 10 Шлыков Н.Б. Материалы к познанию пауков — хортобионтов поймы Тобола / Н.Б. Шлыков // Экология и фауна животных. — Тюмень, 1977. — С. 77–80.
- 11 Шлыков Н.Б. Арахнологическая характеристика трех биотопов поймы Тобола / Н.Б. Шлыков // Экология и фауна животных. — Тюмень, 1978. — С. 41–46.
- 12 Есюнин С.Л. Фауна и биотопическое распределение пауков (Aranei) подзоны Южной тайги Западной Сибири / С.Л. Есюнин, А.С. Стёпина // Вестн. Перм. ун-та. — 2014. — № 4. — С. 24–54.
- 13 Есюнин С.Л. Фауна пауков Урала: история изучения и некоторые итоги: сб. науч. тр. // Успехи энтомологии на Урале / С.Л. Есюнин, В.Е. Ефимик. — Екатеринбург, 1997. — С. 118–121.
- 14 Михайлов К.Г. Bibliographia Araneologica Rossica 1770–2011 (Библиография по паукам России и республик бывшего СССР, 1770–2011) / К.Г. Михайлов. — СПб., 2012. — 229 с.

В.С. Абуkenова

Энтомолог және арахнолог Н. Б. Шлыковтың ғылыми қызметі басталуының 70 жылдығына орай

Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті құрылған кезінен бастап жоғары кәсіби ғылыми және педагогикалық кадрлармен ерекшеленді. Бұл Қарағанды педагогикалық институтының шығармашылық әлеуетінің сабақтастығымен байланысты. Мақала өз ісінің білгір маманы, педагогикалық институттың жаратылыстану факультетінің доценті Николай Борисович Шлыковтың ғылыми шығармашылығына арналған. Н.Б. Шлыков ҚазКСР Зоология институтының энтомология зертханасында тәжірибелік дайындықтан өтіп, өзі жұмыс істеген факультетте энтомологиялық және арахнологиялық зерттеулердің дамуына үлес қосты. 1960–1965 жылдар аралығында Қарағанды педагогикалық институтының жаратылыстану факультетінің зоология кафедрасының бірінші менгерушісі болды. Осы уақыт ішінде ол ғылыми жұмыстың жаңа бағыттарын қалыптастырумен айналысты, кадрларды тандап, іргелі зоологиялық оқу курстарын әзірлеуге бағыт берді. Оның терек зиянкестерінің биологиясы, өрмекшілердің фаунасы және экологиясы туралы ғылыми жарияланымдары көп жыл өтсе де, қазіргі ғалымдар үшін өзекті және құнды ақпарат көзі болып қала береді. Н.Б. Шлыков деректерінің дәйексөздігінің жоғары деңгейі — бірегей дәлдік пен мазмұндылықтың нәтижесі, оның ғылыми-зерттеу жұмысы — шәкірттерінің көптеген ұрпақтары үшін үлгі-өнеге.

Кілт сөздер: зоология кафедрасы Қарағанды педагогикалық институтының жаратылыстану факультеті, Н.Б. Шлыков, *Populus* тұқымдасының зиянкестері, *Phyllonorycter populifoliella*, *Phyllonorycter apparella*, Батыс Сібірдің арахнофаунасы.

V.S. Abukenova

On the 70th anniversary of the beginning of the scientific activity of entomologist and arachnologist Nikolay Borisovich Shlykov

Karaganda Buketov University has been distinguished by highly professional scientific and pedagogical personnel since its formation. This was determined by the continuity of the creative potential of the Karaganda Pedagogical Institute. Nikolay Borisovich Shlykov the associate professor of the Faculty of Natural Sciences was among the generalists of the Pedagogical Institute. He was a brilliant professional biologist. He received practical training in the Entomology Laboratory of the Institute of Zoology of the Republic of Kazakhstan and became a first-class scientist and teacher. He developed entomological and arachnological research at the university. Shlykov was the first head of the Zoology Department of the Faculty of Natural Sciences of the Karaganda Pedagogical Institute from 1960 to 1965. At that time, he was engaged in the formation of new areas of scientific work, selected personnel and directed the development of fundamental zoological training courses. His scientific publications on the biology of poplar pests, fauna and ecology of spiders are relevant and valuable sources of information for modern scientists. The high level of quotability of N.B. Shlykov's data is the result of unique accuracy and content. This is a sample of research work for many generations of his students.

Keywords: Department of Zoology of Faculty of Natural Sciences of Karaganda Pedagogical Institute, N.B. Shlykov, pests of species of the genus *Populus*, *Phyllonorycter populifoliella*, *Phyllonorycter apparella*, arachnofauna of Western Siberia.

References

- 1 Mitiaev, I.D., Kazenas, V.L. & Kashcheev, V.A. (2005). Istoriia, sostoianie i perspektivy entomologii v Kazakhstane [History, condition and prospects of entomology in Kazakhstan]. *Trudy Instituta zoologii — Proceedings of the Institute of Zoology*; 70–84. [in Russian].
- 2 Shlykov, N.B. (1952). Nasekomye, vrediashchie topolevym nasazhdeniiam v kulturnoi zone nekotorykh raionov Yugo-Vostochnogo i Yuzhnogo Kazakhstana [Insects that harm field plantings in the cultural zone of some areas of Southeastern and Southern Kazakhstan]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Alma-Ata [in Russian].
- 3 Ermolaev, I.V. (2019). Ekologicheskie mekhanizmy neperiodicheskoi populiatsionnoi volny na primere topolevoi molipestrianki — *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) [Ecological mechanisms of nonperiodical population wave on a case study of the poplar leafminer — *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae)]. *Zhurnal obshchei biologii — Journal of General Biology*, 80 (6), 451–476 [in Russian]. <https://10.1134/S0044459619060034>

4 Skopin, N.G. (1957). O nekotorykh pililshchikakh i cheshuekrylykh — pervichnykh vrediteliakh topolei v Yugo-Vostochnom Kazakhstane [About some sawflies and scale-winged — primary pests of poplars in Southeastern Kazakhstan]. *Uchenye zapiski Kazakhskogo gosudarstvennogo universiteta imeni S.M. Kirova. Biologiya i pochvovedenie — Scientific notes of Kazakhstan. State University by S.M. Kirov. Biology and soil science*, 29; 103–117 [in Russian].

5 Ermolaev, I.V., Rubleva, E.A., Rysin, S.L., Kozhenkova, A.A. & Ermolaeva, M.V. (2020). Troficheskaia spetsializatsiia topolevoi moli-pestrianki *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae) [Trophic specialization of the poplar leafminer *Phyllonorycter populifoliella* (Treitschke, 1833) (Lepidoptera, Gracillariidae)]. *Entomologicheskoe obozrenie — Entomological Review*. 99 (2); 271–288 [in Russian]. <https://10.31857/S0367144520020033>

6 (1975). *Ekologiya zhivotnykh i faunistika Tiimenskoi oblasti [Ecology of animals and faunistics of the Tyumen region]*. Tyumen: Tiimenskii gosudatstvennyi universitet [in Russian].

7 (1976). *Fauna i ekologiya zhivotnykh Tiimenskoi oblasti: sbornik statei [Fauna and ecology of animals of the Tyumen region. Book of articles]*. Tyumen: Tiimenskii gosudatstvennyi universitet [in Russian].

8 Gashev, S.N. & Parfenov, A.D. (2012). Zoomuzei Tiimenskogo gosudatstvennogo universiteta — tsentr izucheniia bioraznoobraziia Zapadnoi Sibiri [Zoomuseum of Tyumen State University — Center for the study of Biodiversity of Western Siberia]. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii “Nazemnye pozvonochnye zhivotnye aridnykh ekosistem” — Proceedings of the international conference “Terrestrial vertebrates of arid ecosystems”*. Tashkent: Chinor ENK, 101–118 [in Russian].

9 Shlykov, N.B. (1975). Biotopicheskaia kharakteristika paukov Turinskoi ravniny [Biotopic characteristics of spiders of the Turin plain]. *Nauchnye trudy Tiimenskogo universiteta — Scientific works of the Tyumen University*, 16; 46–52 [in Russian].

10 Shlykov, N.B. (1977). Materialy k poznaniiu paukov — khortobiontov poimy Tobola [Materials for the knowledge of hortobiont spiders of the Tobol floodplain]. *Ekologiya i fauna zhivotnykh — Ecology and fauna of animals*. Tyumen; 77–80 [in Russian].

11 Shlykov, N.B. (1978). Arakhnologicheskaiia kharakteristika trekh biotopov poimy Tobola [Arachnological characteristics of three biotopes of the Tobol floodplain]. *Ekologiya i fauna zhivotnykh — Ecology and fauna of animals*. Tyumen; 41–46 [in Russian].

12 Esiunin, S.L. & Stepina, A.S. (2014). Fauna i biotopicheskoe raspredelenie paukov (Aranei) podzony Yuzhnoi taigi Zapadnoi Sibiri [The fauna and biotopic distribution of the spiders (Aranei) in the southern taiga subzone of the Western Siberia]. *Vestnik Permskogo universiteta — Bulletin of Perm University*, 4; 24–54 [in Russian].

13 Esiunin, S.L. & Efimik, V.E. (1997). *Fauna paukov Urala: istoriia izucheniia i nekotorye itogi: sbornik nauchnykh trudov [Fauna of spiders of the Urals: the history of study and some results. Book of articles]*. Ekaterinburg, 118–121 [in Russian].

14 Mikhailov, K.G. (2012). *Bibliografiia po paukam Rossii i respublik byvshego SSSR, 1770–2011 [Bibliografiia Araneologica Rossica 1770–2011]*. Saint-Petersburg [in Russian].

А.К. Айтымов^{1*}, М.С. Ямбуров²¹Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;²Томский государственный университет, Томск, Россия

*Автор для корреспонденции: aidoz@mail.ru

Исследование анатомического строения надземных органов катальпы прекрасной 1-го года вегетации

Древесно-кустарниковая растительность имеет ключевую роль в озеленении городской среды. Высокие декоративные качества катальпы прекрасной являются ключевыми при выборе древесных растений для интродукции в условиях Карагандинской области. Выращивание саженцев для определенного региона необходимо осуществлять в местных условиях для повышения их адаптивных свойств. Для более полного изучения биологических особенностей вида было проведено анатомическое исследование молодых растений катальпы прекрасной. Было установлено, что лист катальпы дорсовентрального типа, устьица диацитного типа, клетки эпидермиса с извилистыми стенками, на нем расположены трихомы и эфирно-масличные железки; черешок листа в очертании округлый, с хорошо развитыми механическими тканями вокруг проводящих пучков. На внутреннем строении стебля и корня наблюдается начало формирования пробковой ткани и переход к непучковому типу строения проводящей системы. В целом, структура катальпы прекрасной свидетельствует о мезоксерофитном строении растения, что показывает его требовательность к условиям увлажнения. Лист — светового типа, то есть растения при планировании зеленого строительства необходимо размещать на участках с достаточным освещением. Полученные результаты будут дополнены исследованием анатомических показателей растений последующих лет развития.

Ключевые слова: *Catalpa speciosa*, декоративная культура, анатомия растения, вегетативные органы, микроскопическое исследование.

Введение

Растения являются базовым компонентом урбоэкосистемы; они не только обеспечивают привлекательный декоративный облик, но и создают особый микроклимат, благоприятный для жизни людей. Важнейшим условием создания эффективных зелёных насаждений является подбор устойчивого ассортимента пород с использованием инорайонных культур, способных оздоровить среду обитания и длительно сохранять декоративность видов и сортов [1]. Возрастает роль интродукции растений — вовлечения всё более широкого их ассортимента в культуру, выливающегося в массовый эксперимент в условиях контролируемой человеком среды обитания. Этот процесс ведет к увеличению биологического разнообразия районов, к формированию региональных культурных флор [2]. В связи с растущим глобальным спросом на экосистемные услуги, производимые деревьями, многие быстрорастущие, стрессоустойчивые или просто красивые виды деревьев были широко высажены за пределами их родных ареалов [3].

Исследуемый вид катальпы, помимо устойчивости к городским условиям, имеет высокие декоративные качества. В период цветения катальпа декоративна своей крупной, дающей хорошее затенение листвой [4]. Вид характеризуется обильным цветением, крупными цветками, также отличается такими функциональными свойствами, как засухоустойчивость, жаростойкость, газостойкость [5–9].

Катальпа прекрасная (*Catalpa speciosa* (Warder) Engelm., сем. *Bignoniaceae* Juss.) — дерево высотой до 30–35 м с широкопирамидальной кроной и сравнительно стройным стволом, покрытым красновато-коричневой корой крупночешуйчатого строения (рис. 1). Листья крупные, на длинных черешках, яйцевидно-продолговатые с длиннозаостренной вершиной и слегка сердцевидным основанием, сверху блестящие, зеленые, гладкие, снизу густоопушенные. Цветки крупные, диаметром до 6–7 см, в больших широких метелках длиной 15–30 см. Цветки с приятным запахом. Цветет в июне–июле.

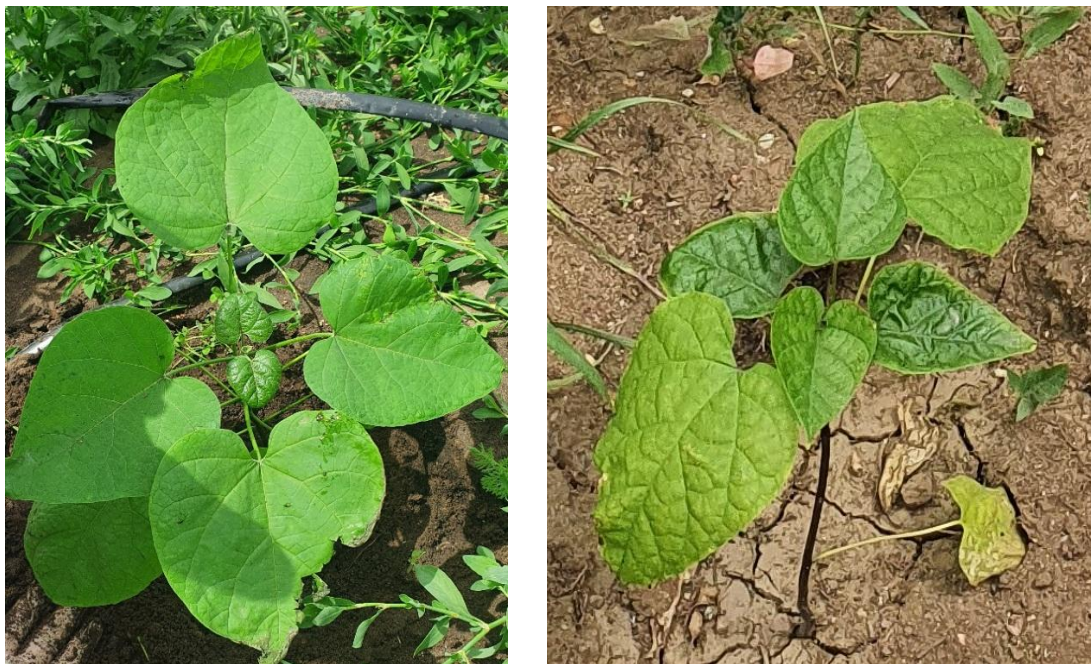


Рисунок 1. Внешний вид однолетних растений *Catalpa speciosa*

Плоды — длинные повислые стручковидные коробочки, длиной 20–45 см, толщиной 1,5–2 см, висят на дереве со второй половины лета и остаются на ветвях всю зиму. Лучшего развития достигает на плодородной глубокой влажной почве, но растет и на песчаных и довольно сухих глинистых почвах. Не переносит значительного засоления. Устойчива к дымовым газам. Сравнительно засухоустойчива. Севернее в холодные зимы значительно обмерзает и растет в виде куста, отмерзающего до уровня снега. Размножается посевом и черенками — корневыми и летними, а также отводками. Ареал — Северная Америка, южная часть бассейна р. Миссисипи [6].

Цель настоящего исследования — изучить анатомическое строение вегетативных органов однолетних особей катальпы прекрасной для понимания биологических особенностей вида и более успешной адаптации в условиях Центрального Казахстана.

Материалы и методы

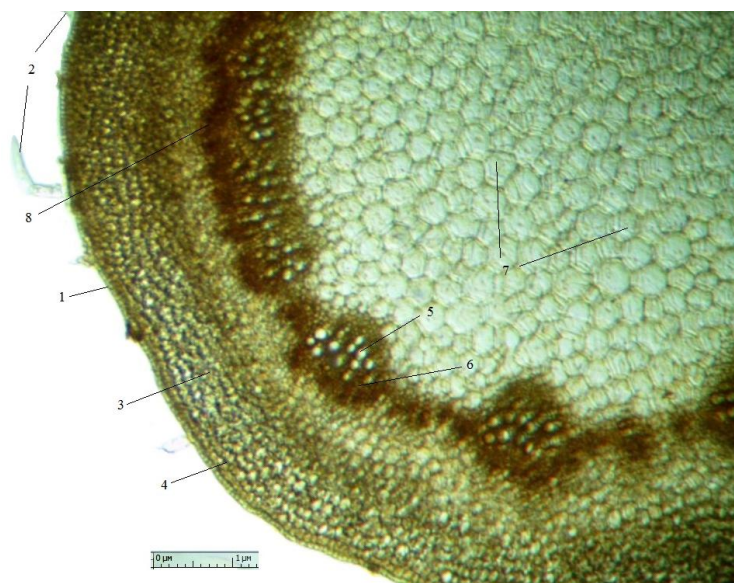
Объектами исследования являлись надземные органы *C. speciosa*. Материал для исследования (однолетние растения катальпы прекрасной) был выращен на коллекционном участке биолого-географического факультета Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, семенной материал был получен из Жезказганского ботанического сада (дата сбора — 3 декада октября 2020 г.).

Собранные на коллекции в 1 декаде сентября 2022 г. образцы однолетних растений (листья, стебли и корни) фиксировали в смеси глицерина, спирта (96 %) и дистиллированной воды в соотношении 1: 1: 1 (смесь Страуса–Флеминга) [10, 11]. Поперечные срезы листа, черешка, корня и стебля изготавливали вручную. Для стебля микропрепараты изготавливали из средней части побегов; для корня — из верхней части, в 5 см от корневой шейки; для листа — из центральной части с захватом срединной жилки; для черешка — из середины. Срезы просветляли при помощи глицерина. Препараты фотографировали на микроскопе Алтами с цифровой камерой 3,1 Мп при увеличении $\times 64$ и $\times 160$, с использованием синего светофильтра. Обработку фотографий выполняли в программе Altami Studio с использованием Paint 10.0. При описании анатомического строения использовали принципы, изложенные в трудах [12–14].

Результаты и их обсуждение

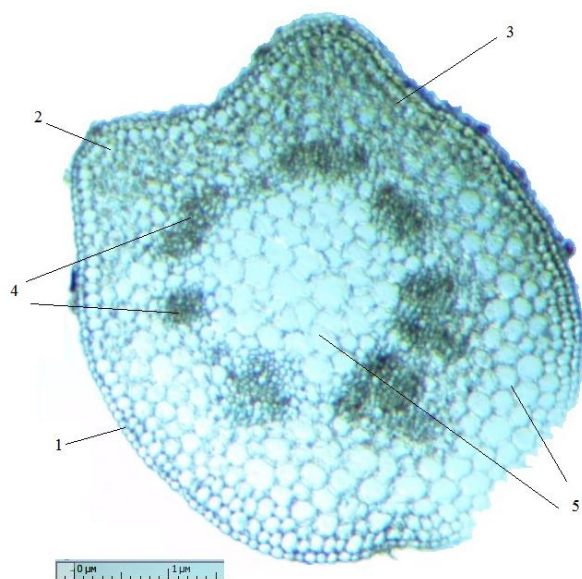
Анатомическое строение стебля. Топография годовичного побега катальпы прекрасной имеет сходное строение с другими покрытосеменными растениями [12] и включает в себя эпидермис, коровую паренхиму, участки колленхимы, камбий, проводящую зону, кольцо первичных механических элементов. Более подробное описание приведено ниже.

Поперечный срез однолетнего побега покрыт однослойным эпидермисом (рис. 2), клетки его прямоугольной или почти овальной формы. Типичной особенностью является отсутствие устьиц, что характерно для катальпы [15], но отмечены единичные простые многоклеточные трихомы. Феллема перидермы двухслойная, представлена почти прямоугольными клетками. Под перидермой расположена пластинчатая колленхима, за которой расположена хлорофиллозная паренхима, участвующая в фотосинтезе. Проводящая система кольцевого типа, включающая кольцо вторичной флоэмы, камбий и кольцо вторичной ксилемы. На годичных побегах просматриваются переходные зоны между пучковым и кольцевым типом. Сама склеренхима прерывистая, то есть не формирует кольцо, а образует группы волокон, приуроченных к участкам бывших сосудистых пучков. Центральная часть годичного стебля заполнена рыхлыми паренхимными клетками.



1 — эпидермис; 2 — трихомы; 3 — хлорофиллозная паренхима; 4 — пластинчатая колленхима; 5 — ксилема; 6 — флоэма; 7 — паренхима; 8 — эндодерма

Рисунок 2. Поперечный срез годичного стебля *Catalpa speciosa*. Ув. ×64



1 — эпидерма; 2 — колленхима; 3 — хлоренхима; 4 — проводящие пучки; 5 — мезофилл

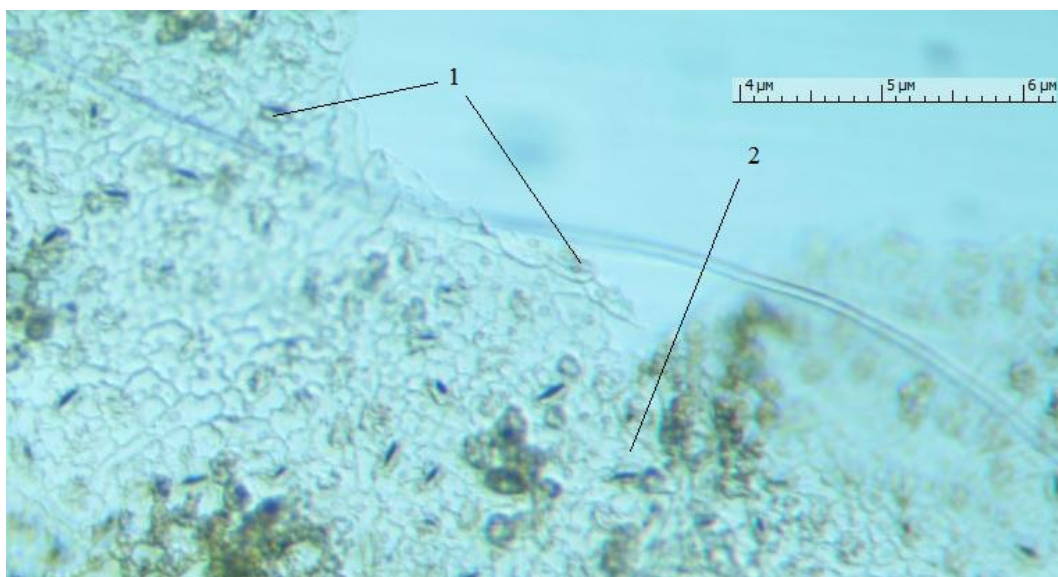
Рисунок 3. Поперечный срез черешка листа *Catalpa speciosa*. Ув. ×64

Анатомическое строение черешка листа. Черешок листа в очертании округлый или широкояйцевидный, с двумя небольшими «ушками», расположенными с брюшной стороны (рис. 3). Периметр черешка окружен однослойным эпидермисом, клетки которого четковидной формы, с утолщенными наружными стенками и кутикулой на поверхности. Не отмечено локализации устьиц или трихом в структуре эпидермиса. Под эпидермисом залегает 1–2-слойная хлоренхима, которая прерывается участками угловой колленхимы. Проводящая система — пучкового типа. Пучки коллатеральные, закрытые, расположены по кругу. Проводящие пучки включают флоэму, ориентированную к периметру черешка, и ксилему, ориентированную к центру черешка. Механическая ткань сформирована пучками склеренхимы, примыкающими к флоэме. Центральная часть черешка образована тонкостенными и крупными паренхимными клетками.

Анатомическое строение листа

Лист катальпы прекрасной простой, сердцевидной формы, с цельным краем, выемчатым основанием, заостренной вершиной и перисто-ветвистым жилкованием. Адаксиальная поверхность ярко-зеленая, гладкая, жилки малозаметные и светлее; абаксиальная сторона более матовая, светлее адаксиальной, с хорошо выраженными жилками.

На поверхностном препарате верхнего эпидермиса листа клетки со слабоизвилистыми стенками, устьица многочисленные, диацитного типа (рис. 4), поверхность покрывает тонкий слой кутикулы. Клетки нижней эпидермы сильноизвилистые, устьица редкие (рис. 5). Эпидермис над жилками листа представлен клетками прозенхимной формы, с тонкими и прямыми стенками (рис. 6).



1 — устьица; 2 — основные клетки эпидермиса

Рисунок 4. Эпидермис верхней стороны листа *Catalpa speciosa*. Ув. ×160

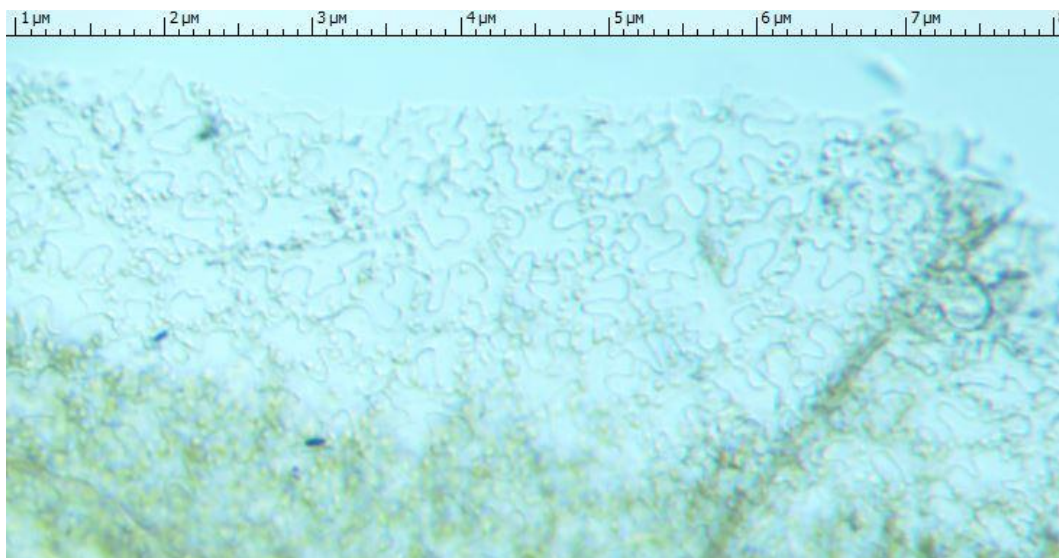
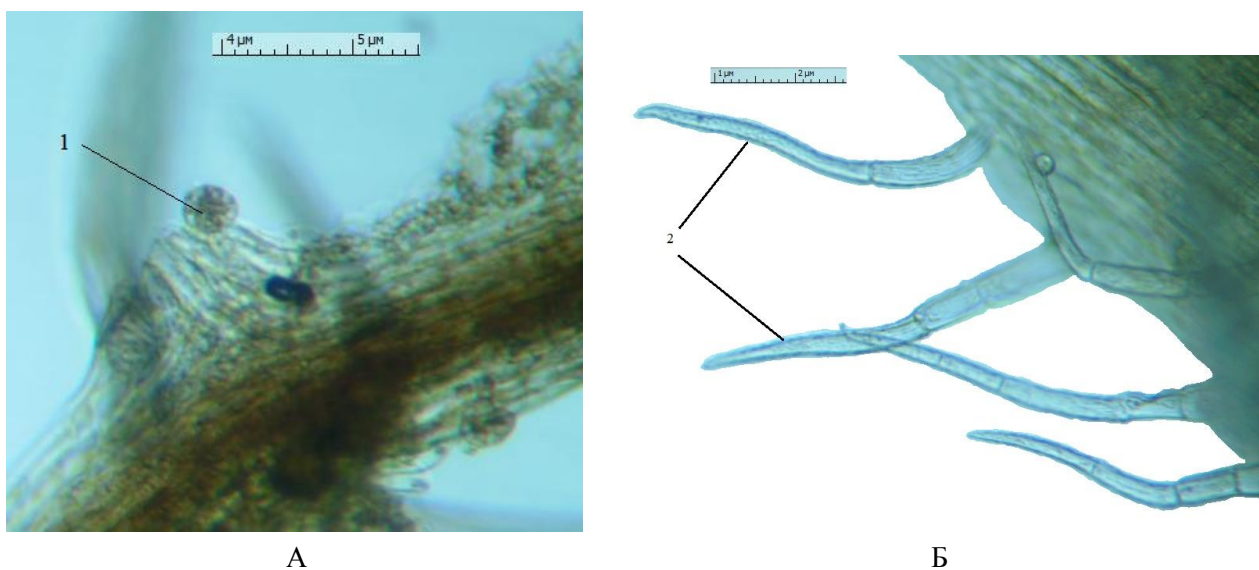


Рисунок 5. Эпидермис нижней стороны листа *Catalpa speciosa*. Ув. ×160



Рисунок 6. Участок эпидермиса листа *Catalpa speciosa* над жилкой. Ув. $\times 160$

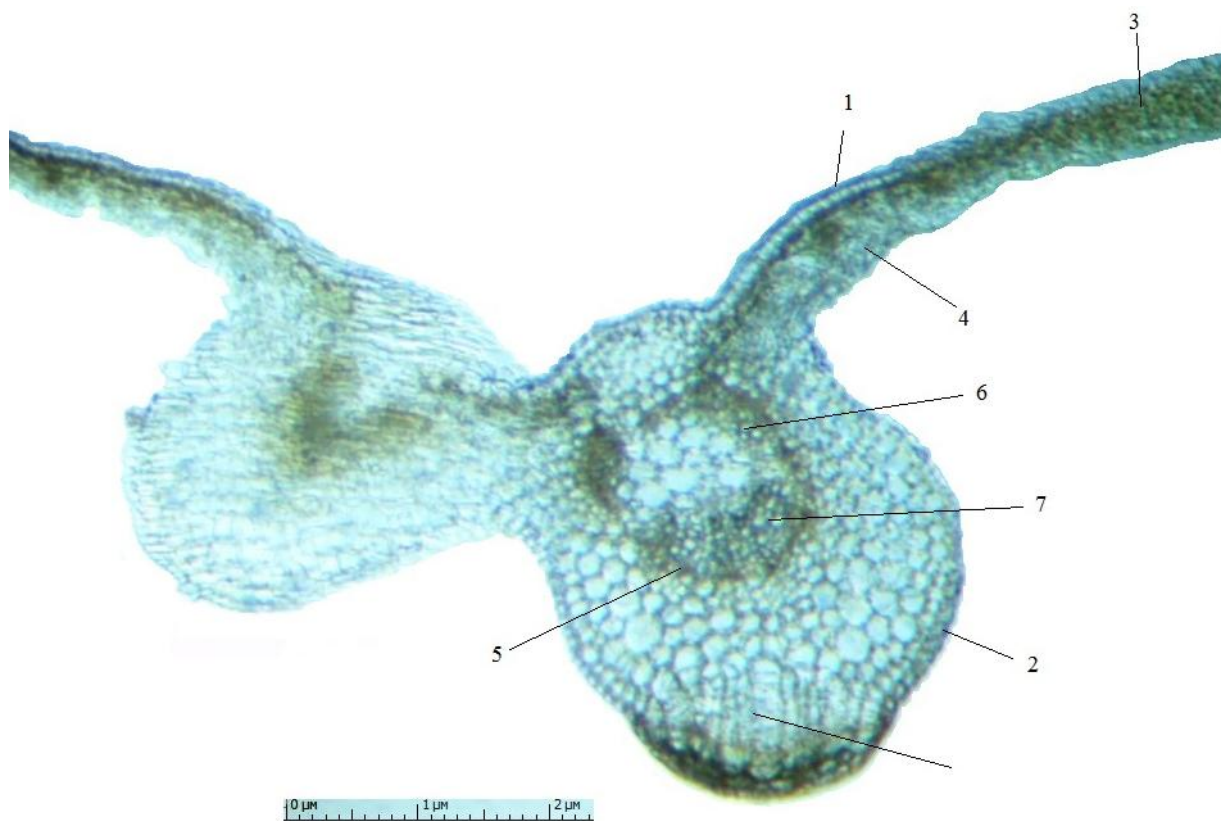
На поверхности листьев присутствуют редкие простые многоклеточные трихомы (рис. 7). Вдоль жилок листа, небольшими скоплениями, расположены эфиромасличные железы с многоклеточной головкой. Железки на ножке, плоские, иногда находятся в углубление эпидермы.



1 — эфиромасличная железка; 2 — трихомы

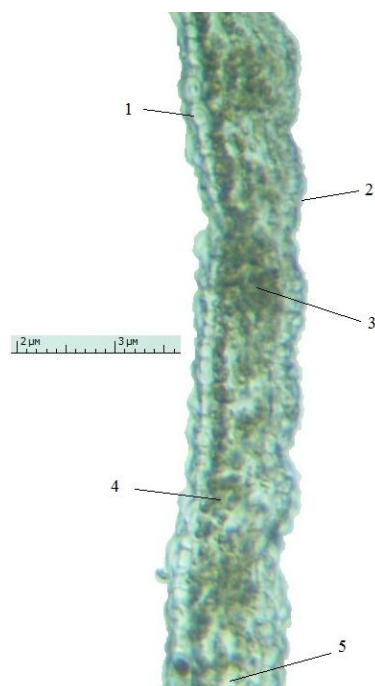
Рисунок 7. Участок эпидермы листа *Catalpa speciosa* с эфиромасличными железами (А) и трихомами (Б). Ув. $\times 160$

На поперечном срезе лист катальпы дорсовентральный, имеет два ряда клеток палисадного мезофилла (рис. 8, 9). Клетки эпидермиса на поперечном срезе округло-прямоугольные, с утолщенными наружными стенками и слоем кутикулы.



1 — верхний эпидермис; 2 — нижний эпидермис; 3 — столбчатый мезофилл; 4 — губчатый мезофилл; 5 — склеренхима; 6 — флоэма; 7 — ксилема

Рисунок 8. Поперечный срез листа *Catalpa speciosa* через область средней жилки. Ув. $\times 160$



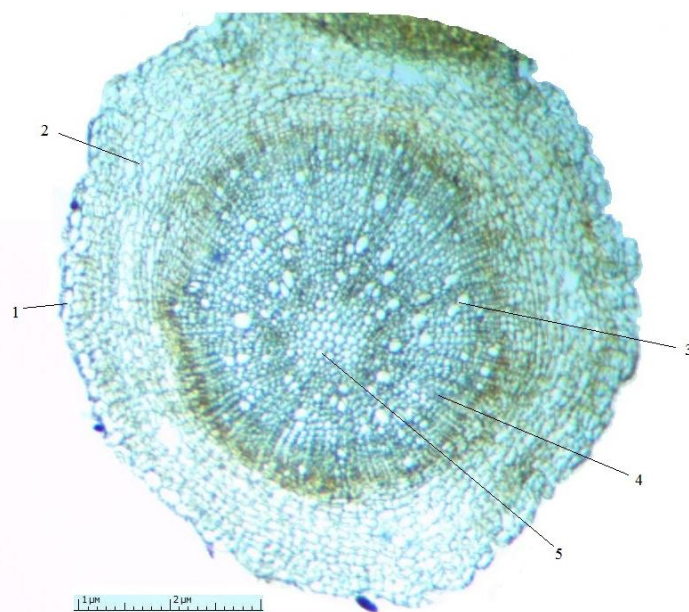
1 — верхний эпидермис; 2 — нижний эпидермис; 3 — проводящий пучок; 4 — столбчатый мезофилл; 5 — губчатый мезофилл

Рисунок 9. Поперечный срез листа *Catalpa speciosa*. Боковой фрагмент. Ув. $\times 160$

Клетки столбчатого мезофилла характеризуются крупными вытянутыми клетками прямоугольной и эллипсовидной формы, стенки обычно более толстые. Губчатый мезофилл представлен округлыми и слабо-окрашенными клетками, небольшого размера в боковых частях листа, более крупные в области главной жилки. Расположены клетки губчатой ткани обычно рыхло, образуя крупные межклетники. Границы слоев на поперечном срезе прослеживаются достаточно четко.

Проводящие пучки округлой или широко-яйцевидной формы, коллатеральные, закрытого типа. Пучки состоят из участков флоэмы и ксилемы, окруженных клетками склеренхимы и армирующих пучки.

Анатомическое строение корня. Молодой (годовой) корень снаружи покрыт остатками ризодермы, за которым следует коровая паренхима (рис. 10), наблюдается начало формирования пробки. Под коровой паренхимой расположен проводящий цилиндр корня. На его внешней стороне лежит флоэма, а основную часть цилиндра занимает вторичная ксилема, центральную часть — сердцевина.



1 — остатки ризодермы; 2 — коровая паренхима; 3 — ксилема; 4 — флоэма; 5 — сердцевина

Рисунок 10. Поперечный срез годовичного корня *Catalpa speciosa*. Ув. $\times 160$

Заключение

Проведены исследования анатомии надземных и подземных органов катальпы прекрасной первого года в условиях г. Караганды. Результаты показали, что анатомическое строение вегетативных органов данного растения характеризует его как мезоксерофитный вид, требовательный к условиям увлажнения, но способного переживать непродолжительные засухи. Листья светового типа с выявленной дифференциацией мезофилла, что свидетельствует о необходимости размещения растений на открытых пространствах, с минимальной степенью затенения.

Проводимые исследования позволяют определить особенности развития органов растения и оценить влияние факторов окружающей среды на развитие растений. Работы по исследованию анатомического строения будут продолжены для растений последующих годов развития.

Исследования выполнены в рамках внутреннего грантового проекта НАО «Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова» по теме «Разработка обоснования и методики оценки состояния и аварийности зеленых насаждений города Караганды и городов-спутников».

Список литературы

- 1 Бабич Н.А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов: моногр. / Н.А. Бабич, О.С. Залывская, Г.И. Травникова. — Архангельск: Архангел. гос. техн. ун-т, 2008. — 144 с.

- 2 Гаранович И.М. Характерные особенности современного озеленения областных центров Беларуси / И.М. Гаранович, М.Н. Рудевич // Материалы Междунар. конф., посвящ. 70-летию Центр. Сиб. бот. сада. — Новосибирск: ЦСБС СО РАН, 2016. — 354 с.
- 3 Castro-Díez P. Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services / P. Castro-Díez, A.S. Vaz // *Biological Reviews*. — 2019. — Vol. 94. — P. 1477–1501.
- 4 Галактионов И.И. Декоративная дендрология / И.И. Галактионов, А. Ву, В.А. Осин. — М.: Высш. шк., 1967. — С. 277, 278.
- 5 Арестова Е.А. *Catalpa* Scop. в зеленых насаждениях города Саратова / Е.А. Арестова // *Вестн. ВГУ. Сер. География, геоэкология*. — 2011. — № 2. — С. 124, 125.
- 6 Лапин П.И. Интродукция лесных пород / П.И. Лапин, К.К. Калущий, О.Н. Калущая. — М.: Лесн. промышленность, 1979. — 224 с.
- 7 Kurbaniyazov B. Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan / B. Kurbaniyazov, G. Berdimuratov, S.N. Kholova, A. Safarov, K. Safarov // *Web of Conferences*. — 2021. — Vol. 258. — Article ID 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 8 Мурзабулатова Ф.К. Опыт интродукции видов рода *Catalpa* Scop. в Ботаническом саду г. Уфы / Ф.К. Мурзабулатова, Н.П. Поляков // *Изв. Самар. науч. центра РАН*. — 2015. — Т. 17, № 4. — С. 245–247.
- 9 Серекеева Г.А. Некоторые биологические особенности интродуцированных видов *Catalpa speciosa* в условиях города Нукуса / Г.А. Серекеева, Г. Досжанова // *Экономика и социум*. — 2019. — № 5 (6). — С. 1–5.
- 10 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина. — М.: Высш. шк., 1960. — 206 с.
- 11 Барыкина Р.П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятков, Х.Х. Джалилова, Г.М. Ильина, Н.В. Чубатова. — М.: Моск. гос. ун-т, 2004. — 312 с.
- 12 Анели Н.А. Атлас эпидермы листа / Н.А. Анели. — Тбилиси: Мецниереба, 1975. — 105 с.
- 13 Лотова Л.И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений / Л.И. Лотова. — М.: КомКнига, 2007. — 512 с.
- 14 Rudall P.J. *Anatomy of flowering plants* / P.J. Rudall. — Cambridge: Cambridge University Press, 2007. — 159 p.
- 15 Рой Ю.Ф. Анатомическое строение коры однолетнего стебля *Catalpa speciosa* (Wardereh Barney) Wardereh Engelm. в условиях юго-востока Беларуси / Ю.Ф. Рой, В.И. Бойко // *Актуальные проблемы лесного комплекса*. — 2021. — № 60. — С. 147–150.

А.К. Айтымов, М.С. Ямбуров

Вегетациялық кезеңнің 1-ші жылындағы *Catalpa speciosa* жерүсті мүшелерінің анатомиялық құрылымын зерттеу

Ағаш-бұта өсімдіктері қалалық ортаны көгалдандыруда шешуші рөл атқарады. Әдемі сәнағашының жоғары әсемдік қасиеттері Қарағанды облысының жағдайында интродукция үшін ағаш өсімдіктерін таңдауда маңызды болып табылады. Белгілі бір аймаққа арналған көшеттерді өсіру олардың бейімделу қасиеттерін жақсарту үшін жергілікті жағдайларда жүргізілуі керек. Түрдің биологиялық ерекшеліктерін толығырақ зерттеу үшін әдемі сәнағашының жас өсімдіктеріне анатомиялық зерттеу жүргізілді. Сәнағашының жапырағы дорсовентральды типті, саңылауы диацит типті, эпидермис жасушаларының қабырғалары иректелген, оған трихомалар мен эфирлі-майлы бездер орналасқандығы анықталды; жапырақ сағағы дөңгелек пішінді, шоғырлының өткізгіш айналасында жақсы дамыған механикалық ұлпалары бар. Сабак пен тамырдың ішкі құрылымында тығын тінінің пайда болуының басталуы және өткізгіш жүйе құрылымының шоғырланбаған түріне көшу байқалады. Тұтастай алғанда, әдемі сәнағашының құрылымы өсімдіктің мезоксерофитті құрылымын дәлелдейді, бұл оның ылғалдану жағдайына деген қажеттілігін көрсетеді. Жапырағы — жарық типті, яғни жасыл құрылысты жоспарлау кезінде өсімдіктерді жеткілікті жарықтандырылған жерлерде орналастыру керек. Алынған нәтижелер кейінгі даму жылдарындағы өсімдіктердің анатомиялық көрсеткіштерін зерттеумен толықтырылады.

Кілт сөздер: *Catalpa speciosa*, сәндік өсімдік, өсімдік анатомиясы, вегетативті мүшелер, микроскопиялық зерттеу.

A.K. Aitymov, M.S. Iamburov

Study of the anatomical structure of the aboveground organs of *Catalpa speciosa* of the 1st year vegetation

Woody-shrub vegetation has a key role in greening the urban environment. The excellent decorative qualities of the catalpa are important when choosing a woody plant for introduction in the conditions of the Karaganda

region. Seedlings for a particular region must be grown locally to improve their adaptive properties. For a more complete study of the biological features of the species, an anatomical study of young catalpa plants was carried out. It was found that the leaf of the catalpa of the dorsal-ventral type, the stomata of the diacytic type, the cells of the epidermis with winding walls, trichomes and essential-oil glands are located on it; the petiole of the leaf is rounded in shape, with well-developed mechanical tissues around conductive bundles. On the internal structure of the stem and root, the beginning of the formation of cork tissue and the transition to a non-bundle type of structure of the conductive system is observed. In general, the structure of the catalpa is excellent evidence of the mesoxerophyte structure of the plant, which shows its demands on humidification conditions. Leaves are light type, that is, plants when planning green construction must be placed in areas with sufficient lighting. The results obtained will be supplemented by the study of anatomical indicators of plants of subsequent years of development.

Keywords: *Catalpa speciosa*, decorative culture, plant anatomy, vegetative organs, microscopic study.

References

- 1 Babich, N.A., Zalyvskaia, O.S. & Travnikova, G.I. (2008). *Introduitsenty v zelenom stroitelstve severnykh gorodov [Introducers in the green construction of northern cities]*. Arkhangel'sk: Arkhangel'skii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet [in Russian].
- 2 Garanovich, I.M. & Rudevich, M.N. (2016). Kharakternye osobennosti sovremenno go ozeleneniia oblastnykh tse ntrov Belarusi [Features of modern landscaping of regional centers of Belarus]. *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii, posviashchennoi 70-letiiu Tsentralnogo sibirskogo botanicheskogo sada — Materials of the International Conference dedicated to the 70th anniversary of the Central Siberian Botanical Garden*. Novosibirsk: Tsentralnyi Sibirskii botanicheskii sad [in Russian].
- 3 Castro-Díez, P. & Vaz, A.S. (2019). Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services. *Biological Reviews*, 94; 1477–1501.
- 4 Galaktionov, I.I., Vu, A. & Osin, V.A. (1967). *Dekorativnaia dendrologiia [Decorative dendrology]*. Moscow: Vysshiaia shkola, 277, 278 [in Russian].
- 5 Arestova, E.A. (2011). *Catalpa Scop.* v zelenykh nasazhdeniiakh goroda Saratova [Catalpa Scop. in the green spaces of the city of Saratov]. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Univesiteta, Serii Geografiia, geoeкологиia — Bulletin of Voronezh State University, series geography. Geoecology*, 2; 124, 125 [in Russian].
- 6 Lapin, P.I., Kalutskii, K.K. & Kalutskaia, O.N. (1979). *Introduksiia lesnykh porod [Introduction of Forest Species]*. Moscow: Lesnaia promyshlennost [in Russian].
- 7 Kurbaniyazov, B., Berdimuratov, G., Kholova, S.H., Safarov, A. & Safarov, K. (2021). Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan. *Web of Conferences*, 258; Article ID 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 8 Murzabulatova, F.K. & Poliakov, N.P. (2015). Opyt introduksii vidov roda *Catalpa Scop.* v Botanicheskom sadu g. Ufy [Experience in introducing species of the genus *Catalpa Scop.* in the botanical garden of Ufa]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 17 (4); 245–247 [in Russian].
- 9 Serekeeva, G.A. & Doszhanova, G. (2019). Nekotorye biologicheskie osobennosti introdutsirovannykh vidov *Catalpa Speciosa* v usloviiax goroda Nukusa [Some biological features of introduced *Catalpa speciosa* species in the city of Nukusa]. *Ekonomika i sotsium — Economics and Society*, 5 (6), 1–5 [in Russian].
- 10 Prozina, M.N. (1960). *Botanicheskaiia mikrotekhnikaiia [Botanical microtechnics]*. Moscow: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 11 Barykina, R.P., Veselova, T.D., Deviatov, A.G., Dzhaliilova, Kh.Kh., Ilina, G.M. & Chubatova, N.V. (2004). *Spravochnik po botanicheskoi mikrotekhnikaii. Osnovy i metody [Handbook of Botanical Microtechnics. Basics and Methods]*. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet [in Russian].
- 12 Aneli, N.A. (1975). *Atlas epidermy lista [Leaf Epidermal Atlas]*. Tbilisi: Metsniereba [in Russian].
- 13 Lotova, L.I. (2007). *Botanika: Morfologiia i anatomiia vysshikh rastenii [Botany: Morphology and Anatomy of Higher Plants]*. Moscow: KomKniga [in Russian].
- 14 Rudall, P.J. (2007). *Anatomy of flowering plants*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 15 Roi, Iu.F. & Boiko, V.I. (2021). Anatomicheskoe stroenie kory odnoletnego stebliia *Catalpa speciosa* (Warderex Barney) Warderex Engelm. v usloviiax iugo-vostoka Belarusi [Anatomical structure of the cortex of the annual stalk *Catalpa speciosa* (Warderex Barney) Warderex Engelm. in the conditions of southeastern Belarus]. *Aktualnye problemy lesnogo kompleksa — Current problems of the forest complex*, 60; 147–150 [in Russian].

A.Zh. Alimzhanova^{1*}, S.U. Tleukenova¹, G.I. Kulikova¹, N.S. Zinner²

¹Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan;

²Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

*Corresponding author: alimzhanovaidana3@gmail.com

A literary review on the hydroponic method of growing some medicinal plants

An important component in the daily preparation of nutritious food, as well as in the preservation of products, is spicy-aromatic plants. Essential oils and other physiologically active substances included in their composition excite the activity of the gustatory and digestive organs, cause appetite, enhance digestibility, favorably affect metabolism, the activity of the nervous and cardiovascular systems, and the general condition of a person. In order to obtain renewable raw materials that preserve the group chemical composition and biological activity, this review examines a promising direction of a biotechnological method for obtaining a product — hydroponics. Some advantages of using this method in the cultivation of medicinal plants have been identified. In most hydroponic systems, there is constant access to the roots, which allows you to solve possible problems with pathogens. It was found that if the health of the plant is strengthened, then productivity and yield will increase. And in the field of nutrition, many analyzes have been carried out, which consistently demonstrate a large, often twofold increase in the amount of vitamins and mineral salts. This also applies to the active substances in medicinal plants. The directions of further study are also clearly defined.

Keywords: medicinal plants, essential oils, biological active compounds, medicinal properties, hydroponics, substrate.

Introduction

Currently, there is a steady trend of increasing interest in drug and spicy-aromatic plants and their active substances. And this is not surprising. After all, man is an integral part of nature, and his life is inextricably linked with the plant world, as a result of which natural compounds have become vital factors for all metabolic processes for the human body [1].

The plant world is an inexhaustible storehouse of natural drug raw materials. For thousands of years, since ancient times, plants have been the only remedies. And today medicinal plants and preparations from them serve as an indispensable raw material for the production of a number of medicines. Every third medicinal product is prepared from drug plant raw materials. In addition, much attention is paid to local plant resources [1]. Essential oil plants play an important role in this regard, many of which have an extensive range and form a significant phyto-mass, which determines the prospects for their practical use.

The flora of Kazakhstan has got some huge opportunities as a source of promising medicinal forms. The active research going on over the world in the field of chemistry of natural compounds is continually increasing the number of pharmaceutical species. In the past years in Kazakhstan, new effective medical preparations from Kazakhstani species *Aconitum* L., *Delphinium* L., *Thalictrum* L., *Leonurus* L., *Peganum* L. and others have been obtained [2].

As a result of the screening has been made an annotated list of drug plants of Kazakhstan which including 1406 species related to 134 families of high flowering plants that makes up a one-fourth all the species of flora in Kazakhstan [3, 4].

The greatest number of medicinal plants species include the family *Asteraceae* (196 species), *Rosaceae* (89), *Lamiaceae* (78), *Fabaceae* (78), *Ranunculaceae* (75), *Apiaceae* (69) and *Brassicaceae* (63). Four more families represented by 45–30 species (*Polygonaceae* (44), *Caryophyllaceae* (41), *Poaceae* (35), *Boraginaceae* (30); 15 families contain about 10–21 species; 47 families contain from 9 to 3 species (*Berberidaceae*, *Iridaceae*, *Papaveraceae*, *Solanaceae*, and etc.); 22 families are presented by 2 species (*Equisetaceae*, *Linaceae*, *Nitrariaceae*, *Verbenaceae*, and etc.); by one species represented 35 or 26 % (*Aceraceae*, *Capparaceae*, *Datisceae*, *Juglandaceae*, *Polypodiaceae*, and etc.). The average number of specie per family is 10.6. The largest genera are *Artemisia* L. (40 species), *Potentilla* L. (24), *Euphorbia* L. (18). Genera *Ferula* L., *Polygonum* L., *Rumex* L. accounts for the equal number of species (by 15). *Astragalus* L. (14) and *Ranunculus* L. are quite essential [5].

Experimental

The objects of research are some drug plants grown by the hydroponics method.

Plants can be grown in two ways: either when the bare roots grow in a nutrient solution, or in a non-soil inert substrate. In some languages, the term “hydroponics” refers to the cultivation of plants in water. And the term “groundless” refers to cultures on a substrate.

Webster's explanatory dictionary gives the following, surprisingly succinct definition of the term “hydroponics”: “a method of growing a plant without soil in water containing dissolved nutrients”. If the rules are followed, the taste and nutritional qualities of fruits, vegetables and herbs grown on hydroponics exceed the properties of the same products grown in the ground, and with less impact on the environment [6].

The use of hydroponics is especially beneficial when the main product obtained from the plant is the root. In most medicinal plants, the active principles are (or are also) in the roots. In some cases, the active principles in the roots differ from those contained in the aboveground part of the plant.

They cannot be extracted without destroying the plant itself. As a result, many wild medicinal plants are subjected to predatory harvesting, sometimes up to their extermination.

In closed hydroponic systems, the roots are exposed and washed by a flow of nutrients. In such a situation, you can almost constantly collect a large number of roots without destroying the plant. Obviously, at the same time it is necessary to cut the aboveground part to keep the plant in good balance. In some cases, this green biomass itself is an additional source of extraction, in other cases it simply goes into compost. Collecting roots by this method maintains their purity and does not require washing or other treatment before extraction. They are also very rich in active principles.

Their concentration can be increased by adapting the nutrition of the plant to the type of molecule that we want to get. Next, we can increase the growth of the roots ourselves by adjusting the level of dissolved oxygen in the nutrient solution [6, 7].

Literature review

Hydroponics received practical application long before the formation of a theoretical knowledge base about this method. The tribes of South America and Mexico already in 1100 used rafts made of reeds, on which dirt from volcanic rock was laid, and plants were planted. These rafts were floated to the nearest lakes, the water in which was of the required temperature. Minerals from the mud gradually passed into solution and became available for plant nutrition. Similar structures have been found in other parts of the world. In 1275, Marco Polo met floating gardens in China. Exact information about the discoverers of this technology is not known, but today these are the oldest hydroponic structures known to history.

William F. Gerick is considered to be the founder of modern hydroponics. He coined the term “hydroponics” and proved the possibility of growing different types of plants in containers with nutrient solution. During the Second World War, his technology was used to create the first industrial embodiment of hydroponics. During the Pacific campaign, the US Army encountered difficulties in cultivating food on local rocky and salt-saturated soils. Transporting food to remote corners was a very expensive and impractical idea, and Japanese aviation, which periodically attacked transport convoys, also presented difficulties. Therefore, hydroponic plantations were urgently created on Wake Island, which brought 20 kg of tomatoes, 10 kg of beans, 20 kg of corn cobs and 20 kg of green salad every week. The experience turned out to be successful, so the same plantations were created at the Habbaniya air base in Iraq and in oil-rich, but not food-rich Bahrain [7].

For quite a long time, ideas about plant nutrition were formed on the erroneous judgments of Aristotle. In his writings, he argued that plants feed on organic substances and only ensure the redistribution of organic matter. It was only in the XVII century that Johann Baptist van Helmond conducted an experiment that questioned Aristotle's ideas. In the XVIII century, Joseph Priestley and Jan Ingenhaus discovered to the world the phenomenon of plant respiration and the assimilation of carbon dioxide. The final refutation of this theory in 1840 was presented in his book by the German agro-chemist Justus von Liebig. He wrote the following: “Plant organisms, or, consequently, organic compounds are a means of nutrition and maintenance of human and animal life. The source of plant nutrition, on the contrary, is exclusively inorganic nature”.

The most striking example of the use of hydroponics is the food industry of the Netherlands. The Netherlands is the largest supplier of food in the world, which is slightly inferior in terms of production only to the United States. However, the area of Holland is 42,508 square kilometers, and the area of the United States is 231 times larger.

Hydroponics is highly efficient agriculture. More than half of the country territory is used for agriculture. The Netherlands is the world leader in the production of fruits, potatoes, onions and the second in the export of vegetables. Most of the seeds produced in the world are also obtained in the Netherlands.

The following advantages of using this method for growing plants have been identified:

- regulation of recharge;

Only those elements that will be introduced into the water fall into the root zone, moreover, in the proportions we have set. At any given time, it is possible to control the quality and quantity of nutrients dissolved in water.

- saving water;

Compared to plants growing in the soil, the water savings are very impressive. Recent improvements in attitude — the transition from watering the entire field to delivering water to the base of plants — have significantly increased the efficiency of water consumption in gardening. However, hydroponics is still much more effective in this regard.

- saving nutrients;

Similarly, plants completely absorb all the consumed nutrients. Nothing goes into the ground, groundwater is not polluted, and there is no impact on microbial life in the soil. Thanks to improved health and accelerated growth, there is less need for pesticides.

- no need for herbicides;

There is nowhere for weeds to grow in plastic trays or gutters. Both circumstances: and that there is no need for herbicides and that pests can be destroyed in less radical ways — makes hydroponics a very clean technology.

- a plant originally grown by hydroponic methods is viable;

If you grow a mother plant on hydroponics for the purpose of further cloning and then transplant the sprouts into the soil, they will be more viable than if they originated from a mother plant in the soil.

- the size increases, the quality increases;

It was revealed that if you strengthen the health of the plant, then productivity and yield will increase. And in the field of nutrition, many analyzes have been carried out, which consistently demonstrate a large, often double increase in the amount of vitamins and mineral salts. This also applies to active principles in medicinal plants.

- stable access to the roots;

It is very useful to constantly check the condition of the roots. In most hydroponic systems, such access is available, which makes it possible to solve possible problems with pathogens; with intervention at an early stage, they are easily cured. The roots will also tell you a lot about the health of the plant and how it will develop in the future.

- space is used more efficiently;

Roots do not need to spread as in the ground. Plants can receive all the required nutrition in a limited area without entering into a competitive struggle with each other. As a result, plants can stand closer to each other than in the ground. So you can get a “sea of greenery”. With this method, an incredible plant density is achieved — up to 60–70 plants per square meter [8].

In the light of the above about the limited space for the root zone, the choice of substrate becomes extremely important! It is also vital to adapt the irrigation schedule to the substrate schedule. In order for a substance to serve as a good substrate, it must meet certain requirements: it should not contain excess sodium chloride — ordinary table salt. This is a constant problem with the substrate on coconut fiber. It should also contain no elements potentially harmful to plants, and certainly no elements toxic to humans, such as heavy metals.

A good substrate should have a durable structure and not hold mineral elements too much. Scientists study in detail many parameters that are distinctive features of substrates. These are, among other things, physical, chemical and biological parameters, for example, bulk density, porosity, particle size, as well as exchangeable ions, pH, phyto toxicity. The most important thing for us is the moisture-holding capacity and moisture capacity. These are two different properties, and they should not be confused. Moisture capacity is the amount of water that a given volume of substrate is able to absorb.

Water retention is the force that holds water in the substrate. It is determined by measuring the reverse force — the suction force that the roots must exert to absorb water; it is usually expressed in kilo Pascals. In a good substrate, moisture retention should not be very strong. If the force holding water in the substrate is greater than the roots can provide, then the plant will wither. On the other hand, if the moisture retention is

weak, the substrate dries out too quickly. One of the main keys to success in hydroponics is the harmonization of the irrigation cycle with the moisture capacity and moisture retention of the substrate [9]. The idea is to provide a moist environment for plants, but one that will be frequently irrigated to create an influx of air and water into the root zone.

Another important property of the substrate is its maximum neutrality. It should not affect either the pH or the electrical conductivity.

The surface of the particles of some substrates has an electric charge that captures certain dissolved ions, thereby modifying the nutrient solution. It is necessary to fill this gap with a mixture of a nutrient adapted for this substrate. Not all elements are equally susceptible to such capture. For example, nitrate (NO_3^-), the main source of nitrogen in hydroponics, has high solubility and low attractiveness for positively charged particles, so it is always available to plants. Conversely, another common source of nitrogen, ammonia (NH_4^+), has a high attraction for negatively charged particles, which affects its availability.

This is just one example of the complex interactions between nutrient solution and substrate. It is much worse when the elements reacting with each other and forming salts float in the same solution. In particular, calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) can react with phosphorus or sulfur to form phosphates or sulfates. Over time, deposits of dead organic matter and dry salts disrupt the uniformity of many substrates, creating sinuses in the environment that are unfavorable for the roots.

The substrate becomes less and less homogeneous and reacts more and more with the nutrient solution through deposits of decomposing organic matter. The characteristics of the substrate will affect the bacterial life that will develop on it, and how to deal with decomposing organic matter. There are two types of substrates — inorganic and organic [10].

Based on these studies, we assume that the active substance of a medicinal plant grown by the hydroponics method, provided that the required parameters are met, will be more promising in practical use.

Conclusions

The above studies indicate the need for a more detailed study of the properties of some medicinal plants and to develop a scheme for a suitable hydroponic installation. In this regard, analyzing previous studies, it is possible to study the component composition of essential oils of medicinal plants grown on a hydroponic plant.

References

- 1 Зыкова И.Д. Компонентный состав эфирных масел дикорастущих лекарственных растений флоры Сибири / И.Д. Зыкова, А.А. Ефремов. — Красноярск, 2014. — С. 195–215.
- 2 Адекенов С.М. Итоги исследования растений Казахстана и Сибири на содержание биологически активных соединений / С.М. Адекенов // Материалы 3 Междунар. конф. по проблемам промышленной ботаники в индустриальных регионах. — Кемерово, 2012. — С. 15–18.
- 3 Грудзинская Л.М. Список лекарственных растений Казахстана / Л.М. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева. — Алматы, 2012. — 145 с.
- 4 Грудзинская Л.М. Аннотированный список лекарственных растений Казахстана / Л.М. Грудзинская, Н.Г. Гемеджиева, Н.В. Нелина, Ж.Ж. Каржаубекова. — Алматы, 2014. — С. 111–115.
- 5 Grudzinskaya L.M. The Kazakhstan medicinal flora survey in a leading families volume / L.M. Grudzinskaya, N.G. Gemedzhieva, Zh.Zh. Karzhaubekova // Bulletin of the Karaganda University. Ser. Biology. Medicine. Geography. — 2020. — № 4(100). — P. 39–51. <https://doi.org/10.31489/2020BMG4/39-51>
- 6 Тексье У. Гидропоника для всех / У. Тексье. — Франция: Hydroscope, 2013. — 296 с.
- 7 Зальцер Э. Гидропоника для любителей / Э. Зальцер. — М.: Колос, 1965. — 160 с.
- 8 Симидчиев Х. Тепличное овощеводство на малообъемной гидропонике / Х. Симидчиев, В. Каназирская, К. Милюев. — М.: Агропромиздат, 1986. — 136 с.
- 9 Richa A. Recent advances and perspectives in the treatment of hydroponic wastewater: a review / A. Richa, S. Touil, M. Fizir, V. Martinez // Rev Environ Sci Biotechnol. — 2020. — Vol. 19. — P. 945–966.
- 10 Kurklu A. A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture / A. Kurklu, A. Ghafoor, F.A. Khan, Q. Ali // Int J Agr Env & Food Sci. — 2018. — Vol. 2(2). — P. 56–66. <https://doi.org/10.31015/jaefs.18010>

А.Ж. Алимжанова, С.У. Тлеуменова, Г.И. Куликова, Н.С. Зиннер

Кейбір дәрілік өсімдіктерді өсірудің гидропоникалық әдісіне әдеби шолу

Күнделікті қоректік тағамдарды дайындаудағы, сондай-ақ өнімдерді сақтаудағы маңызды компонент — хош иісті өсімдіктер. Эфир майлары және олардың құрамына кіретін басқа физиологиялық белсенді заттар дәм мен ас қорыту органдарының қызметін қоздырады, тәбетті тудырады, сіңімділігін арттырады, метаболизмге, жүйке және жүрек-тамыр жүйелерінің қызметіне, адамның жалпы жағдайына жағымды әсер етеді. Топтық химиялық құрамы мен биологиялық белсенділігін сақтайтын жаңартылатын шикізатты алу мақсатында осы шолуда өнімді алудың биотехнологиялық тәсілінің перспективасы бағыты — гидропоника қарастырылған. Дәрілік өсімдіктерді өсіру кезінде осы әдісті қолданудың кейбір артықшылықтары анықталды. Гидропоникалық жүйелердің көпшілігінде тамырлар үнемі қол жетімді, бұл патогендермен байланысты мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Егер өсімдіктің денсаулығын нығайтсақ, онда өнімділік артады. Тамақтану саласында көптеген сынақтар жүргізілді, олар үнемі дәрумендер мен минералды тұздар санының екі есе артуын көрсетеді. Бұл дәрілік өсімдіктердегі белсенді заттарға да қатысты. Одан әрі зерттеу бағыттары да нақты анықталған.

Кілт сөздер: дәрілік өсімдіктер, эфир майлары, биологиялық белсенді қосылыстар, емдік қасиеттері, гидропоника, субстрат.

А.Ж. Алимжанова, С.У. Тлеуменова, Г.И. Куликова, Н.С. Зиннер

Литературный обзор на гидропонный метод выращивания некоторых лекарственных растений

Важным компонентом в ежедневном приготовлении питательной пищи, а также в консервировании продуктов являются пряно-ароматические растения. Эфирные масла и другие физиологически активные вещества, входящие в их состав, возбуждают деятельность органов вкуса и пищеварения, вызывают аппетит, повышают усвояемость, благоприятно влияют на обмен веществ, деятельность нервной и сердечно-сосудистой систем, общее состояние человека. С целью получения возобновляемого сырья, сохраняющего групповой химический состав и биологическую активность, в данном обзоре рассмотрено перспективное направление биотехнологического способа получения продукта — гидропоника. Были выявлены некоторые преимущества использования этого метода при выращивании лекарственных растений. В большинстве гидропонных систем имеется постоянный доступ к корням, что позволяет решить возможные проблемы с патогенами. Было установлено, что если укрепить здоровье растения, то увеличатся продуктивность и урожайность. А в области питания было проведено множество анализов, которые последовательно демонстрируют большое, часто двукратное увеличение количества витаминов и минеральных солей. Это также относится к активным веществам в лекарственных растениях. Также четко определены направления дальнейшего изучения.

Ключевые слова: лекарственные растения, эфирные масла, биологически активные соединения, лечебные свойства, гидропоника, субстрат.

References

- 1 Zykova, I.D. & Efremov, A.A. (2014). *Komponentnyi sostav efirnykh masel dikorastushchikh lekarstvennykh rastenii flory Sibiri [Component compositions of essential oil of wild medicinal plants of Siberia flora]*. Krasnoyarsk, 195–215 [in Russian].
- 2 Adekenov, S.M. (2012). Itogi issledovaniia rastenii Kazakhstana i Sibiri na sodержание biologicheskii aktivnykh soedinenii [Results of the study of plants of Kazakhstan and Siberia for the content of biologically active compounds]. *Materialy 3 Mezhdunarodnoi konferentsii po problemam promyshlennoi botaniki v industrialnykh regionakh — Materials of 3 International Conference on industrial botany in industrial regions*. Kemerovo, 15–18 [in Russian].
- 3 Grudzinskaya, L.M. & Gemedzhieva, N.G. (2012). *Spisok lekarstvennykh rastenii Kazakhstana [A list of medicinal plants of Kazakhstan]*. Almaty [in Russian].
- 4 Grudzinskaya, L.M., Gemedzhieva, N.G., Nelina, N.V. & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2014). *Annotirovannyi spisok lekarstvennykh rastenii Kazakhstana: spravochnoe izdanie [Annotated list of medicinal plants of Kazakhstan]*. Almaty [in Russian].
- 5 Grudzinskaya, L.M., Gemedzhieva, N.G. & Karzhaubekova, Zh.Zh. (2020). The Kazakhstan medicinal flora survey in a leading families volume. *Bulletin of the Karaganda University. Ser. Biology. Medicine. Geography*, 4(100); 39–51. <https://doi.org/10.31489/2020BMG4/39-51>
- 6 Tekse, U. (2013). *Gidroponika dlia vsekh [Hydroponics for everybody]*. France: Hydroscope [in Russian].
- 7 Zaltser, E. (1965). *Gidroponika dlia liubiteli [Hydroponics for amateurs]*. Moscow: Kolos [in Russian].

- 8 Simidchiev, Kh., Kanazirskaia, V. & Miliev, K. (1986). *Teplichnoe ovoshchevodstvo na maloobemnoi gidroponike [Greenhouse vegetable growing on low-volume hydroponics]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
- 9 Richa, A, Touil, S., Fizir, M. & Martinez, V. (2020). Recent advances and perspectives in the treatment of hydroponic wastewater: a review. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 19; 945–966.
- 10 Kurklu, A., Ghafoor, A., Khan, F.A. & Ali, Q. (2018). A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture. *Int J Agr Env & Food Sci*, 2(2), 56–66. <https://doi.org/10.31015/jaefs.18010>

G.A. Amertayeva*, A.T. Mamurova, B.B. Osmonali

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: be96ka_kz@mail.ru

Morphological characteristics and anatomical features of the perennial herb *Ajania fastigiata* (C. Winkl.) Poljakov (Asteraceae)

Medicinal plants are currently the most relevant objects of research. Since the final product that is obtained from useful plants belongs to the most valuable medicines. Particularly interesting plants in medicine are those containing essential oils, for example, species of the genus *Artemisia*, but few people know that closely related species of the genus *Ajania* are also rich in essential oils. The genus *Ajania* belongs to the Asteraceae family. Only 2 species of this genus are found in Kazakhstan: *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak (shrub) and *Ajania fastigiata* (C. Winkl.) Poljak (perennial plant). Our object of research is *Ajania fastigiata*, which is distributed throughout the mountainous territory of the Southern and Southeastern regions of the Republic of Kazakhstan. It is little studied in terms of precise morphological and anatomical features, knowledge of which makes it possible to quickly determine and refine the species. The nearest point in the Trans-Ili Alatau was chosen for the prototype. The research methods were classical botanical and anatomical. When analyzing the approximate population, the morphological data of the species for this territory were clarified. Anatomical studies have shown that the leaves of *Ajania fastigiata* contain essential oil glands and receptacles for metabolic products. The stems of this species have a characteristic arrangement of sclerenchyma in separate strands.

Keywords: Asteraceae, *Ajania fastigiata*, morphology, anatomy, medicinal plants, essential oils, systematic features, Trans-Ili Alatau.

Introduction

According to the World Health Collective, it is assumed that over the next 10 years, the share of herbal preparations for the provision of medicines to the population may be more than 60 percent. There are more than 6000 species of plants on the territory of the Republic of Kazakhstan, from which it is possible to produce the necessary medicines. So far, only 130 of their species have been used as raw materials for the production of medicines. Determination of anatomical and diagnostic signs of vegetative organs of medicinal plants improves the quality of selection of raw materials for use in pharmacology [1].

The flora of Kazakhstan is very rich in useful plants, including medicinal plants, which are considered especially important. It is known that preparations from them are highly effective. As a result, phytotherapy is developing significantly today. Recently, some medicinal plants have been wastefully, as a result of abundant use, almost completely destroyed or destroyed. In this regard, we must not only use medicinal plants, but also promote their protection to the next generations [3].

Currently, special attention has been paid to medicinal plants for the treatment of various diseases. Our country is interested in the production of phytopreparations. Along with the extraction of medicinal raw materials from nature, the introduction and cultivation of valuable medicinal plants is necessary. Knowledge of the peculiarities of the formation of organs of medicinal plants allows them to be used more widely in pharmaceutical production from a scientific point of view [2, 4].

For the proper use of medicinal plants, the most important thing is to know the biological characteristics and chemical composition of each of their organs. The chemical composition of plants is also diverse. They contain saponins, essential oils, tannins, flavonoids, glycosides, etc. biologically active substances.

In the world, obtaining the necessary volumes of plant raw materials is carried out in two main ways: industrial cultivation and harvesting of wild raw materials of medicinal plants [5]. In Mongolia, essential oils obtained from plants are used as antibacterial drugs [6]. Essential oils of species of the genus *Ajania*, has a pronounced tuberculostatic, antimicrobial, antiviral, wound healing and fungicidal effect, etc. [7, 8]. The need to obtain plant raw materials of this species determined the directions of its morphological and anatomical research.

The distribution of plants of the genus *Ajania* of *Asteraceae* family is characteristic of the flora of Central Asia, Kazakhstan and Mongolia. On the territory of the Republic of Kazakhstan, there are two types of *Ajania*: *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak and *Ajania fastigiata* (C. Winkl.) Poljak [9].

The most important features for the systematics of the genus *Ajania* are concentrated in the generative sphere. Let's take a closer look at some of them. Baskets in the genus are mostly heterogamous, very rarely homogamous — most often (in relation to 2 homogamous to 3 heterogamous on one plant) they are found in the monotypic section *Trifida*. *Ajania* has very diverse corollas of disc flowers. For the species of the *Ajania* section, narrow-conical with straight teeth are most characteristic, for *Integrifolia* — narrow-conical with bent teeth, for the rest of the sections — narrow-conical with bent teeth. The bending of the teeth during dusting, according to our assumption, was developed as a result of adaptation to anemophilia. Apparently, the bending of the teeth contributes to a more efficient blowing of pollen from the tops of the folded blades of the column in rare cases; the structure of the corollas of marginal flowers is of diagnostic importance. For example, they are very peculiar in *A. aureoglobosa* — 5-toothed, noticeably two-lobed. In other species, they are usually strongly reduced, 3–4-unequal [10, 11].

Achenes in the genus *Ajania* are of two types. In the species of the *Ajania*, *Integrifolia*, *Trifida* and *Eremanthemum* sections, they are exactly the same and differ well from the achenes of the *Cyanthemum* section. We will point out the most basic differences, in the first achenes 0.9–1.8 mm long, without real ribs, when wetted they instantly become slimy (covered with a solid gelatinous substance), in *Cyanthe* they are 1.6–2.2 mm long, with more or less pronounced ribs (at least one of them is wing-shaped), when wetted they do not become slimy. These types also differ well in anatomical features [11].

The shape of the basket wrappers, the outer leaves of the wrapper, the structure of the inflorescences and, to a lesser extent, the shape of the flower bed and the structure of the stolons are also of important diagnostic importance.

According to 14 species of the genus *Ajania*, pollen grains are monotonous and belong to the type and subtype of *Tanacetum* described in the literature. Small differences are observed in quantitative parameters [10, 11].

Stamens in the genus *Ajania* are also monotonous. In the vegetative sphere, the structure and shape of the leaves and stipulate appendages, the type of pubescence, to a lesser extent the length of the stems, the color of the caudex, the glandularity of the leaves, etc. are important for the systematic of *Ajania* [12].

The species of the *Ajania* section are mainly perennial rhizomatous grasses, the only species of the *Integrifolia* section is a semi-shrub, the species of the remaining sections are semi-shrubs. In most cases in the genus *Ajania*, species belonging to one or another section can be determined by life forms alone and some features of axial organs [11, 13].

The structure of the hairs in the genus, with rare exceptions, is monotonously two-pointed pressed, usually oriented along the axes of the organs [6, 10].

Experimental

The object of the study is *Ajania fastigiata*, the species belongs to the section *Eremanthemum* Muld. the genus *Ajania* Poljak, which belongs to the *Asteraceae* family [14].

For morpho-anatomical studies, the object was collected in the Trans-Ili Alatau, Almaty region, Karasay district, along the upper highway behind the village of Ushkonyr, coordinates N 43°7'37" E 76°30'45" h — 1440 m (Fig. 1).

Cross-sections of plants were made according to the generally accepted method of P.P. Barykina on the freezing device OL-ZSO 30 (INMEDPROM, Russia) [15]. The raw material for anatomical sections was fixed in 70 % alcohol. The cross-sections were made using conventional blades. The finished sections were temporarily fixed with glycerin. The cross-sectional images were taken with the MS-300 microscope (MICROS, Austria) with magnifications of $\times 180$, $\times 720$. Classical literary data were used to describe morpho-anatomical features [16–18].

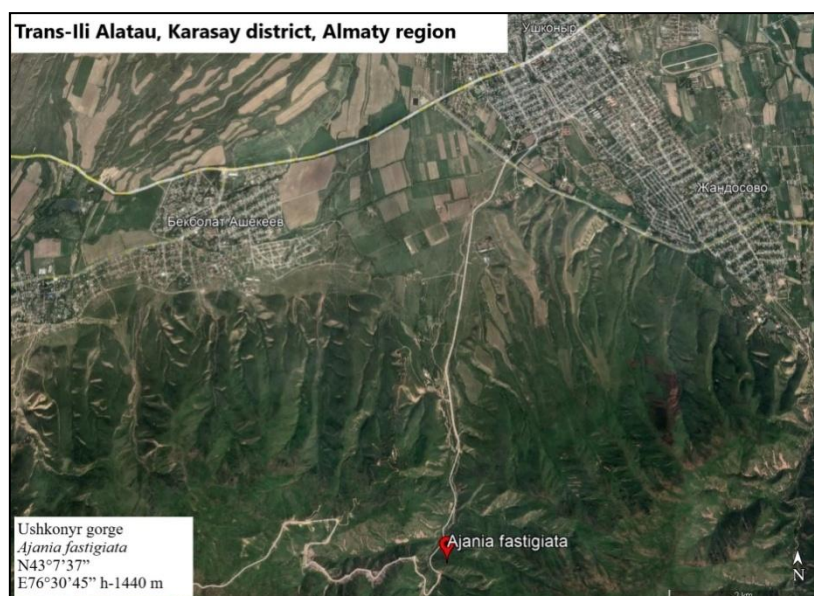


Figure 1. The collection point of the material

Results and Discussion

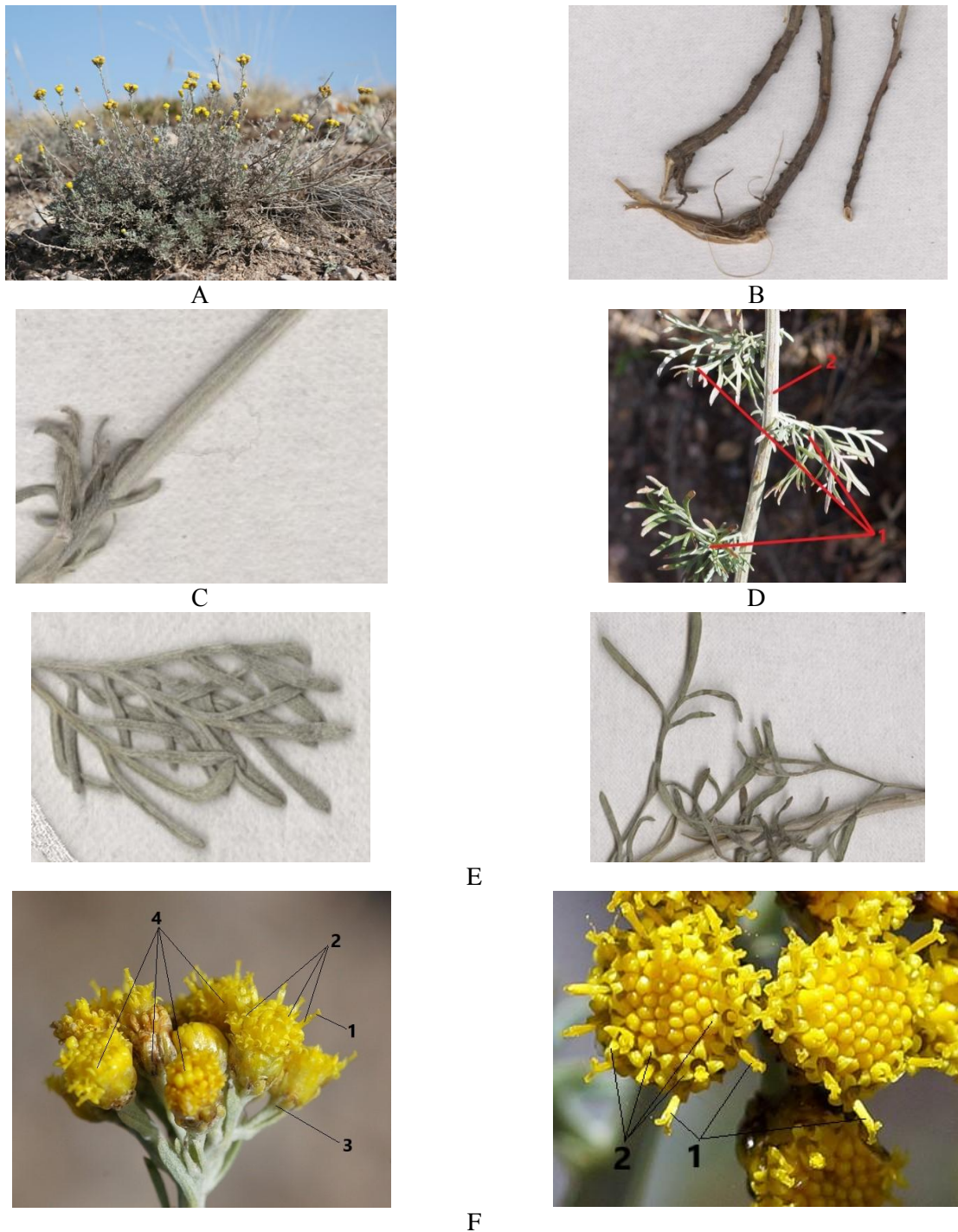
Ajania is a perennial plant. The height of the plant in the generative phase varies from 25 cm to 95 (100) cm, grayish or bluish from dense pubescence with pressed hairs. Stems at the base are usually not lignified, or sometimes plants of several years may become lignified, few are sometimes solitary, erect. The plant is only densely leafy and branched in the upper part. The plant has basal leaves, usually rapidly dying, petioles from 3.5 to 6.5 (7) cm long; and the width is from 2 to 5.5 (6) cm, petioles are very narrow winged, at the base with linear ears. The plant plate is broadly triangular-ovate, twice pinnately divided, with 5–7 segments of the first order, the terminal lobes are lanceolate or linear, up to 2.5 mm wide, the tips are blunt, the leaves are often reduced and less dissected; the sides are almost sessile. The inflorescence is a basket with 15–30 flowers, on one stem from 25 to 70, collected in a dense and complex shield, legs up to 7–9 mm long, with very small linear apical leaflets. Flower wrappers up to 2–4 mm in diameter, 3–5 mm in height, felt at the base, herbaceous leaves, outer ovate or broadly lanceolate, with a narrow membranous border, inner 2 times longer, oblong-obovate, with a wide, light membranous, expanded at the tip, in the form of an appendage along the edge (Fig. 2). Flower corollas are tubular, flower discs from 1.5–2.5 mm long. The fruit of the plant is an achene. Achenes are a plant from 1 to 1.5 mm long and usually about 0.5 mm wide, without a crown.

Blooms and bears fruit in August-September. It grows on rocky slopes and in the steppe among shrubs. Distribution in Kazakhstan. It is found in the Balkhash region, Tarbagatai, Trans-Ili, Dzungarian, Kyrgyz, Kungei and Terskei Alatau, khr. Ketmen, Western Tien Shan. The area — Central Asia, Western China, Afghanistan [12].

Anatomical structure of the leaf — Ajania fastigiata (C. Winkl.) Poljakov

The hairs were found only on the lower side of the epidermis, and they were not found on the upper sides in the epidermis, perhaps they will be present in other conditions. The upper and lower epidermis of the outer side of the leaf is represented by one or two layers of tightly closed cells of the primuogolny elongated type. The epidermis cells along the transverse axis of the leaf range from 20 to 40 microns. The outer walls of the epidermis cells are thickened. The epidermis is covered from the outside with a thin cuticle, reaching a thickness of 2–4 (sometimes up to 5) microns. The cells of the epidermis are transparent.

In the region of the central conducting beam, the sclerenchyme is located around it, and noticeably passes into the primary xylem, which consists of vessels with a diameter of 2 to 7 microns, as well as the wall thickness does not exceed 2–3 microns. The conductive bundles have a shape from oval to rounded and tightly folded. The total width of the xylem of the conducting beam reaches 200–250 microns, and the height is from 50 to 70 microns. The phloem is located at the bottom of the xylem with an even layer, which is represented by sieve-shaped tubes with a diameter of 4 to 10 microns. On the cross-section, the elements of the conducting beam, namely the phloem, have an irregular shape.



A — general appearance; B — stem bases; C — stem; D: 1 — leaves; 2 — stem; E — leaves; F — dense complex shield (inflorescence): 1 — pistil; 2 — cadaverous flowers (corollas); 3 — basket pedicel; 4 — baskets

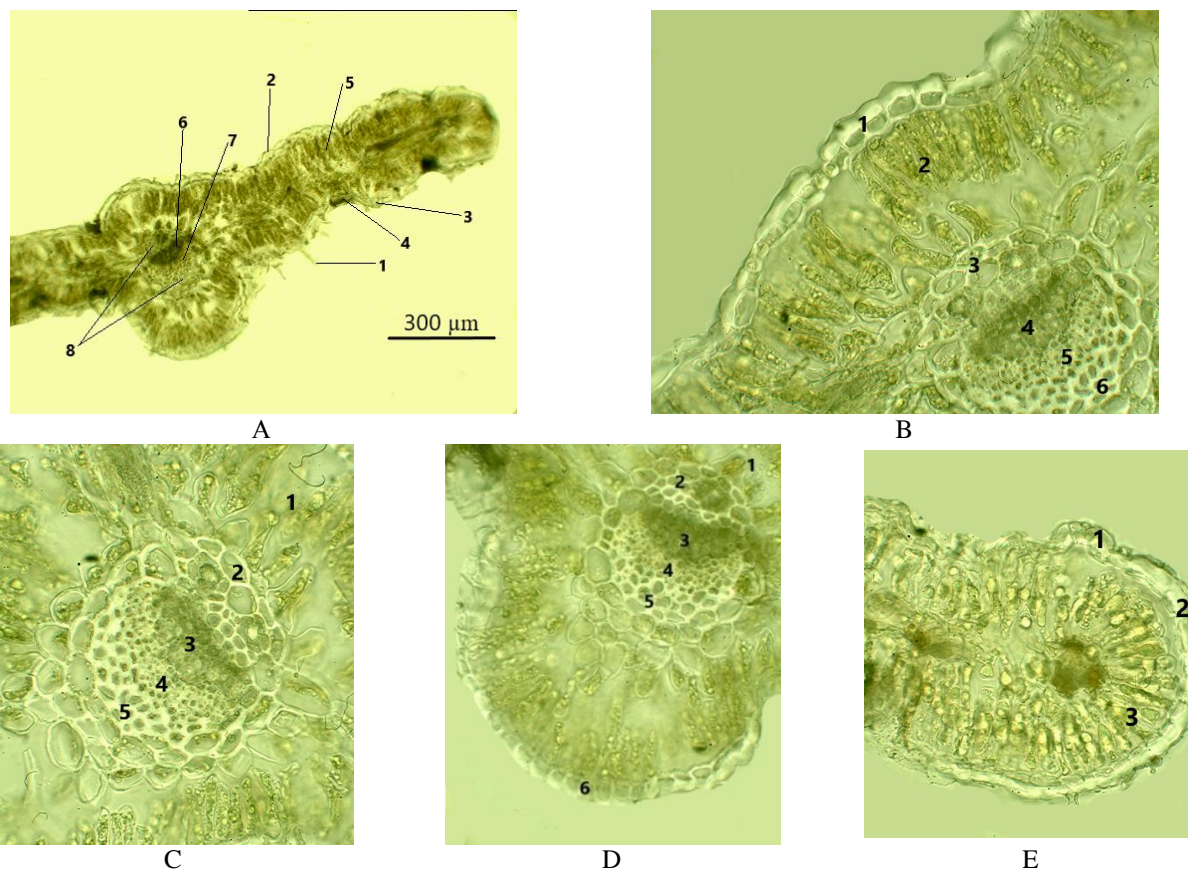
Figure 2. *Ajania fastigiata*

The size of the phloem in the dorsoventral direction reaches up to 40 microns, and the width of the phloem in the conducting beam is about 170 microns. Closer to the underside of the phloem leaf is the collenchymas with a thick layer, which folds in the dorsoventral direction in usually up to 6–7 layers and sometimes reaches 75 microns. Sclerenchyma cells have a diameter of up to 17 microns, mostly rounded or oval in shape, sometimes isodiametric, their shells are uniformly thickened and usually reach from 3 to 4 microns (Fig. 3).

The cuticle covers the outer part of the epidermis cells with a thin layer. The anatomical structure of the sheet outside the conductive beam is significantly different. The epidermis of the leaf of this part is formed

by cells elongated in the transverse direction, reaching up to 40 microns, in the dorsoventral direction their size does not exceed 16 microns. The thickness of the cuticle for this species is about 2–3 microns.

The thickness of the epidermis of the lower side of the leaf has no more than 10 microns, and the dimensions along the transverse axis ranges from 9 to 15 microns. The closing cells of the stomata are located in the same plane with the main cells of the epidermis.



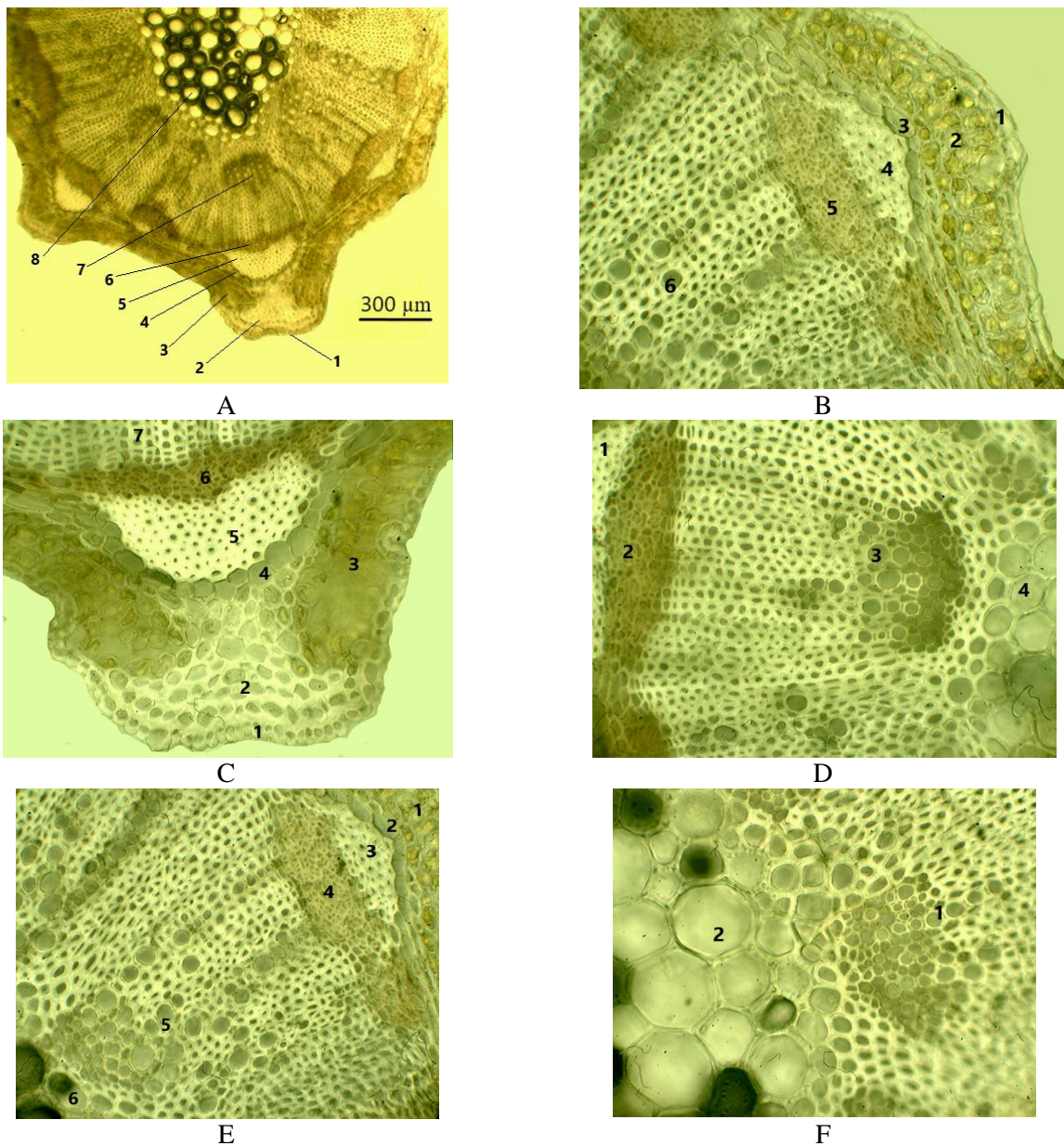
A — $\times 180$: 1 — hair; 2 — upper epidermis; 3 — lower epidermis; 4 — essential oil gland; 5 — mesophyll; 6 — xylem; 7 — phloem; 8 — mechanical tissue; B — $\times 720$: 1 — upper epidermis; 2 — mesophyll; 3 — parenchyma (mechanical tissue); 4 — xylem; 5 — phloem; 6 — sclerenchyma (mechanical tissue); C-D — $\times 720$: 1 — mesophyll; 2 — parenchyma (mechanical tissue); 3 — xylem; 4 — phloem; 5 — sclerenchyma (mechanical tissue); 6 — epidermis; E — $\times 720$: 1 — stomata; 2 — epidermis; 3 — mesophyll

Figure 3. Anatomy of a leaf

Anatomical structure of the stem — Ajania fastigiata (C. Winkl.) Poljakov

On the cut, the stem of generative shoots has a faceted shape. The sclerenchymal strands that make up the rigid framework of the plant are scattered and are located opposite the conductive bundles. Small areas of collenchyma are also found under the integumentary tissues of the stem. The arrangement of the conductive bundle of stems refers to the type of estella. The conductive bundles are of a collateral type, located radially, closer to the outer surface of the stem. The phloem lies closer to the edge of the stem, and the xylem is closer to the center. Towards the center from the conductive rays there is a poorly developed zone of the chlorenchyma, which gradually turns into a parenchyma with large cells (Fig. 4).

Preparations of the leaf plate allow us to consider the shape of the epidermis cells and glandular hairs. During observation, the presence of epidermal cells of a tortuous shape was noted, among which stomata with an anomocyste type closing apparatus were scattered. The shape of the epidermis cells indicates the ecological characteristics and belonging of the studied plant. Thus, cells with a more sinuous shape of the walls are found in species belonging to xeromesophytic forms.



A — $\times 180$: 1 — epidermis; 2 — callenchyma; 3 — primary cortex; 4 — endoderm; 5 — sclerenchyma; 6 — phloem; 7 — xylem; 8 — core; B — $\times 720$: 1 — epidermis; 2 — primary cortex; 3 — endoderm; 4 — sclerenchyma; 5 — phloem; 6 — xylem; C — $\times 720$: 1 — epidermis; 2 — callenchyma; 3 — primary cortex; 4 — endoderm; 5 — sclerenchyma; 6 — phloem; 7 — xylem; D — $\times 720$: 1 — sclerenchyma; 2 — phloem; 3 — xylem; 4 — core; E — $\times 720$: 1 — primary cortex (parenchyma); 2 — endoderm; 3 — sclerenchyma; 4 — phloem; 5 — xylem; 6 — core; F — $\times 720$: 1 — xylem; 2 — core

Figure 4. Stem anatomy

Conclusions

The leaves of the studied species contain essential oil glands and receptacles for metabolic products, which indicate that the species belongs to essential oil crops. The stems of *Ajania fastigiata* have a characteristic anatomical structure, which is characterized by the location of the sclerenchyma in separate strands and the presence of conducting bundles of a collateral type. According to Raunkier's classification, both species belong to hamefits.

References

- 1 Das S.C. Studies of indigenous and tribal medicinal plants of hilly Tripura / S.C. Das, T. Prabhu, A.K. Deb, T. Biswas, J. Prakash // *Acta Hort.* — 2013. — Vol. 972. — P. 37–46. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.972.5>
- 2 Seyidoglu N. Geophytes as medicinal and aromatic plants / N. Seyidoglu, D. Yayim // *Acta Hort.* — 2009. — Vol. 826. — P. 421–426. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.59>
- 3 Ахметова С.Б. Противовоспалительное и ранозаживляющее азуленсодержащее эфирное масло *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak / С.Б. Ахметова, Д.Т. Садырбеков, Г.А. Атажанова, С.М. Адекенов // *Химия, технология и медицинские аспекты природных соединений*. — Алматы, 2007. — С. 25–36.
- 4 Смагулов М.К. Влияние эфирного масла аянии на микрофлору гнойной раны в эксперименте / М.К. Смагулов, С.Б. Ахметова, К.Х. Алмагамбетов // *Биотехнология. Теория и практика*. — 2006. — Т. 1. — С. 48–54.
- 5 Мулдашев А.А. Критический пересмотр рода *Ajania* (Asteraceae–Anthemideae) / А.А. Мулдашев // *Ботан. журн.* — 1983. — Т. 68. — С. 584–588.
- 6 Shatar S. Essential Oil Composition of Three *Ajania* species from Mongolia / S. Shatar, J. Staneva, S. Altantsetseg, M. Todorova // *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. — 2010. — Vol. 13, № 4. — P. 460–464.
- 7 Sharipova F.S. Study of the essential oil of *Ajania fastigiata* / F.S. Sharipova, T.K. Chumbalov, L.A. Elchibekova, R.A. Zhubaeva // *Chemistry of Natural Compounds*. — 1975. — Vol. 10. — P. 104–105.
- 8 Chumbalov T.K. Flavonoids of *Ajania fastigiata* / T.K. Chumbalov, V.I. Glyzin, R.A. Zhubaeva // *Chemistry of natural compounds*. — 1974. — Vol. 6. — P. 791–792.
- 9 Yusupov M.I. Sesquiterpene lactones of *Ajania fastigiata* / M.I. Yusupov, Sh.Z. Kasymov, G.P. Sidyakin, U. Rakhmankulov // *Chemistry of Natural Compounds*. — 1980. — Vol. 15. — P. 507–508.
- 10 Pellicer J. Palynological study of *Ajania* and related genera (*Asteraceae*, *Anthemideae*) / J. Pellicer, O. Hidalgo, S. Garcia, T. Garnatje, A.A. Korobkov, J. Valles, J. Martin // *Botanical Journal of the Linnean Society*. — 2009. — Vol. 161. — P. 171–189.
- 11 Мухаметжанов М.Н. Проблемы рационального использования лекарственных и технических растений Казахстана / М.Н. Мухаметжанов, А.Д. Кагарлицкий, С.М. Адекенов, А.Е. Турмухамбетова, С.М. Верменичев, О.К. Кабиев, С.С. Бокаева, К.Д. Рахимов. — Алма-Ата, 1986. — С. 230–232.
- 12 Ахметова С.Б. Антимикробная активность эфирного масла аянии кустарничковой / С.Б. Ахметова, М.К. Смагулов, К.Х. Алмагамбетов, С.М. Адекенов, М.Т. Алиякпаров // *Биотехнология. Теория и практика*. — 2004. — Т. 1. — С. 72–75.
- 13 Chumbalov T.K. Flavonoids of *Ajania fastigiata* / Glyzin V.I., Zhubaeva R.A. // *Chemistry of Natural Compounds*. — 1974. — Vol. 10. — P. 814.
- 14 Флора Казахстана. — Алма-Ата, 1966. — Т. 9. — С. 71, 72.
- 15 Барыкина Р.П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы / Р.П. Барыкина. — М.: Изд-во МГУ, 2004. — 312 с.
- 16 Васильев А.Е. Ботаника, морфология и анатомия растений / А.Е. Васильев, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский, Т.И. Серебрякова. — М.: Просвещение, 1988. — 480 с.
- 17 Румянцев Д.Е. Анатомия растений: учеб.-метод. пос. / Д.Е. Румянцев, А.Б. Загреева. — М., 2021. — 94 с.
- 18 Скупченко В.Б. Анатомия растений: учеб. пос. для вузов / В.Б. Скупченко. — СПб.: СПбГЛТА, 2004. — 180 с.

Г.А. Амертаева, А.Т. Мамурова, Б.Б. Осмонали

***Ajania fastigiata* (C. Winkl.) Poljakov (*Asteraceae*) көпжылдық дәрілік өсімдігінің морфологиялық сипаттамасы және анатомиялық ерекшеліктері**

Дәрілік өсімдіктер бүгінгі күнге дейін ең өзекті зерттеу нысандары болып табылады. Өйткені, пайдалы өсімдіктерден алынған соңғы өнім ең құнды дәрілік препараттарға жатады. Құрамында эфир майлары бар өсімдіктер медицинадағы ерекше қызықты өсімдіктер болып саналады, мысалы, *Artemisia* тұқымдасының түрлері, сонымен қатар көп адам біле бермейтін *Ajania* тұқымдасының жақынтуыстас түрлері де эфир майларына бай. *Ajania* туысы *Asteraceae* тұқымдасына жатады. Қазақстанда осы туыстың тек 2 түрі кездеседі: *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak (бұта) және *Ajania fastigiata* (C.Winkl.) Poljak (көпжылдық шөптесін). Зерттеу объектісі — Қазақстан Республикасының оңтүстік және оңтүстік-шығыс өңірлерінің бүкіл таулы аумағына таралған *Ajania fastigiata* өсімдігі. Ол нақты морфологиялық және анатомиялық ерекшеліктер тұрғысынан аз зерттелген, айтылған мағлұматтар түрді тез анықтауға және нақтылауға мүмкіндік береді. Тәжірибелік үлгі үшін Іле Алатауындағы ең жақын нүкте таңдалды. Зерттеу әдістері классикалық ботаникалық және анатомиялық. Популяцияны талдау кезінде осы аумақ үшін түрдің морфологиялық деректері нақтыланды. Анатомиялық зерттеулер *Ajania fastigiata* жапырақтарында эфир майы бездері мен метаболизм өнімдеріне арналған орындар бар екенін көрсетті. Бұл түрдің сабақтарында склеренхиманың жеке сілемдерінің орналасу ерекшелігі бар.

Кілт сөздер: Asteraceae, *Ajania fastigiata*, морфология, анатомия, дәрілік өсімдіктер, эфир майлары, жүйелік ерекшеліктер, Іле Алатауы.

Г.А. Амертаева, А.Т. Мамурова, Б.Б. Осмонали

Морфологическая характеристика и анатомические особенности многолетнего лекарственного растения *Ajania fastigiata* (C. Winkl.) Poljakov (Asteraceae)

Лекарственные растения на сегодняшний день являются самыми актуальными объектами исследования. Так как конечный продукт, который получается от полезных растений, относится к самым ценным лекарственным препаратам. Особо интересными растениями в медицине являются содержащие в составе эфирные масла, к примеру виды рода *Artemisia*, но мало кто знает, что близкородственные виды рода *Ajania* также богаты эфирными маслами. Род *Ajania* относится к семейству Asteraceae. В Казахстане встречаются только 2 вида этого рода: *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak (кустарник) и *Ajania fastigiata* (C.Winkl.) Poljak (многолетнее растение). Нашим объектом исследования является *Ajania fastigiata*, которая распространена по всей горной территории Южного и Юго-Восточного регионов Республики Казахстан. Она мало изучена в плане точных морфологических и анатомических особенностей, знание которых дают возможность быстрого определения и уточнения вида. Для опытного образца была выбрана ближайшая точка в Заилийском Алатау. Методами исследования были классические ботанические и анатомические. При разборе примерной популяции были уточнены морфологические данные вида для этой территории. Анатомические исследования показали, что листья *Ajania fastigiata* содержат эфирно-масляные железки и вместилища для продуктов метаболизма. Стебли данного вида имеют характерное расположение склеренхимы отдельными тяжами.

Ключевые слова: Asteraceae, *Ajania fastigiata*, морфология, анатомия, лекарственные растения, эфирные масла, систематические особенности, Заилийский Алатау.

References

- 1 Das, S.C., Prabhu, T., Deb, A.K., Biswas, T. & Prakash, J. (2013). Studies of indigenous and tribal medicinal plants of hilly Tripura. *Acta Hortic*, 972; 37–46. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.972.5>
- 2 Seyidoglu, N. & Yayim, D. (2009). Geophytes as medicinal and aromatic plants. *Acta Hortic*, 826; 421–426. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.826.59>
- 3 Akhmetova, S.B., Sadyrbekov, D.T., Atazhanova, G.A. & Adekenov, S.M. (2007). Protivovospalitelnoe i ranozazhivliaiushchee azulensoderzhashchee efirnoe maslo *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak [Anti-inflammatory and wound-healing azulene-containing essential oil *Ajania fruticulosa* (Ledeb.) Poljak]. *Khimiia, tekhnologiya i meditsinskii aspekty prirodnykh soedinenii — Chemistry, technology and medicinal aspects of natural compounds*. Almaty; 25–36 [in Russian].
- 4 Smagulov, M.K., Akhmetova, S.B. & Almagambetov, K.Kh. (2006). Vliianie efirnogo masla aianii na mikrofloru gnoinoi rany v eksperimente [Effect of *Ajania* Essential Oil on Purulent Wound Microflora in Experiment]. *Biotehnologiya. Teoriia i praktika — Biotechnology. Theory and Practice*, 1; 48–54 [in Russian].
- 5 Muldashev, A.A. (1983). Kriticheskii peresmotr roda *Ajania* (Asteraceae–Anthemideae) [Critical revision of genus *Ajania* (Asteraceae–Anthemideae)]. *Botanicheskii zhurnal — Botanical Journal*, 68; 584–588 [in Russian].
- 6 Shatar, S., Staneva, J., Altantsetseg, S. & Todorova, M. (2010). Essential Oil Composition of Three *Ajania* species from Mongolia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13 (4); 460–464.
- 7 Sharipova, F.S., Chumbalov, T.K., Elchibekova, L.A. & Zhubaeva, R.A. (1975). Study of the essential oil of *Ajania fastigiata*. *Chemistry of Natural Compounds*, 10; 104–105.
- 8 Chumbalov, T.K., Glyzin, V.I. & Zhubaeva, R.A. (1974). Flavonoids of *Ajania fastigiata*. *Chemistry of natural compounds*, 6; 791–792.
- 9 Yusupov, M.I., Kasymov, Sh.Z., Sidiyakin, G.P. & Rakhmankulov, U. (1980). Sesquiterpene lactones of *Ajania fastigiata*. *Chemistry of Natural Compounds*, 15; 507–508.
- 10 Pellicer, J., Hidalgo, O., Garcia, S., Garnatje, T., Korobkov, A.A., Valles, J. & Martin, J. (2009). Palynological study of *Ajania* and related genera (Asteraceae, Anthemideae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161; 171–189.
- 11 Mukhametzhonov, M.N., Kagarlitskii, A.D., Adekenov, S.M., Turmukhambetova, A.E., Vermenichev, S.M., Kabiev, O.K., Bokaeva, C.C. & Rakhimov, K.D. (1986). *Problemy ratsionalnogo ispolzovaniia lekarstvennykh i tekhnicheskikh rastenii Kazakhstana [Problems of rational use of medicinal and technical plants of Kazakhstan]*. Alma-Ata, 230–232 [in Russian].
- 12 Akhmetova, S.B., Smagulov, M.K., Almagambetov, K.Kh., Adekenov, S.M. & Aliakparov, M.T. (2004). Antimikrobnaiia aktivnost efirnogo masla aianii kustarnichkovoi [Antimicrobial activity of essential oil of *Ajania fruticulosa*]. *Biotehnologiya. Teoriia i praktika — Biotechnology. Theory and Practice*, 1; 72–75 [in Russian].

- 13 Chumbalov, T.K. & Zhubaeva, R.A. (1974). Flavonoids of *Ajania fastigiata*. *Chemistry of Natural Compounds*, 10; 814.
- 14 (1966). *Flora Kazakhstana [Flora of Kazakhstan]*. Alma-Ata, 9; 71, 72 [in Russian].
- 15 Barykina, R.P. (2004). *Spravochnik po botanicheskoi mikrotekhnikе. Osnovy i metody [Handbook of Botanical Microtechnics. Basics and Methods]*. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet [in Russian].
- 16 Vasilev, A.E., Voronin, N.S., Elenevskii, A.G. & Serebriakova, T.I. (1988). *Botanika, morfologiia i anatomiia rastenii [Botany, plant morphology and anatomy]*. Moscow: Prosveshchenie [in Russian].
- 17 Rumiantsev, D.E. & Zagreeva, A.B. (2021). *Anatomiia rastenii: uchebno-metodicheskoe posobie [Anatomy of plants: a teaching manual]*. Moscow [in Russian].
- 18 Skupchenko, V.B. (2004). *Anatomiia rastenii: uchebnoe posobie dlia vuzov [Anatomy of plants: A textbook for universities]*. Saint-Petersburg [in Russian].

A.Zh. Beisembay^{1*}, A.K. Ospanova², A. Kali¹¹Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan;²Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan

*Corresponding author: aigera9522@mail.ru

Powdery mildews fungi of trees of Karaganda, Balkhash and Temirtau cities

Karaganda region is a major industrial center of our country. In such cities of the region as Karaganda, Temirtau and Balkhash there are large enterprises of ferrous metallurgy, construction, chemical JSC “ArcelorMittal Temirtau”, JSC “Temirtau Electrometallurgical Combine”, LLP “Ecominerals”, JSC “CentralAsia Cement”, “Agat-Service” LLP, JSC “Kazakhstan Invest Comir”, LLP “Kazakhmys Corporation”, LLP “MMC Kazpolymetal”, Metal-Kit Karaganda, LLP “Mining and Metallurgical Combine”, Non-ferrous metals processing plant, etc. All technogenic factors lead to a decrease in plant productivity and often to their death. The dynamics of seasonal development of phytopathogenic fungi depends on meteorological conditions. Changes in the dynamics of factors corresponding to the season of the year occur in the habitat of the species. Phytopathogenic fungi also directly depend on their own host-plants, the conditions of their development and the growing season. The article presents information about the types of powdery fungi affecting various types of trees growing in parks and squares of the cities of Karaganda, Balkhash, Temirtau. 4 species of trees affected by powdery mildew were analyzed. And during the study, the following types of phytopathogenic fungi were identified at various stages of development: *Uncinula aceris* Sacc., *Microsphaera betulae* Magnus, *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille, *Uncinula salicis* Winter f. *populorum* Rabenhorst. Phytopathogenic fungi of trees growing in parks and squares of the industrial cities of Temirtau and Balkhash were studied for the first time.

Keywords: tree plantings, herbarium, phytopathogenic fungi, host-plant, powdery mildews fungi, seasonal dynamics, appendages, chasmothecia.

Introduction

Plants in the city parks and squares are often exposed to various diseases and need to be protected. This requires regular phytopathological studies. The main pathogens of tree diseases in the city are fungi that settle not only on living plants, but also on plant residues. More often, fungal diseases are focal in character, but sometimes they acquire the character of epiphytotic. Phytopathological researches are necessary to assess the infestation of plants with fungal diseases, to identify the lesions of the disease and the causes of their occurrence.

Studies of garden and park plantings in cities and countrysides of Kazakhstan were carried out in different years by various scientists. The study of the species composition and distribution of phytopathogenic fungi of plants in large cities of Central Kazakhstan was carried out by A.D. Spanbaev and S.A. Abiev. These scientists noted the significant harmfulness of a number of diseases caused by fungi for trees in the urban environment [1].

In the cities of the Karaganda region, trees are affected by various fungal diseases. Only some pathogens causing leaf diseases are attributed to the types of fungi that develop on hardwoods.

Powdery mildews are a class of fungi of the Ascomycetes order, in which about 500 of their species are known, they have specialized forms confined to certain plant species. These are obligate parasites of plants that cause the disease – powdery mildew. Their mycelium grows on the surface of leaves, stems, and fruits in the form of a white plaque. Later, fruit bodies of dark brown color appear on the plaque – chasmothecia. The source of infection is plant residues on which chasmothecia overwinter, as well as mycelium. The development of powdery mildew is promoted by hot and dry weather. The pathogen develops a superficial mycelium, on which is formed the conidial stage. During the growing season, new conidia are infected plants, which form several generations over the summer. They get on the leaves or other organs of susceptible plants, germinate and cause their infection. On the surface of infected organs develops a mycelium, and on it – conidiophores with conidia arranged in chains. At the end of the growing season, the marsupial stage of closed spherical fruit bodies (chasmothecia) with a diameter of up to 1.5 mm with appendages develops. After overwintering on fallen leaves, the spores in the ascospores of chasmothecia ripen and provide primary in-

fection of plants. Overwintering with mycelium is possible when it penetrates into dormant buds. In the spring, the shell is ruptured and asci with ascospores are poured out, which infect plants [2].

Experimental

The objects of research are parks and squares of the cities of Karaganda, Temirtau and Balkhash. The collection of research materials from parks and squares was carried out in the summer and autumn periods of 2020–2022. The study was provided by the route method. When choosing a route, the occurrence of plants with signs of diseases in some areas, the presence of the most noticeable foci of diseases was taken into account. The material for the study was live leaves with raids, pustules, spots, with signs of drying and the presence of fungal structures, fruit bodies of macromycetes.

The collected samples were herbarized, and the determination was carried out using the method of light microscopy and standard determinants:

1. The key for determining the types of powdery fungi of Kazakhstan by families and genera of feeding plants (2013). It is based on the system of U. Braun (1987), where the characteristics of the fruit bodies of powdery fungi are decisive: the number of bags in the chasmotecia, the number of ascospores in the asci and the type of appendages of the chasmotecia [3, 4];

2. Reference-guide “Flora of spore plants of Kazakhstan”, Volume 3 “Powdery mildews fungi”. The determination of the species of powdery mildew fungi in this key is based on the systematic position of the host-plant, the symptoms of the affected plants and microscopic signs of fungi pathogens [5];

3. Determinants of other authors G.B. Cummins, Y. Hiratsuka, H.L. Barnett, B.B. Hunter, T.L. Nikolaeva, A.A. Yachevsky, S.R. Shvartsman, D.N. Teterevnikova-Babayan were used to study phytopathogenic fungi.

The collection of samples of plants affected by powdery mildew was carried out during the growing season, starting in May, in various ecological situations of the city: in alley plantings, in squares and parks, in green spaces in courtyards. For microscopic identification of the species of powdery mildew fungi, herbarium samples of leaves of various plants with sporulation were collected (during the growing season – depending on the formation of chasmotecia).

The determination of phytopathogenic fungi by fruit bodies, appendages, asci and spores was carried out according to the method of I.I. Zhuravlev (1979). The method consists in examining the sporulation of pathogens or affected plant tissues under a microscope [6].

The degree of lesion of woody plants by phytopathogenic fungi was determined by a 6-point scale of Yu.V. Sinadskii:

- 1 – there is no disease lesion;
- 2 – single spots, up to 5 % of the plant surface is affected;
- 3 – up to 25 % of the plant surface is affected;
- 4 – up to 50 % is affected, the fructification of the fungus is clearly visible;
- 5 – more than 50 % of the plant surface is affected;
- 6 – more than 70 % of the plant's surface is affected, the leaves are crumbling [7].

Results and discussion

In the cities of the Karaganda region, trees are affected by various fungal diseases: *Uncinula aceris* Sacc., *Microsphaera betulae* Magnus, *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille, *Uncinula salicis* Winter f. *Populorum* Rabenhorst.

1. **Species:** *Uncinula aceris* Sacc. **Host-plant:** found on the leaves of *Acer negundo* L. **Located in Kazakhstan:** Karaganda c., the square on Nazarbayev Avenue, GPS-coordinates: N 49.81364; E 73.08816; Ethnopark named after 10th anniversary of Independence of Kazakhstan, GPS-coordinates: N 49.776648; E 73.125413. **Date of location:** 10.07.–13.07.2021.

Mycelium on the surfaces of leaves, cobwebbed. Chasmotecia are scattered or crowded, spherical, 139–145 µm in diameter. The cells of the chasmotecia shell are unclear, about 10 µm in diameter, multifaceted. Appendages are multiple, located along the equator or in the upper part of the chasmotecia, short, colorless, smooth, with a thick shell, fork-branched once or twice at the apex, with curved ends in the form of a hook or spirally. Asci with a number of 6–10 in chasmotecia, spherical, on a short leg, with a thickened shell, 65.2–83.7×46.5–65 µm. Spores number 6–8, ellipsoidal or improperly ovoid, 21.5–24.8×9–12 µm (Fig. 1).



A — leaves of *Acer negundo* L., affected by pathogenic fungi;
B — *Uncinula aceris* Sacc. under the microscope — 20× (asci, ascospores, appendages, chasmothecia)

Figure 1. *Uncinula aceris* Sacc

2. **Species:** *Microsphaera betulae* Magnus. **Host-plant:** found on the leaves of *Betula pendula* Roth. **Located in Kazakhstan:** Karaganda c., Central park, GPS-coordinates: N 49.801128; E 73.077488; E.A. Buketov Square, GPS-coordinates: N 49.770708; E 73.124901; Temirtau c., City Park of culture and recreation “Vostok”, Square on the Avenue of Stroiteley, GPS-coordinates: N 50.057263; E 72.996888. **Date of location:** 20.09.–25.09.2020.

Mycelium and conidial sporulation on both sides of the leaf in the form of a cobwebby plaque, usually in the form of spots mainly on the upper side of the leaf. Chasmothecia in groups or scattered on both surfaces of leaves, several, 80–95 µm in diameter. Appendages 6–15, located radially and raised upwards, colorless, 80.5–94.5 µm long, 3–4-fold fork-branched, with short, barely bent terminal branches. Asci are 4–5, ellipsoidal or wide-ellipsoidal, 47–60×33.7–50.2 µm, without a leg. The number of ascospores is 7–8, ellipsoidal, 19–21.5×12.9–16.2 µm (Fig. 2).

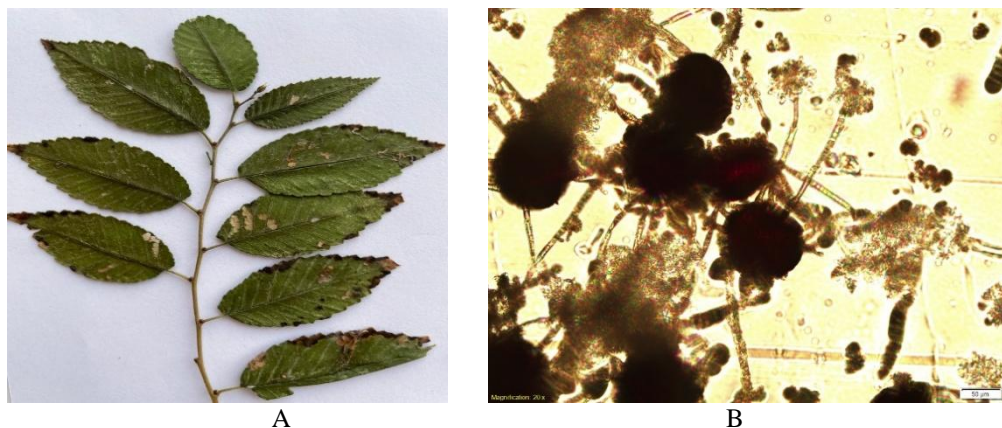


A — leaves of *Betula pendula* Roth., affected by pathogenic fungi;
B — *Microsphaera betulae* Magnus under the microscope — 40× (asci, appendages, chasmothecia)

Figure 2. *Microsphaera betulae* Magnus

3. **Species:** *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille. **Host-plant:** found on the leaves of *Ulmus pumila* L. **Located in Kazakhstan:** Balkhash c., Central square, Youth park, Park at the Eternal Flame Memorial. GPS-coordinates: N 46.839326; E 74.983356. **Date of location:** 21.09.–26.09.2021.

Surgical dark spots can be seen on both surfaces of the leaf. Chasmothecia are scattered on the sides, the size is 80 µm. The number of appendages is 4. The number of spores is 4–8; size is 19.2–20.2×12.8–16 µm (Fig. 3).



A — leaves of *Ulmus pumila* L., affected by pathogenic fungi; B — *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille. under the microscope — 20× (asci, ascospores, appendages, chasmotecia)

Figure 3. *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille

4. **Species:** *Uncinula salicis* Winter f. *populorum* Rabenhorst. **Host-plant:** found on the leaves of *Populus nigra* L. **Located in Kazakhstan:** Temirtau c., Park of Labor Glory, GPS-coordinates: N 50.056381; E 73.009632; Karaganda c., Park Pobedy, GPS-coordinates: N 49.784412; E 73.136772; Square on the Avenue of Stroiteley, GPS-coordinates: N 49.776274; E 73.13603.

There are cobwebbed and black dot spots on the surface of the leaf. Chasmotecia are scattered everywhere, measuring 100–110 μm . Appendages are various, long, with a hook-shaped bend, measuring 140–38.5 μm . Number of spores is 4–5, size is 13–15; 2×7–13 μm (Fig. 4).



A — leaves of *Populus nigra* L., affected by pathogenic fungi; B — *Uncinula salicis* Winter f. *populorum* Rabenhorst. under the microscope — 20× (asci, appendages, chasmotecia)

Figure 4. *Uncinula salicis* Winter f. *populorum* Rabenhorst

Researches conducted in the cities of Karaganda, Temirtau, Balkhash in 2020–2022 showed that the development of pathogens of phytopathogenic fungi directly depends on such factors: temperature, humidity, amount of precipitation.

Seasonal dynamics of powdery mildew fungi development in the cities is observed in June-July with the beginning of the conidial period and the maturation of chasmotecia in August-September. At Karaganda in August-September 2020, the average air temperature is +19 °C, and in 2021 is +18 °C. In Temirtau in August-September 2020, the average air temperature is +20 °C, and in 2021 is +19 °C. And at Balkhash in August-September 2020, the average air temperature is +22 °C, and in 2021 is +21 °C. During this period, it forms fruit bodies of various shapes adapted to wintering, overwintering in plant residues, bursting in spring, and spores from them come out. In three cities, in 2020–2022, an average high air temperature was observed, in 2020 and 2021, low humidity (on average – 56 %), and in 2021 and 2022 – this had a positive effect on

spore germination, on the reproduction of powdery mildew, created ideal conditions for the development of powdery mildew fungi (Fig. 5).

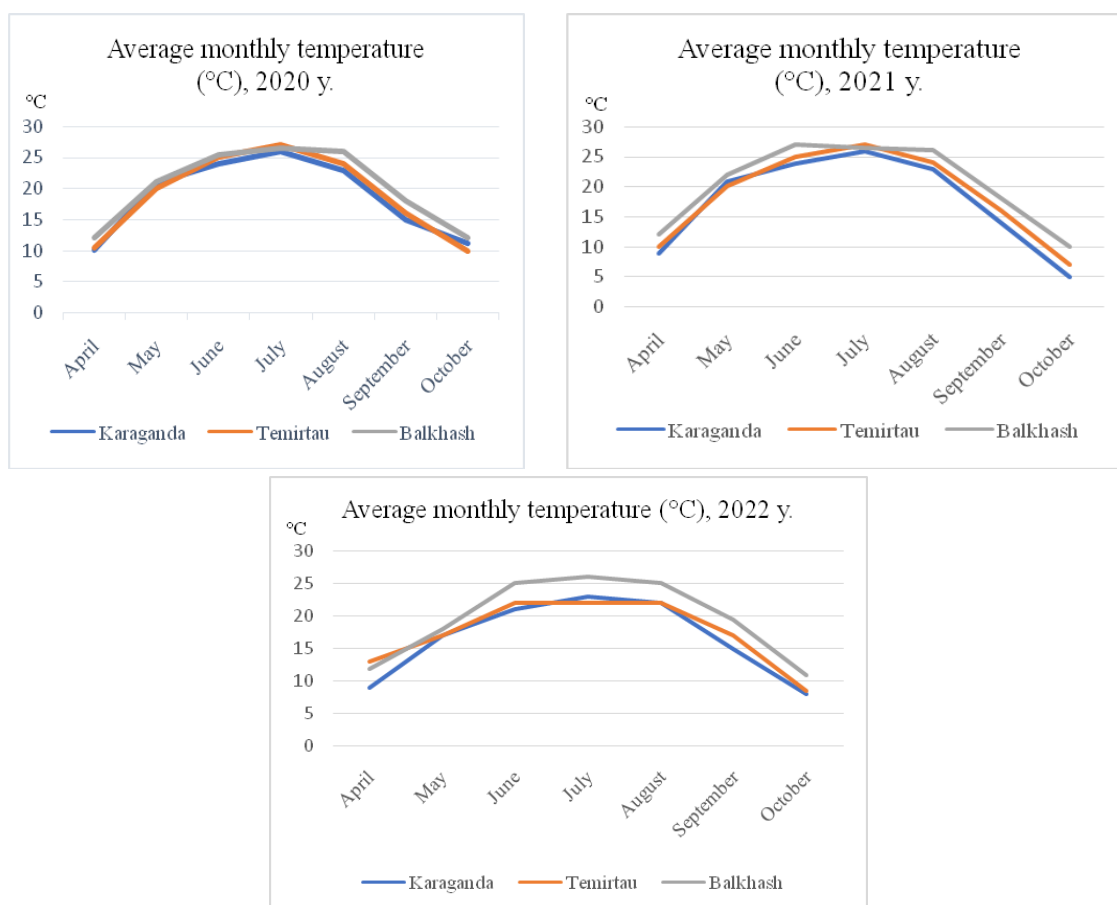


Figure 5. Seasonal dynamics of the development of powdery mildew fungi depending on the air temperature

For the research, data on atmospheric air temperature, humidity and precipitation were taken from the Karaganda Hydrometeorology Center from autumn 2020 to autumn 2022.

Conclusions

As a result of the studies of trees, 1 genus of Erysiphe and 4 species of powdery mildew fungi were discovered and studied: *Uncinula aceris* Sacc. at *Acer negundo* L., *Microsphaera betulae* Magnus at *Betula pendula* Roth., *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille at *Ulmus pumila* L., *Uncinula salicis* Winter f. *populorum* Rabenhorst at *Populus nigra* L.

When analyzing the dynamics of seasonal development of phytopathogenic fungi identified in the trees vegetation of the cities of Karaganda, Temirtau, Balkhash, we came to the following conclusions:

Seasonal dynamics of powdery mildew fungi development in the studied cities is observed in June-July with the beginning of the conidium period and the maturation of chasmotecia in August, September. Fruit bodies of various shapes, adapted to wintering, overwinter on the remnants of growth. In spring, the fruit bodies burst, and the spores on them come out. The most favorable conditions for spore germination and reproduction were created by the high air temperature in June-July 2020–2022 and high humidity.

The study found that the dynamics of the development of powdery mildew fungi is similar in three cities. They damage many trees of the city. As a consequence of the disease, the growth and development of the damaged plant slows down, their decorative properties deteriorate.

References

- 1 Муканова Д.С. Первый шаг оптимизации фитосанитарного состояния агроценозов сел Казахстана / Д.С. Муканова, А.Д. Спанбаев // Естественные и математические науки в современном мире. Секция Биогеоэкология. — 2016. — № 4 (39). — С. 8–14.
- 2 Сидельникова М.В. Особенности распространения грибных болезней деревьев и кустарников в парках Государственного музея-заповедника «ПЕТЕРГОФ» / М.В. Сидельникова, Д.Ю. Власов // Изв. СПб. лесотехн. акад. — 2019. — Вып. 228. — С. 336–351.
- 3 Рахимова Е.В. Ключ для определения видов мучнисто-росяных грибов Казахстана по семействам и родам питающих растений / Е.В. Рахимова, Г.А. Нам, Б.Д. Ермакова // Turczaninowia. — 2013. — Вып. 16 (1). — С. 176–196.
- 4 Braun U. Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews) / U. Braun, R.T.A. Cook. — Utrecht: RBC-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2012. — 707 p.
- 5 Васягина М.П. Флора споровых растений Казахстана. Т.3 (Мучнисто-росяные грибы) / М.П. Васягина, М.Н. Кузнецова, Н.Ф. Писарева, С.Р. Шварцман. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1961. — 460 с.
- 6 Ospanova A.K. Powdery mildews mushrooms negundo maple (*Acer negundo* L.) growing in major industrial cities of Ekibastuz region / A.K. Ospanova, A.K. Sharipova, L.E. Anuarova, A.B. Kalieva // 7 Conference «Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings». — New York, USA, 2014. — P. 3–5.
- 7 Синадский Ю.В. Вредная микофлора древесно-кустарниковых пород аридной зоны Средней Азии и Казахстана / Ю.В. Синадский. — Ашхабад: Ылым, 1967. — 69 с.
- 8 Секенов И.Е. Мучнисто-росяные грибы древесных растений, произрастающих на улицах городов Астаны, Павлодара и воздействие на них экологических факторов / И.Е. Секенов, А.К. Оспанова, Л.Е. Ануарова, А.К. Шарипова // Вестн. Гос. ун-та им. Шакарима г. Семей. Сер. Биология. — 2015. — № 4 (72). — С. 201–204.

А.Ж. Бейсембай, А.К. Оспанова, А. Қали

Қарағанды, Балқаш, Теміртау қалаларының ағаштарының ақұнтақ саңырауқұлақтары

Қарағанды облысы еліміздің ірі өнеркәсіптік орталығы. Қарағанды, Теміртау және Балқаш сияқты облыстың ірі қалаларында қара металлургияның ірі кәсіпорындары, құрылыс, химия өнеркәсібі, атап айтсақ: «АрселорМиттал Теміртау» АҚ, «Теміртау электрометаллургиялық зауыты» АҚ, «Экоминерал» ЖШС, «ЦентрАзия Цемент» АҚ, «Agat-Service» ЖШС, «Қазақстан Инвест Көмір» АҚ, «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, ТМК «Қазполиметалл» ЖШС, «Металл-Комплект Қарағанды», «Тау-кен металлургия комбинаты» ЖШС, Түсті металдарды өңдеу зауыты және т.б. орналасқан. Барлық техногендік факторлар өсімдіктердің өнімділігінің төмендеуіне және көбінесе олардың бүлінуіне әкеледі. Фитопатогенді саңырауқұлақтардың маусымдық даму динамикасы метеорологиялық жағдайларға байланысты. Түрдің тіршілік ету ортасында жыл мезгіліне сәйкес факторлардың динамикасында өзгерістер болады. Фитопатогенді саңырауқұлақтар сонымен қатар өздерінің иелік-өсімдіктеріне, олардың даму жағдайларына және вегетациялық кезеңіне тікелей байланысты. Мақалада Қарағанды, Балқаш, Теміртау қалаларының саябақтары мен скверлерінде өсетін әртүрлі ағаш түрлеріне әсер ететін ақұнтақ саңырауқұлақтары түрлері туралы ақпарат берілген. Ақұнтақтан зардап шеккен ағаштардың 4 түрі зерттелді. Зерттеу барысында дамудың әртүрлі кезеңдерінде фитопатогенді саңырауқұлақтардың келесі түрлері анықталды: *Uncinula aceris* Sacc., *Microsphaera betulae* Magnus, *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille, *Uncinula salicis* Winter f. *populorum* Rabenhorst. Ағаш рет Теміртау және Балқаш қалаларының саябақтары мен скверлерінде өсетін ағаштардың фитопатогенді саңырауқұлақтары зерттелді.

Кілт сөздер: ағаш көшеттері, гербарий, фитопатогенді саңырауқұлақтар, иелік-өсімдік, ақұнтақ саңырауқұлақтары, маусымдық динамика, өсімділер, клейстотетий.

А.Ж. Бейсембай, А.К. Оспанова, А. Қали

Мучнисто-росяные грибы деревьев городов Караганды, Балхаша, Темиртау

Карагандинская область является крупным промышленным центром нашей страны. В таких городах области, как Караганда, Темиртау и Балхаш расположены крупные предприятия черной металлургии, строительные, химические: АО «АрселорМиттал Темиртау», АО «Темиртауский электрометаллургический комбинат», ТОО «Экоминерал», АО «ЦентралАзия Цемент», ТОО «Agat-Service», АО «Қазақстан Инвест Көмір», ТОО «Корпорация Казахмыс», ТОО «ГМК Казполиметалл», Металл-

Комплект Караганда, ТОО «Горно-металлургический комбинат», Завод обработки цветных металлов и др. Все техногенные факторы приводят к снижению продуктивности растений и зачастую к их гибели. Динамика сезонного развития фитопатогенных грибов зависит от метеорологических условий. В месте обитания вида происходят изменения динамики факторов, соответствующих сезону года. Фитопатогенные грибы также напрямую зависят от собственных растений-хозяинов, условий их развития и срока вегетации. В статье представлена информация о видах мучнисто-росяных грибов, поражающих различные виды деревьев, произрастающих в парках и скверах городов Караганды, Балхаша и Темиртау. Было исследовано 4 вида деревьев, пораженных мучнистой росой. И в ходе исследования были выявлены следующие виды фитопатогенных грибов на различных стадиях развития: *Uncinula aceris* Sacc., *Microsphaera betulae* Magnus, *Microsphaera penicillata* (Wallroth.) Leveille, *Uncinula salicis* Winter f. *populorum* Rabenhorst. Впервые исследованы фитопатогенные грибы деревьев, произрастающих в парках и скверах промышленных городов Темиртау и Балхаша.

Ключевые слова: древесные насаждения, гербарий, фитопатогенные грибы, растение-хозяин, мучнисто-росяные грибы, сезонная динамика, придатки, клейстотеции.

References

- 1 Mukanova, D.S. & Spanbaev, A.D. (2016). Pervyi shag optimizatsii fitosanitarnogo sostoianii agrotsenozov sel Kazakhstana [First step of optimization of phytosanitary state of agrocenoses in villages of Kazakhstan]. *Estestvennye i matematicheskie nauki v sovremennom mire. Sektsiia Biogeotsenologiya — Natural and mathematic sciences in modern world. Section Biogeocenology*, 4 (39); 8–14 [in Russian].
- 2 Sidelnikova, M.V. & Vlasov, D.Yu. (2019). Osobennosti rasprostraneniia gribnykh boleznei derevev i kustarnikov v parkakh Gosudarstvennogo muzeia-zapovednika “PETERGOF” [Features of the spread of fungal diseases of trees and shrubs in the parks of the state museum-reserve “PETERHOF”]. *Izvestiia Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii — News of the St. Petersburg Forestry Academy*, 228; 336–351 [in Russian].
- 3 Rakhimova, E.V., Nam, G.A. & Ermekova, B.D. (2013). Kluch dlia opredeleniia vidov muchnisto-rosianyykh gribov Kazakhstana po semeistvam i rodam pitaiushchikh rastenii [Key for determining the species of powdery-mildew fungi of Kazakhstan by families and genera of feeding plants]. *Turczaninowia*, 16 (1); 176–196 [in Russian].
- 4 Braun, U. & Cook R.T.A. (2012). *Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews)*. Utrecht: RBC-KNAW Fungal Biodiversity Centre.
- 5 Vasiagina, M.P., Kuznetsova, M.N., Pisareva, N.F. & Shvartsman, S.R. (1961). *Flora sporovykh rastenii Kazakhstana. T. 3 (Muchnisto-rosiane griby)* [Flora of spore plants of Kazakhstan. T. 3 (Powdery mildews fungi)]. Alma-Ata: Izdatelstvo Akademii nauk KazSSR [in Russian].
- 6 Ospanova, A.K. Sharipova, A.K., Anuarova, L.E. & Kalieva, A.B. (2014). Powdery mildews mushrooms negundo maple (*Acer negundo* L.) growing in major industrial cities of Ekibastuz region. *7 Conference “Applied Sciences and technologies in the United States and Europe: common challenges and scientific findings”*. New York, USA; 3–5.
- 7 Sinadskii, Yu.V. (1967). *Vrednaia mikoflora drevesno-kustarnikovykh porod aridnoi zony Srednei Azii i Kazakhstana* [Harmful mycoflora of arboreal-shrub species of the arid zone of Central Asia and Kazakhstan]. Ashkhabad: Ylym [in Russian].
- 8 Sekenov, I.E., Ospanova, A.K., Anuarova, L.E. & Sharipova, A.K. (2015). Muchnisto-rosiane griby drevesnykh rastenii, proizrastaiushchikh na ulitsakh gorodov Astany, Pavlodara i vozdeistvie na nikh ekologicheskikh faktorov [Powdery mildews fungi of woody plants growing on the streets of Astana, Pavlodar and the impact of environmental factors on them]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima goroda Semei. Seriia Biologiia — Bulletin of Shakarim State University of the City of Semy. Biology Series*, 4 (72); 201–204 [in Russian].

А.К. Бисенева*, Г.П. Погосян, К.Г. Ли

*Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан***Автор для корреспонденции: biseneva.anar@gmail.com*

Ассоциация полиморфизма rs12329760 гена TMPRSS2 с коронавирусной инфекцией

В статье представлены результаты генотипирования образцов ДНК, полученных от участников исследования с установленным статусом коронавирусной инфекции с помощью иммуноферментного анализа (ИФА), по однонуклеотидному полиморфизму rs12329760 (С/Т) гена TMPRSS2. Генотипирование осуществлялось методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с использованием методики «Амплификация рефракторной мутационной системы». Проанализировано распределение частот генотипов и аллелей rs12329760 С>Т гена TMPRSS2 у 80 людей экспериментальной и контрольной групп. Обнаружено наличие значимости однонуклеотидного полиморфизма rs12329760 гена TMPRSS2 в гомозиготном состоянии и гетерозиготном (СТ) и об отсутствии значимости генотипа ТТ. Обнаружено статистически значимое отличие распределения аллели Т.

Ключевые слова: SARS-CoV-2, TMPRSS2, COVID-9, SNP, однонуклеотидный полиморфизм, ген, восприимчивость.

Введение

Коронавирусы — это вирусы, содержащие одноцепочечную (+) РНК, которые таксономически относятся к семейству *Coronaviridae* и подсемейству *Coronavirinae* [1]. Это оболочечные вирусы, имеющие сферическую, овальную или плеоморфную форму. S-белки коронавирусов представляют собой коронообразные шипы на внешней поверхности вируса с этим связано их название. Подсемейство можно разделить на четыре рода: Alpha-, Beta-, Gamma- и Deltacoronavirus, α -CoVs и β -CoVs, в основном, заражают млекопитающих, тогда как γ -CoVs и δ -CoVs преимущественно заражают птиц [2, 3]. SARS-CoV-2 относится к β -коронавирусам, которые имеют четыре линии (A–D) с SARS-CoV, а также SARS-CoV-2, принадлежащие к линии B, которая содержит примерно 200 секвенированных вирусных геномов [4].

Чтобы иметь возможность инфицировать, вирус должен сначала связываться с поверхностью хозяина и впоследствии инициировать сложный механизм проникновения. Для β -коронавирусов взаимодействие с клеткой-хозяином включает присоединение вирусного спайкового белка (S) к специфическому рецептору ангиотензинпревращающему ферменту 2 (ACE2) клетки-хозяина [5] с последующим опосредованным трансмембранной сериновой протеазой 2 (TMPRSS2) расщеплением S-белка для дальнейшего проникновения вируса в клетку-хозяина [4, 6]. Структурный анализ S-белка с помощью криогенной электронной микроскопии показал, что это тримерный белок, каждый из которых содержит две функциональные субъединицы: S1 и S2. Субъединица S1 необходима для распознавания рецепторов на поверхности восприимчивой клетки-хозяина, в то время как субъединица S2 отвечает за слияние вируса с клеточной мембраной клетки-хозяина [7].

Ген TMPRSS2 — трансмембранной сериновой протеазы 2 — кодирует одноименный белок из семейства сериновых протеаз. TMPRSS2 расположен на хромосоме 21q22, длиной ~ 44 кб, и содержит 14 экзонов [8]. Ген TMPRSS2 высокоэкспрессируется в средах, богатых андрогенами [9].

Было показано, что из экспрессирующих TMPRSS2 клеток выделяется большее количество вирусных частиц SARS-CoV-2, чем из неэкспрессирующих клеток [10].

Общеизвестно, что гены хозяина выступают в качестве фактора, имеющего отношение на восприимчивость и устойчивость к вирусным инфекциям. Одним из значимых факторов, определяющих восприимчивость и тяжесть заболевания коронавирусной инфекцией (КВИ) являются генетические различия между отдельными людьми. Такими генетическими вариациями являются однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) различных генов [11].

rs12329760 приводит к снижению стабильности структуры белка TMPRSS2 и ингибирует его связывание с ACE2 *in silico*. Напротив, он также демонстрирует повышенное сродство к доменам S-белка [12].

Было обнаружено, что распространенная миссенс-вариация TMPRSS2 rs12329760 не участвует в прямом взаимодействии с S-белком, но потенциально влияет на структурное подтверждение [13].

Эксперимент на мышиных моделях показал, что экспрессия ACE2 и TMPRSS2 в ОЕ увеличивается с возрастом [14]. Исследование, подготовленное Schuler et al. [15], показало, что экспрессия TMPRSS2 в эпителии легких также увеличивается с возрастом.

Ученые проанализировали частоты аллелей двух несинонимичных вариантов rs12329760 и rs75603675 гена TMPRSS2, обнаружили значительную взаимосвязь между частотой смертей от COVID-19 и частотами аллелей двух SNP. Кроме того, они получили данные, которые показывают, что жители Восточной Азии имеют более высокие частоты аллеля rs12329760, чем европейцы, и предположили, что это может обеспечить устойчивость к SARS-CoV-2 [16].

Wulandari L. и др. сообщалось об ассоциации rs12329760 с COVID-19 в индийской популяции [17]. Аналогичный результат был получен Andolfo I. и соавторами в европейской популяции генетических предков [18]. Напротив, исследование в немецкой популяции не выявило связи этого полиморфизма с риском заражения SARS-CoV-2 или тяжестью COVID-19 [19].

Материалы и методы исследования

Критериями включения для участников данного исследования являлись лица, возраст которых старше 18 лет; лица, не вакцинированные против COVID-19, или с момента вакцинации, прошло не менее 12 месяцев; представители восточных славян (украинцы, русские, белорусы). Объект исследования — геномная ДНК, выделенная из образцов цельной венозной крови с использованием комплекта реагентов для выделения РНК/ДНК из клинического материала (кровь) «РИБО-сорб» (AmpliSens, Россия). Выделение проводилось согласно инструкции производителя. Выделенную ДНК подвергли анализу с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени с использованием методики «Амплификация рефракторной мутационной системы» (ARMS) [20] для выявления целевого однонуклеотидного полиморфизма (SNP) rs12329760 C>T. ПЦР в режиме реального времени проводили в амплификаторе DTLite (ДНК-Технология, Россия). Последовательности четырех праймеров (Lumiprobe, Russia): FIP (5'-AGGACTTCCTCTGAGATGAGTAAAC-3'), RIP (5'-ССАААСТТКАТСТТССГА-3'), FOP (5'-ТТАТАГССКАТГТСССТГС-3'), ROP (5'-АААААААААА-ГААГАААСТКАТГГА-3'). Условия проведения ПЦР в реальном времени: начальный цикл денатурации (94 °C в течение 3 мин), затем 40 циклов денатурации (15 с при 94 °C) и отжиг (30 с при 54 °C).

Были исследованы 80 проб плазмы крови на наличие или отсутствие иммуноглобулинов класса М и G к коронавирусной инфекции методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием тест-систем «SARS-CoV-2-IgG-ИФА-БЕСТ» (Вектор «БЕСТ») и «SARS-CoV-2-IgM-ИФА-БЕСТ» (Вектор «БЕСТ», Россия). С помощью данного метода можно судить о течении заболевания, а именно IgM показывает наличие острой инфекции, а IgG подтверждает тот факт, что человек уже переболел. По результатам ИФА мы сформировали экспериментальную и контрольную группы участников, каждая из которых состояла из 40 человек. Равновесие Харди-Вайнберга (HWE) рассчитывали в экспериментальной и контрольной группах с использованием критерия χ^2 , и результаты рассматривались как отклоняющиеся от HWE при уровне значимости $P < 0,05$. При сравнении частот генотипов и аллелей применяли точный критерий Фишера. Ассоциации между генотипами/аллелями и КВИ оценивались с помощью отношения шансов (OR) с 95 % доверительным интервалом (95 % CI). Сравнение количественных признаков среди двух групп выполнялось с помощью теста Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия при $P < 0,05$. Учитывая возможный риск ложноположительного результата для конечного результата, была применена поправка Бонферрони для корректировки значения P. Порог значимости с поправкой Бонферрони для аллелей считался 0,0253, для генотипов указан в таблице 1. Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью программы Graph Pad Prism 8.

Результаты и их обсуждение

Характеристика экспериментальной и контрольной группы участников представлена в таблице 2. Не обнаружены статистические различия по полу и возрасту в исследуемых группах.

Частота встречаемости генотипов rs12329760C>T в экспериментальной и контрольной группах

Генотип	Экспериментальная группа		Контрольная группа		OR (CI95 %)	P
	n	%	n	%		
СС	29	72,5	38	95	0,1388 (0,02852–0,6752)	0,012*
ТТ	3	7,5	1	2,5	3,162 (0,3147–31,78)	p>0,05
СТ	8	20	1	2,5	9,750 (1,158- 82,11)	0,0133*

Примечание. Статистически значимые различия установлены с помощью точного теста Фишера. *Порог значимости с поправкой Бонферрони считался 0,0170.

В нашем исследовании гомозиготный вариант ТТ встречался в 3 раза чаще у лиц с КВИ (7,5 %), чем у лиц группы контроля (2,5 %), однако результат статистически не значим, вероятно, в связи с небольшим размером выборки. Наш результат имеет похожую тенденцию со статистически значимыми результатами других исследований с участием больших выборок. Например, M. Rokni и другие установили, что аллель Т полиморфизма rs12329760 оказала наибольшее влияние на риск COVID-19 среди изученных других однонуклеотидных вариантов, кроме этого генотип ТТ по сравнению с генотипом СС значительно повышал риск COVID-19 [21].

Т а б л и ц а 2

Характеристика групп участников исследования

Признаки		Экспериментальная группа	Контрольная группа	P
Пол (n, %)	Мужской	17 (42,5 %)	23 (57,5 %)	p>0,05*
	Женский	23 (57,5 %)	17 (42,5 %)	p>0,05*
Возраст	Min	18	32	p>0,05#
	Max	79	86	
	Mean±SD	50,10±15,58	51,05±14,86	
	Median	51	49	

Примечание. *Статистически значимые различия установлены с помощью критерия χ^2 . #Статистически значимые различия установлены с помощью теста Манна-Уитни.

Частота генотипов rs12329760 в экспериментальной группе соответствовала равновесию Харди-Вайнберга (p=0,1493), но было нарушено в контрольной группе (p=0,0002). Установлено, что в экспериментальной и контрольной группах у генотипа СС высокая частота встречаемости (табл. 1). В экспериментальной группе частота генотипа СС у мужчин составила 76,5 %, у женщин — 69,6 %. В нашем исследовании гомозиготный генотип СС превалировал над гетерозиготным СТ и гомозиготным ТТ генотипами. В контрольной группе среди мужчин частота генотипа СС — 91,3 %, у женщин — 100 %. В экспериментальной группе частота генотипа ТТ у мужчин составила 5,9 %, у женщин — 8,7 %. В контрольной группе генотипы ТТ и СТ среди женщин не были выявлены.

Как видно из рисунка, существенных различий в распределении аллели С между группами не наблюдалось.

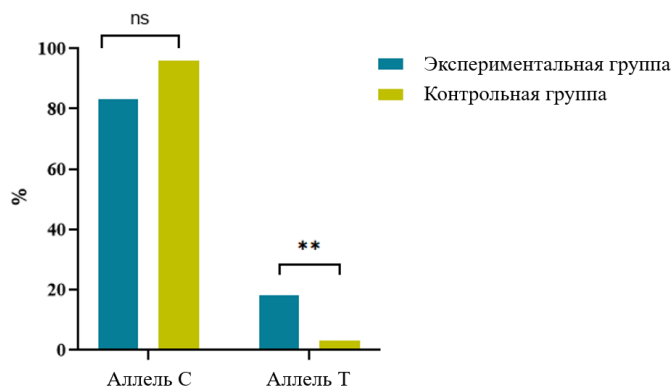


Рисунок. Распределение аллелей rs12329760C>T гена TMPRSS2

Статистически незначимый результат ($OR=1,220$, 95 % CI, 6698–2,176, $p=0,5$) показывает отсутствие ассоциации аллели С полиморфизма rs12329760 и КВИ, в то время как у аллели Т она была найдена ($OR=6,641$, 95 % CI, 831–22,96, $p=0,0052$). В исследовании S. Abdelsattar и других частота аллели Т показала значительное увеличение в тяжелой группе COVID-19 [22].

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования выявленные показатели статистической значимости свидетельствуют о наличии значимости полиморфизма rs12329760 гена TMPRSS2 в гомозиготном состоянии (СС) и гетерозиготном (СТ) и об отсутствии значимости генотипа ТТ. Обнаружено статистически значимое отличие распределения аллели Т. Из-за небольшого размера выборки мы не можем утверждать относительно связи между полиморфизмом rs12329760 и КВИ. Поэтому для точного доказательства наличия или отсутствия связи однонуклеотидного полиморфизма гена TMPRSS2 необходимо увеличение выборки, а также исследование с учетом факторов, таких как пол, возраст, сопутствующие заболевания и др.

References

- 1 Woo, P.C.Y., Huang, Y., Lau, S.K.P. & Yuen, K.-Y. (2010). Coronavirus genomics and bioinformatics analysis. *Viruses*, 2 (8); 1804–1820. <https://doi.org/10.3390/v2081803>
- 2 Holmes, K.V. (2001). Coronaviruses In: Fields virology. 4th ed. Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins; 1187–1203.
- 3 Cui, J., Li, F. & Shi, Z.L. (2019). Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nature Reviews Microbiology*, 17 (3); 181–192. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>
- 4 Letko, M., Marzi, A. & Munster, V. (2020). Functional assessment of cell entry and receptor usage for SARS-CoV-2 and other lineage B betacoronaviruses. *Nature Microbiology*, 5 (4); 562–569. <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0688-y>
- 5 Li, F. (2016). Structure, function, and evolution of coronavirus spike proteins. *Annual Review of Virology*, 3; 237–261. <https://doi.org/10.1146/annurev-virology-110615-042301>
- 6 Wan, Y., Shang, J., Graham, R., Baric, R.S. & Li, F. (2020). Receptor recognition by the novel coronavirus from Wuhan: an analysis based on decade-long structural studies of SARS coronavirus. *Journal of Virology*, 94 (7); e00127–20.
- 7 Yang, Y., Xiao, Z., Ye, K. & al. (2020). SARS-CoV-2: characteristics and current advances in research. *Journal of Virology*, 17 (1); 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12985-020-01369-z>
- 8 Glowacka, I., Bertram, S., Müller, M.A., Allen, P., Soilleux, E., Pfefferle, S., Steffen, I. et al. (2011). Evidence that TMPRSS2 activates the severe acute respiratory syndrome coronavirus spike protein for membrane fusion and reduces viral control by the humoral immune response. *Journal of Virology*, 85 (9); 4122–4134. <https://doi.org/10.1128/JVI.02232-10>
- 9 Baughn, L.B., Sharma, N., Elhaik, E., Sekulic, A., Bryce, A.H. & Fonseca, R. (2020). Targeting TMPRSS2 in SARS-CoV-2 infection. *Mayo Clinic Proceedings*, 95(9); 1989–1999. <https://doi.org/doi:10.1016/j.mayocp.2020.06.018>
- 10 Matsuyama, S., Nao, N., Shirato, K. et al. (2020). Enhanced isolation of SARS-CoV-2 by TMPRSS2-expressing cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (13); 7001–7003. <https://doi.org/10.1073/pnas.200258911>
- 11 Srivastava, A., Bandopadhyay, A., Das, D., Pandey, R.K., Singh, V. et al. (2020). Genetic Association of ACE2 rs2285666 Polymorphism With COVID-19 Spatial Distribution in India. *Frontiers in Genetics*, 11; 564–581.
- 12 Saih, A., Bouqdayr, M., Baba, H., Hamdi, S. et al. (2021). Computational Analysis of Missense Variants in the Human Transmembrane Protease Serine 2 (TMPRSS2) and SARS-CoV-2. *BioMed Research International*, 9982729. <https://doi.org/10.1155/2021/9982729>
- 13 Vishnubhotla, R., Vankadari, N., Ketavarapu, V., Amanchu, R., Avanthi, S. et al. (2020). Genetic variants in TMPRSS2 and Structure of SARS-CoV-2 spike glycoprotein and TMPRSS2 complex. Preprint. <https://doi.org/10.1101/2020.06.30.179663>
- 14 Zou, X., Chen, K., Zou, J., Han, P., Hao, J. & Han, Z. (2020). Single-cell RNA-seq data analysis on the receptor ACE2 expression reveals the potential risk of different human organs vulnerable to 2019-nCoV infection. *Frontiers in Medicine*, 14 (2); 185–192. <https://doi.org/10.1007/s11684-020-0754-0>
- 15 Schuler, B.A., Habermann, A.C., Plosa, E.J. et al. (2021). Age-determined expression of priming protease TMPRSS2 and localization of SARS-CoV-2 in lung epithelium. *Journal of Clinical Investigation*, 131 (1); e140766. <https://doi.org/10.1101/2020.05.22.1111>
- 16 Sungwon, J., Blazyte, A., Changhan, Yoon et al. (2020). Ethnicity-dependent allele frequencies are correlated with COVID-19 case fatality rate. *Authorea*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-37798/v1>
- 17 Wulandari, L., Hamidah, B., Pakpahan, C., Damayanti, N.S., Kurniati, N.D. et al. (2021). Initial Study on TMPRSS2 p.Val160Met Genetic Variant in COVID-19 Patients. *Human Genomics*, 15(29) <https://doi.org/10.1186/s40246-021-00330-7>
- 18 Andolfo, I., Russo, R., Lasorsa, V.A., Cantalupo, S., Rosato, B.E. et al. (2021). Common Variants at 21q22.3 Locus Influence MX1 and TMPRSS2 Gene Expression and Susceptibility to Severe COVID-19. *iScience*, 24; 102322. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102322>

19 Schönfelder, K., Breuckmann, K., Elsner, C., Dittmer, U., Fistera, D. et al. (2021). Transmembrane Serine Protease 2 Polymorphisms and Susceptibility to Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus Type 2 Infection: A German Case-Control Study. *Frontiers in Genetics*, 12; 667231. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.667231>

20 Medrano, R.F. & de Oliveira, C.A. (2014). Guidelines for the tetra-primer ARMS-PCR technique development. *Molecular Biotechnology*, 56 (7); 599–608. <https://doi.org/10.1007/s12033-014-9734-4>

21 Rokni, M., Heidari Nia M., Sarhadi, M., Mirinejad, S., Sargazi, S. et al. (2022). Association of TMPRSS2 Gene Polymorphisms with COVID-19 Severity and Mortality: a Case-Control Study with Computational Analyses. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 194 (8); 3507–3526. <https://doi.org/10.1007/s12010-022-03885-w>

22 Abdelsattar, S., Kasemy, Z.A., Ewida, S.F., Abo-Elhoud, R.A.A., Zytoon, A.A. et al. (2022). ACE2 and TMPRSS2 SNPs as Determinants of Susceptibility to, and Severity of, a COVID-19 Infection. *Journal of Biomedical Science*, 12 (79); 10238. <https://doi.org/10.3389/bjbs.2021.10238>

А.К. Бисенева, Г.П. Погосян, К.Г. Ли

TMPRSS2 генінің rs12329760 полиморфизм коронавирустық инфекциямен қауымдастығы

Мақалада TMPRSS2 генінің rs 12329760 (C/T) бірнуклеотидті полиморфизмі бойынша коронавирустық инфекцияның (КВИ) белгіленген мәртебесі бар зерттеуге қатысушылардан алынған ДНҚ үлгілерін генотиптеу нәтижелері келтірілген. Генотиптеу полимеразды тізбекті реакция (ПТР) әдісімен нақты уақыт режимінде «Рефракторлық мутациялық жүйені күшейту» әдісін қолдана отырып жүзеге асырылды. Эксперименттік және бақылау топтарының 80 адамында TMPRSS2 генінің rs12329760 C>T генотиптерімен аллельдерінің жиіліктерінің таралуы талданды. Гомозиготалы күйде (CC) және гетерозиготалы (CT) TMPRSS2 генінің rs12329760 бір нуклеотидті полиморфизмінің маңыздылығының болуы және TT генотипінің маңыздылығының болмауы анықталды. T аллельінің таралуының статистикалық маңызды айырмашылығы табылған.

Кілт сөздер: SARS-CoV-2, TMPRSS2, COVID-19, SNP, бір нуклеотидті полиморфизм, ген, сезімталдық.

A.K. Bisseneva, G.P. Pogossyan, K.G. Li

Association of polymorphism rs12329760 of the TMPRSS2 gene with coronavirus infection

The article presents the results of genotyping of DNA samples obtained from study participants with the established status of coronavirus infection (COVID-19) using enzyme immunoassay for the single nucleotide polymorphism rs12329760 (C/T) of the TMPRSS2 gene. Genotyping was carried out by polymerase chain reaction (PCR) in real time using the technique “Amplification of the refractory mutation system” (ARMS). The distribution of frequencies of genotypes and alleles rs12329760 C>T of the TMPRSS2 gene in 80 people of the experimental and control groups was analyzed. The presence of the significance of the single nucleotide polymorphism rs12329760 of the TMPRSS2 gene in the homozygous state (CC) and heterozygous (CT) and the absence of the significance of the TT genotype was found. A statistically significant difference in the distribution of the T allele was found.

Keywords: SARS-CoV-2, TMPRSS2, COVID-19, SNP, single nucleotide polymorphism, gene, susceptibility.

А.Н. Заканова^{1*}, Н.Т. Ержанов¹, Ю.Н. Литвинов²¹Торайгыров Университет, Павлодар, Казахстан;²Институт систематики и экологии животных РАН, Новосибирск, Россия

*Автор для корреспонденции: assel.biology@gmail.com

Половозрастная структура мелких млекопитающих антропогенных районов Северного Казахстана

Исследование проводилось в весенне-летний период 2021 г. на территории Северного Казахстана, где располагается Павлодарская область. Рассматривались особенности в половой и возрастной структуре популяций, обитающих в окрестностях двух крупных предприятий тяжелой промышленности и контрольном участке. Источниками антропогенного воздействия являлись Павлодарский алюминиевый завод и Казахстанский электролизный завод. Цель исследования — определение зависимости половозрастной структуры мелких млекопитающих от близости к источнику техногенного загрязнения ареала. Территория исследования была поделена на импактную, буферную, фоновую и контрольную. Были сделаны выводы о перманентном воздействии загрязняющих веществ на организмы микромаммалий. Об этом свидетельствуют нарушения в соотношении количества самок и самцов в популяциях на участках, расположенных в окрестностях заводов. Наблюдалось повышение воспроизводства особей, плодовитость самок техногенных территорий была выше контрольных. Отличалось процентное соотношение сеголеток, взрослых и перезимовавших животных. В импактных территориях замечено самое большое количество молодых организмов и самое малое количество перезимовавших микромаммалий. На контрольном участке отмечено преобладание взрослых и перезимовавших особей. Возрастная группа животных определялась по массе, размерам тела, относительным качествам, таким как состояние шерсти. Данные о влиянии антропогенного воздействия на половозрастную структуру сообществ и популяций данного региона отсутствуют, поэтому вопрос исследования является особо актуальным. Результаты исследования могут использоваться в планировании селитебных зон региона и организации природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, антропогенное воздействие, размножение, плодовитость, популяции, сообщества, половозрастная структура, выживаемость.

Введение

Мелкие млекопитающие распространены на территории северного Казахстана повсеместно и играют важную роль в биогеоценозах, составляют значительную долю биомассы. Представители данной группы животных обладают высоким метаболизмом, пластичностью и видовым разнообразием, благодаря чему занимают различные экологические ниши. Микромаммалии характеризуются периодическим увеличением и уменьшением плотности популяций [1]. Динамика численности, плотность, половозрастная структура популяций могут изменяться под воздействием абиотических, биотических и антропогенных компонентов. Такими могут являться структура и численность сообществ, репродуктивная особенность сезонных генераций (скорость роста, полового созревания и др.); взаимоотношение и влияние популяций видов, обитающих на одной местности, погодные условия, кормовое положение [2]. Половозрастная структура популяций и сообществ формирует стабилизацию численности, приводя ее к оптимуму после временного или перманентного влияния стрессовых факторов [3], каким может являться воздействие деятельности человека на структуру ареала того или иного вида. Поэтому исследование влияния антропогенного воздействия на половозрастную структуру мелких млекопитающих, как возможного индикатора загрязненности среды обитания, является актуальным и мало изученным в северном Казахстане.

На севере Казахстана находится большое количество предприятий, изготавливающих продукцию тяжелой промышленности. Местность характеризуется разнообразными ландшафтами. Среди них сельскохозяйственные ландшафты, которые используются в земледелии и животноводстве; на севере наблюдается лесохозяйственный ландшафт с небольшими березовыми колками, на востоке произрастают сосновые боры; в районе реки Иртыш территория используется в водохозяйственных целях; промышленный тип: к ним относят Павлодарский алюминиевый завод, Казахстанский электролизный завод, Аксуский завод ферросплавов, Павлодарский нефтехимический завод, Екибастуз-

ские ГРЭС 1 и 2, Аксуская ГРЭС. Антропогенное воздействие на ландшафт также происходит в сели-тебной зоне (постройки жилья); Баянаульский государственный национальный парк относится к не-многочисленному рекреационному типу ландшафта [4].

Репродуктивная структура популяций может выступать в качестве индикатора среды обитания. В нормальных условиях среды, при небольших стрессовых факторах соотношение самок и самцов в популяциях оптимально равновесно или немного смещено в сторону увеличения самок. Наблюдается минимальная разница между количеством самок и самцов, то есть половой диморфизм отсутствует. При отрицательном воздействии среды сообщества испытывают средовой стресс, поэтому необходи-ма микроэволюционная лабильность. Чтобы успешно существовать в негативной среде, популяциям следует изменить половую структуру. Обычно самцы первыми реагируют на влияние среды: увели-чивается количество особей, в результате соотношение полов смещается в их сторону, возрастает разница между количеством самцов и самок одной популяции. Следующими на изменения отвечают самки, увеличивая свое количество. Данный вариант случается только в успешно приспособившейся к изменяющимся условиям среды популяции [5].

Материалы и методы

Материал для исследования был получен в весенне-летний период 2021 г. на территории Павло-дарской области, расположенной в северном Казахстане.

Регистрация животных проводилась при помощи относительных способов учета с использо-ванием давилок и ловушко-линий по стандартной методике Новикова [6]. Данный метод повсеместно используется при экологических исследованиях. Результаты исследований дают информацию о чис-ленности, половой и возрастной структуре популяций, биотопическом распределении.

Учетные линии располагались на участках вокруг двух крупнейших предприятий региона: Ка-захстанский электронный завод (КЭЗ) и Павлодарский алюминиевый завод (ПАЗ). КЭЗ располагается на расстоянии 12 км от г. Павлодара с населением свыше 300 тыс. ПАЗ располагается на расстоянии 2 км от города. Заводы расположены друг от друга на удалении 9–10 км. Контрольный участок нахо-дился в Павлодарской области $51^{\circ}55'11''$ с.ш. и $77^{\circ}03'27''$ в.д.

Территория вокруг каждого завода делилась на: 1) импактную (на удалении 0,5–3 км от завода); 2) буферную (на удалении 3–5 км); 3) фоновую (на расстоянии 20–25 км). За период сбора первичных данных с марта по октябрь 2021 г. отработано 1200 конусо-суток и 6000 давилко-суток в районе ПАЗ и КЭЗ. В контрольной зоне освоено 200 конусо-суток и 1000 давилко-суток.

Организмы на различных возрастных этапах анализировались по эндогенным факторам: поло-жение генеративных органов, отсутствие или наличие множественных эмбрионов в матке самок, мас-са и развитость половых структур самцов, численность плацентарных пятен. Зверьков делили на две группы в зависимости от состояния генеративных органов: размножающиеся (половозрелые сеголет-ки и перезимовавшие особи) и не участвующие в размножении (неполовозрелые сеголетки). Инфор-мацию о средней плодовитости самок получали, посчитав среднее количество эмбрионов среди числа размножающихся самок той или иной территории.

Результаты и обсуждение

Мелкие млекопитающие представляют один из главных компонентов наземных экосистем сте-пей северного Казахстана, представлены, в основном, отрядом Грызуны (*Rodentia*) и Насекомоядные (*Eulipotyphla*). Всего было зарегистрировано 173 мелких млекопитающих.

Самым активным месяцем для мелких млекопитающих техногенной зоны является июль. Около половины животных, пойманных на учетных линиях, приходится на этот месяц. К следующим по продуктивности можно отнести июнь и август, и меньшее количество млекопитающих приходится на май и сентябрь. Численность микромаммалий, зарегистрированных с мая по сентябрь, продемонст-рирована на рисунке 1.

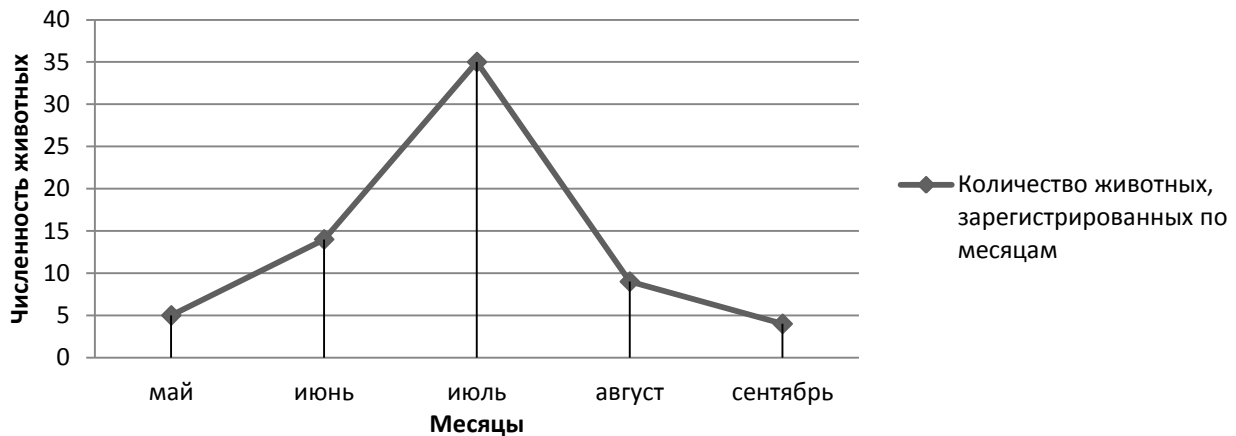


Рисунок 1. Численность мелких млекопитающих техногенных зон, зарегистрированных в весенне-летний период 2021 года

Низкая численность в мае объясняется еще не активным размножением сеголеток, а наличием отложений подкожно-жировой клетчатки с зимнего периода. Высокое количество в летние месяцы продиктовано пиком репродуктивной активности, ростом численности популяций, необходимостью набрать массу на зимний период времени [7]. К концу активного периода размножения происходит снижение численности за счет гибели перезимовавших особей, в результате чего к зимовке остается около 5 % особей, участвовавших в размножении в весенне-летний период.

Всего в импактной зоне было отмечено 25 животных, в буферной 22 зверька, в фоновой территории — 20. На техногенных участках за весенне-летний период зарегистрировано 67 животных. На контрольном участке количество мелких млекопитающих было равно 104.

Репродуктивный анализ зарегистрированных животных показал превышение количества самцов над самками: 67 % и 33 % соответственно. Столь большие различия могут привести к дестабилизации популяций животных в последующих поколениях и говорят о пессимальных условиях среды обитания.

На контрольном участке ситуация с половым диморфизмом не столь отрицательная. Количество половозрелых самок было 42 и самцов 58 %. Соотношение между самцами и самками техногенных и контрольной зон изображено на рисунке 2.

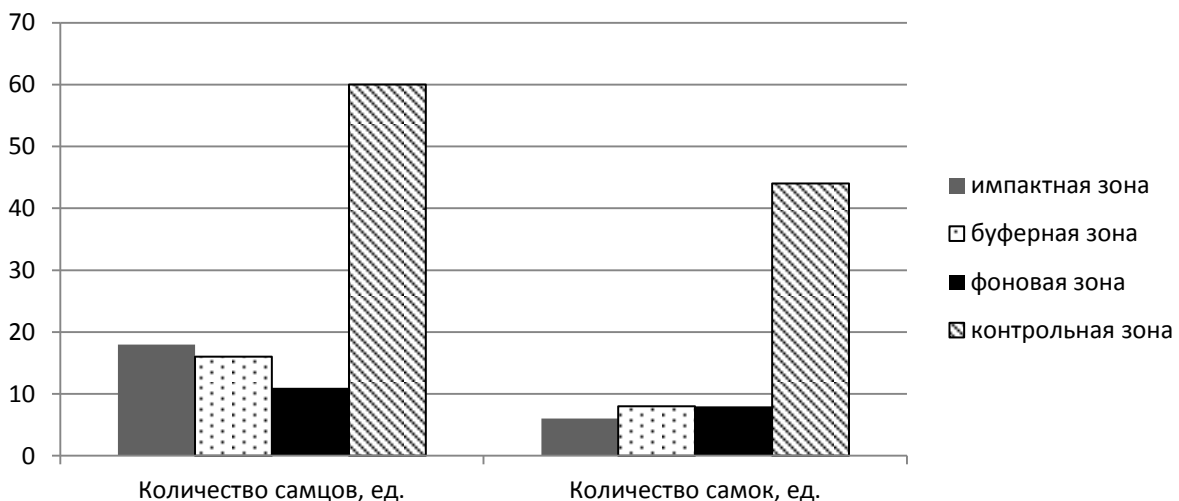


Рисунок 2. Количество самок и самцов в импактной, буферной, фоновой зонах

Высокое различие между количеством самок и самцов в техногенных территориях может объясняться различиями в метаболизме и экологии: размерами организма, суточной активностью, участием в размножении и, как следствие, количеством потребляемой пищи с содержанием поллютантов, оно

также может различаться. Обычно у самцов количество потребляемой пищи выше на 30–40 %, чем у самок. Так, например у *Arborimus longicaudus* отмечается превышение свинца в скелетах самцов [8], по сравнению с самками.

Самки техногенных зон отличались максимальными значениями плодовитости $\pm 6,1$, высока доля участвующих в размножении самок (69,8 %). На контрольном участке плодовитость равна $\pm 5,28$, при количестве размножающихся самок 33,6 %. В размножении участвует половина сеголетков (50 %).

В исследованиях Е.Г. Шадринной и Я.Л. Вольперта [9], наблюдается увеличение средней величины выводка у красной полевки (*Myodes rutilus*), ареал которой подвергается длительному мезоантропогенному воздействию горнодобывающей промышленности. Мы также констатируем, что урбанизация оказывает влияние на половозрастную структуру грызунов и насекомых. Животные, испытывая постоянный стресс, адаптируются увеличением плодовитости самок и в то же время уменьшением их пропорции в общей численности.

Относительный возраст у мелких млекопитающих мы определяли по массе тела животного. Большинство мелких грызунов живут недолго: полевки и мыши в среднем меньше одного года, т.е. 10–11 месяцев. Поэтому значительную часть своей жизни они продолжают расти и, следовательно, масса их тела увеличивается, поэтому животные были разделены на возрастные группы по массе с определенным интервалом, например, полевок до 15 г, 16–20, 21–25, 26–30 и т.д. [10]. Процентное соотношение возрастных групп: молодых, взрослых и перезимовавших на техногенном участке — 18,9; 17,3 и 63,2 %, на контрольном — 10,7, 11,3 и 78 %, соответственно. Количество животных каждой возрастной группы на техногенных и контрольной зонах показано на рисунке 3.

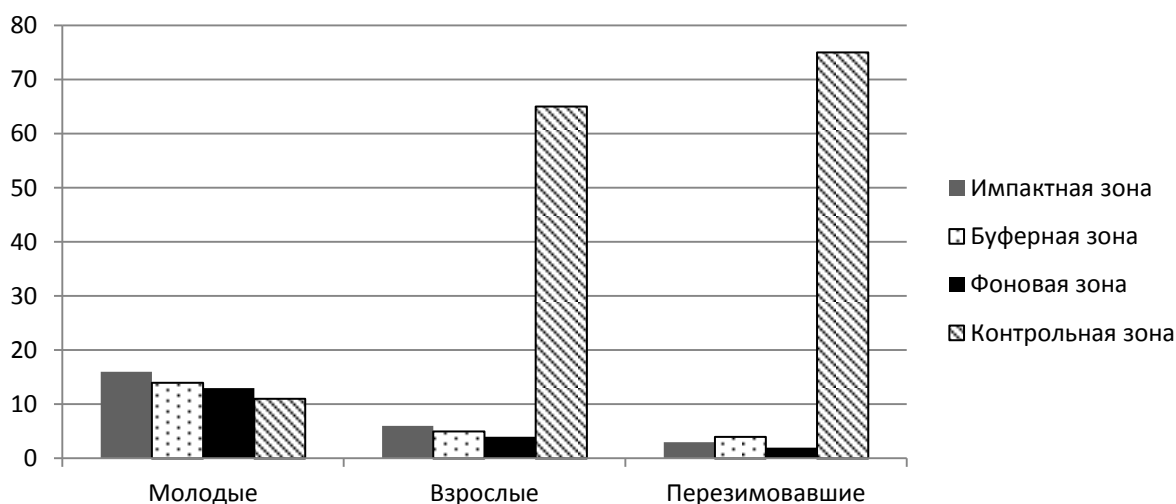


Рисунок 3. Количество животных (в особях) по возрастным группам: молодые, взрослые и перезимовавшие

Всего на техногенных территориях молодых мелких млекопитающих было отмечено 43 особи, взрослых 15 и еще меньше перезимовавших — 9 животных. Наблюдается тенденция увеличения количества молодых животных и резкое уменьшение перезимовавших организмов на территориях, прилегающих к заводам. На контрольных участках фиксируются противоположные результаты: молодых животных 11 единиц, взрослых 65 и перезимовавших 75.

Старые перезимовавшие особи выглядели более взъерошено, часть шерсти иногда потерта, например, у старых самцов полевок на бедрах видны обнаженные части тела (лысины).

Мы приходим к выводу о влиянии антропогенного воздействия на продолжительность жизни микромаммалий. В исследованиях С.В. Мухачевой, С.В. Безеля и других [11] имеется информация о накоплении свинца и кадмия у перезимовавших полевок в лабораторных условиях. У модельных животных радиоактивные изотопы присутствовали в соединительных тканях, особенно в скелете. У сеголеток, подверженных воздействию поллютантов, весь постнатальный период отмечалась низкая оссификация. Были сделаны выводы о проницаемости плаценты для загрязняющих веществ. Однако показатели молодых млекопитающих были достоверно ниже, чем у взрослых особей и особенно у перезимовавших. В скелете молодых *Rattus* присутствие стронция и других элементов было от 4 до 10 раз меньше уровня у взрослых особей. В своей работе автор [12] отмечает увеличение уровня тя-

железы металлов в половой системе у половозрелых взрослых микромаммиалей, через высокие концентрации в потребляемой пище [13]. Как и половая принадлежность, возрастным критерий проявляется тем выше, чем выше уровень техногенной нагрузки на экосистему.

Заключение

Таким образом, мелкие млекопитающие могут выступить в качестве индикатора состояния экосистемы: большой процент половозрелых особей в сообществах свидетельствует об адаптивных реакциях животных к изменениям окружающей среды, причиной которых стало техногенное воздействие. Результаты сбора первичных данных предоставили информацию о численности, половой и возрастной структуре популяций как индикаторов оценки загрязнения среды.

Максимальная активность животных антропогенных участков наблюдалась в летний период, пик зафиксирован в июне. Весной и осенью число активных мелких млекопитающих значительно ниже — 13 % от общего числа. В техногенных зонах население значительно ниже, чем у контрольного участка, и составляет 39 % от всех зарегистрированных мелких млекопитающих и представлено в большей степени сеголетками, участие которых в воспроизводстве ниже, чем у взрослых особей. Можно предположить, что население данных мест может формироваться мигрирующими особями из соседних участков. По мере отдаления от источников загрязнения наблюдается повышение доли перезимовавших особей. Максимальное значение взрослых, перезимовавших млекопитающих наблюдалось в контрольных участках (91,5 %), наименьшее — в импактной зоне (35 %).

Длительное воздействие предприятий тяжелой промышленности может приводить к снижению доли взрослых и перезимовавших особей, особенно это наблюдается среди самок микромаммиалей. Данное явление демонстрирует трансформацию в популяционной структуре, так как рассматриваемые места плохо используются микромаммиалиями в качестве площадок для воспроизводства. Количество самок подверженных техногенному воздействию пропорционально уменьшалось по мере сокращения расстояния от предприятий. Количество самок контрольной зоны составляет 67 % от общего количества особей женского пола отмеченных в исследуемый период.

Обычно при перманентном стрессовом воздействии на ареалы включаются процессы обратной связи. Повышение плодовитости самок техногенных участков свидетельствует о включении саморегулирующих механизмов популяций, поэтому мы наблюдаем увеличение плацентарных пятен и эмбрионов у самок, зарегистрированных близ заводов. В среднем, плодовитость самок контрольного участка меньше на 0,82 самок техногенного участка.

Перечисленные выше особенности свидетельствуют о напряженности взаимоотношений организмов мелких млекопитающих с окружающей средой, подвергнутой антропогенной нагрузке. Наблюдались изменения в половозрастной структуре мелких млекопитающих при длительной антропогенной нагрузке, которая наблюдается в Северном Казахстане. Так, в популяциях присутствует интенсификация репродуктивной деятельности, индивидуальной плодовитости и сокращения продолжительности жизни.

Список литературы

- 1 Kelt D.A. Comparative ecology of desert small mammals: a selective review of the past 30 years // *Journal of Mammalogy*. — 2011. — Vol. 92, № 6. — P. 1158–1178.
- 2 Мамина В.П. Репродуктивные потери у мелких млекопитающих: роль самок и самцов / В.П. Мамина, О.А. Жигальский // *Докл. РАН*. — 2009. — Т. 425, № 4. — С. 571–573.
- 3 Benitez-Malvido J. et al. The role of sex and age in the architecture of intrapopulation howler monkey-plant networks in continuous and fragmented rain forests // *Peer J*. — 2016. — Vol. 4. — P. e1809.
- 4 Латыпова З.Б. Методологические аспекты геоэкологической оценки территории (на примере Павлодарской области) / З.Б. Латыпова, М.К. Омаров // *Пед. журн.* — 2017. — Т. 7, № 1. — С. 421.
- 5 Суходольская Р.А. Роль репродуктивных параметров популяции в биоиндикации антропогенных воздействий / Р.А. Суходольская, Е.В. Бегичева // *Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации*. — 2010. — С. 104.
- 6 Катаевский В.Н. Млекопитающие Сары-Челекского заповедника / В.Н. Катаевский, Э. Давранов // *Тр. Заповедников Кыргызстана. Государственная лесная служба КР. Кыргызский национальный отдел реализации проекта*, 2005. — Электронный ресурс. — Режим доступа: <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/biom/lib/article/kataevskiy-davranov-mlekopitaushiesary-chelek.pdf>
- 7 Рассадина Е.В. Биоиндикация и ее место в системе мониторинга окружающей среды / Е.В. Рассадина // *Вестн. Ульянов. гос. сельскохозяйств. акад.* — 2007. — № 2(5). — С. 48–53.

- 8 Москвитина Н.С. Некоторые показатели состояния животных из разных популяций красной полевки (*Clethrionomys rutilus* Pall.) Горного Алтая / Н.С. Москвитина, Е.В. Кохонов // Вестн. Том. гос. ун-та. Сер. Биология. — 2012. — № 2 (18). — С. 186–193.
- 9 Шадрина Е.Г. Мелкие млекопитающие как модельная группа при оценке трансформации ландшафтов Севера (на примере Западной Якутии) / Е.Г. Шадрина, Я.Л. Вольперт // Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий. — Нижний Новгород, 2014. — С. 342–349.
- 10 Карасева Е.В. Грызуны России / Е.В. Карасева, Ю.В. Тошигин. — М.: ИЭМЭЖ им. Н.А. Северцова, 1993. — С. 110–121.
- 11 Mukhacheva S.V. Geochemical Ecology of Small Mammals at Industrially Polluted Areas: Is There any Effect of Reduction in the Emissions? / S.V. Mukhacheva, V.S. Bezel // Geochemistry International. — 2020. — Vol. 58, № 8. — P. 959–967.
- 12 Starichenko V.I. Hereditary component of variation in 90Sr deposition in inbred mice under exogenous conditions that affect bone formation / V.I. Starichenko // Applied Radiation and Isotopes. — 2018. — Vol. 140. — P. 126–132.
- 13 Baranovskaya N. Chemical composition of the small mammal reproductive system as an indicator of enterprise technogenic impact on the environment / N. Baranovskaya, A. Belyanovskaya, V. Bezel, S. Mukhacheva, M. Anufrieva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — IOP Publishing, 2016. — Vol. 43, № 1. — P. 012045.

А.Н. Заканова, Н.Т. Ержанов, Ю.Н. Литвинов

Қазақстанның солтүстік антропогендік аудандарындағы ұсақ сүтқоректілердің жыныстық-жастық құрылымы

Зерттеу 2021 жылдың көктемгі-жазғы кезеңінде Қазақстанның солтүстігінде, яғни Павлодар облысының аумағында жүргізілген. Ауыр өнеркәсіптің екі ірі кәсіпорны мен бақылау учаскесінің маңайында мекендейтін популяциялардың жыныс және жас құрылымындағы ерекшеліктер қарастырылған. Антропогендік әсердің көздері Павлодар алюминий зауыты және Қазақстан электролиз зауыты болды. Зерттеудің мақсаты: ұсақ сүтқоректілердің жыныстық-жас құрылымының таралу аймағының техногендік ластану көзіне жақын болуына тәуелділігін анықтау. Зерттеу аумағы импактты, буферлі, фондық және бақылау аймақтарына бөлінді. Микромаммалий организмдеріне ластанушы заттардың тұрақты әсері туралы қорытынды жасалды. Бұған зауыттардың маңында орналасқан учаскелердегі популяцияларда ұрғашы мен еркек санының арақатынасының бұзылуы дәлел бола алады. Техногендік аймақтардағы дарактардың өсімділігінің артуы, ұрғашылардың тұқымдылығының молаюы бақылау нормасынан артып келе жатқаны байқалады. Жас төлдердің, ересек және қыстаудан шыққан жануарлардың пайыздық арақатынасында айырмашылық бар. Импактты аймақтарда жас организмдердің ең көп саны және қыстаудан шыққан микромаммалиялардың ең аз саны бар. Бақылау аймағында ересектер мен қыстаудан шыққан дарактардың басым болуы байқалады. Жануарлардың жас тобы салмағы, дене мөлшері, салыстырмалы қасиеттері, мысалы, түктерінің жағдайы бойынша анықталды. Осы өңірдің қоғамдастықтары мен популяцияларының жыныстық-жастық құрылымына антропогендік әсердің әсері туралы деректер жоқ, сондықтан зерттеу мәселесі аса өзекті. Зерттеу нәтижелері өңірдің қоныстану аймақтарын жоспарлауда және табиғатты қорғау іс-шараларын ұйымдастыруда пайдаланылуы мүмкін.

Кілт сөздер: ұсақ сүтқоректілер, антропогендік әсер, көбею, тұқымдылық, популяциялар, қауымдастықтар, жыныстық және жас құрылымы, тіршілік ету.

A.N. Zakanova, N.T. Yerzhanov, Yu.N. Litvinov

Gender and age structure of small mammals of anthropogenic regions of Northern Kazakhstan

The research was conducted in the spring-summer period of 2021 on the territory of northern Kazakhstan, where the Pavlodar region is located. The features in the sexual and age structure of populations were considered. Populations live in the vicinity of two large heavy industry enterprises and a control area. The sources of anthropogenic impact were the Pavlodar Aluminum Plant and the Kazakhstan Electrolysis Plant. Research objective: to determine the dependence of the sex and age structure of small mammals on the proximity to the source of anthropogenic pollution of the area. The study area was divided into impact, buffer, background and control. Conclusions were drawn about the permanent effect of pollutants on the micromammalia organisms. There is a violation in the ratio of the number of females and males in the populations as they approach the sources of pollution. There is an increase in reproduction of individuals. The fertility of females of technogenic territories is higher than the control ones. The percentage of fingerlings, adults and overwintered

animals differs. The impact territories have the largest number of young organisms and the smallest number of overwintered micromammalia. In the control area, there is a predominance of adults and pre-hibernating individuals. The age group of animals was determined by weight, body size, relative qualities (condition of the coat). There was no up-to-date information on the impact of anthropogenic impact on the gender and age structure of communities and populations of northern Kazakhstan. The results of this research will be useful in the process of planning a residential area of the region.

Keywords: small mammals, anthropogenic impact, reproduction, fertility, populations, communities, gender and age structure, survival.

References

- 1 Kelt, D.A. (2011). Comparative ecology of desert small mammals: a selective review of the past 30 years. *Journal of Mammalogy*, 92(6), 1158–1178.
- 2 Mamina, V.P., & Zhigalskii, O.A. (2009). Reproductivnye poteri u melkikh mlekopitaiushchikh: rol samok i samtsov [Reproductive losses in small mammals: the roles of females and males]. *Doklady Rossiiskoi akademii nauk — Reports of Academy of Science*, 425(1); 164–166 [in Russian].
- 3 Benitez-Malvido, J., Martínez-Falcón, A.P., Dattilo, W., González-DiPierro, A.M., Estrada, R.L. & Traveset, A. (2016). The role of sex and age in the architecture of intrapopulation howler monkey-plant networks in continuous and fragmented rain forests. *Peer J.*, 4, e1809.
- 4 Latypova, Z.B. & Omarov, M.K. (2017). Metodologicheskie aspekty geoekologicheskoi otsenki territorii (na primere Pavlodarskoi oblasti) [Methodological aspects of geoecological assessment of the territory (on the example of the Pavlodar region)]. *Pedagogicheskii zhurnal — Pedagogical Journal*, 7 (1); 421 [in Russian].
- 5 Sukhodolskaia, R.A. & Begicheva, E.V. (2010). Rol reproductivnykh parametrov populiatsii v bioindikatsii antropogennykh vozdeistvii [The role of reproductive parameters of the population in bioindication of anthropogenic impacts]. *Sovremennye problemy biomonitoringa i bioindikatsii — The modern problems of biomonitoring and bioindication*, 104 [in Russian].
- 6 Kataevskii, V.N. & Davranov, E. (2005). Mlekopitaiushchie Sary-Chelekskogo zapovednika [Mammals of the Sary-Chelek Nature Reserve]. *Trudy Zapovednikov Kyrgyzstana. Gosudarstvennaia lesnaia sluzhba KR. Kyrgyzskii natsionalnyi otdel realizatsii proekta — Proceedings of the Reserves of Kyrgyzstan. State Forest Service of the Kyrgyz Republic. Kyrgyz National Project Execution Department*. Retrieved from <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/biom/lib/article/kataevskiy-davranov-mlekopitaiushchie-sary-chelek.pdf> [in Russian].
- 7 Rassadina, E.V. (2007). Bioindikatsiia i ee mesto v sisteme monitoringa okruzhaiushchei sredy [Bioindication and its place in the environmental monitoring system]. *Vestnik Ulianovskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii — Bulletin of Ulianovsk agricultural academy*, 2(5); 48–53 [in Russian].
- 8 Moskvitina, N.S. & Kokhonov, E.V. (2012). Nekotorye pokazateli sostoiianiia zhivotnykh iz raznykh populiatsii krasnoi polevki (*Clethrionomys rutilus* Pall.) Gornogo Altaia [Some indicators of the condition of animals from different populations of the red vole (*Clethrionomys rutilus* Pall.) of the Altai Mountains]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Biologiia — Bulletin of Tomsk State University, series Biology*, 2(18); 186–193 [in Russian].
- 9 Shadrina, E.G. & Volpert, Ia.L. (2014). Melkie mlekopitaiushchie kak modelnaia gruppa pri otsenke transformatsii landshaftov Severa (na primere Zapadnoi Yakutii) [Small mammals as a model group in assessing the transformation of landscapes of the North (on the example of Western Yakutia)]. *Zoologicheskie issledovaniia regionov Rossii i sopredelnykh territorii — Zoological study of regions of Russia and adjacent territories*. Nizhnii Novgorod, 342–349 [in Russian].
- 10 Karaseva, E.V. & Toshchigin, Yu.V. (1993). *Gryzuny Rossii [Rodents of Russia]*. Moscow: IEIEMEZh imeni N.A. Severtsova, 110–121 [in Russian].
- 11 Bezel, V.S., & Mukhacheva, S.V. (2020). Geochemical Ecology of Small Mammals at Industrially Polluted Areas: Is There any Effect of Reduction in the Emissions? *Geochemistry International*, 58(8), 959–967.
- 12 Starichenko, V.I. (2018). Hereditary component of variation in 90Sr deposition in inbred mice under exogenous conditions that affect bone formation. *Applied Radiation and Isotopes*, 140, 126–132.
- 13 Baranovskaya, N., Belyanovskaya, A., Bezel, V., Mukhacheva, S. & Anufrieva, M. (2016). Chemical composition of the small mammal reproductive system as an indicator of enterprise technogenic impact on the environment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 43(1); 012045.

Б.В. Златанов*

Институт зоологии, Алматы, Казахстан
*Автор для корреспонденции: bor.zlat@mail.ru

Новый вид рода *Physocephala* Schiner, 1861 (Diptera, Conopidae) из Восточного Казахстана

В 2021 г. в ходе работы по изучению энтомофауны Государственного национального природного парка «Тарбагатай» в южном отроге хребта Тарбагатай горах Карабас была отловлена на цветках душицы обыкновенной *Origanum vulgare* L. (сем. Яснотковые (*Lamiaceae*)) самка мухи-большоголовки (*Conopidae*) рода *Physocephala*, которая в настоящей работе описана как новый вид *Ph. zhanylkan* sp. n. Самка описываемого вида близка самке *Ph. zaitzevi* Zimina, 1979, от которой отличается отсутствием пятна на темени, пропорциями усиков и хоботка, окраской крыльев, цветом опыления брюшка, размерами и формой теки.

Ключевые слова: *Physocephala*, Conopidae, новый вид, Восточный Казахстан, Тарбагатай, Карабас.

Введение

Мухи-большоголовки (*Diptera*, *Conopidae*) — небольшое семейство паразитических двукрылых, личинки которых являются внутренними паразитами жалящих перепончатокрых (*Aculeata*), редко прямокрылых (*Orthoptera*). Семейство распространено всемирно, в мировой фауне описано более 800 видов [1; 172]. В Палеарктике насчитывается 201 вид [2]. Семейство в Палеарктике довольно хорошо изучено, в основном, благодаря многолетним исследованиям Л.В. Зиминой [2–10]. Имаго хорошо летают, являясь опылителями, встречаются на цветках различных растений, главным образом травянистых. Держатся обычно вблизи гнезд общественных перепончатокрылых. Мухи поджидают или активно разыскивают перепончатокрылых, кормящихся на цветущей растительности, и откладывают на них яйца. В хозяине развивается одна личинка мухи, которая окукливается в брюшке уже мертвого насекомого, где и зимует. Некоторые виды имеют хозяйственное значение, являясь вредителями пчеловодства (например, *Physocephala vittata* (Fabricius, 1794)).

Physocephala zhanylkan Zlatanov sp. n.

Материал. Голотип: ♀, 07.07.2021, Восточный Казахстан, хр. Тарбагатай, горы Карабас, 46°49'36.6" N, 82°42'20.2" E, 749 м над ур. м. (Сборщик Б. Златанов). Типовой экземпляр хранится в коллекции Института зоологии КН МНВО РК, г. Алматы.

Описание. Самка. *Голова.* Лицо, щеки и лоб желтые. На скулах вдоль глаз в средней части узкая слабозаметная полоска белого опыления. Лицевая впадина просвечивающая, в нижней части в белом опылении. Лицевой киль в верхней части слабо выражен. Лоб, лицо и щеки вдоль глаз просвечивающие. Темя и затылок в средней части буровато-желтые, просвечивающие. Темя медиально с относительно глубокой продольной бороздкой. Затылок за глазами темно-бурый, в нижней части красновато-коричневый.

Усики несколько длиннее головы; 1-й членик буровато-коричневый; 2-й — темно-бурый, почти черный, с внутренней стороны у вершины и снизу красновато-коричневый; 3-й — буровато-желтый, темнеющий к вершине до темно-бурого, дорсально-черный. Соотношение длин 1-го, 2-го и 3-го члеников примерно 1:3:2. 3-й членик ромбовидный; стилус двухчлениковый, дорсо-вентрально уплощенный с закругленной вершиной (при виде сбоку — заостренный) и с округлой нижней лопастью (рис. 1).

Хоботок более чем в 2 раза длиннее головы, буровато-желтый, начиная примерно с середины с постепенно расширяющейся к вершине бурой, затем черной дорсальной полосой; лопасти угольно-черные.

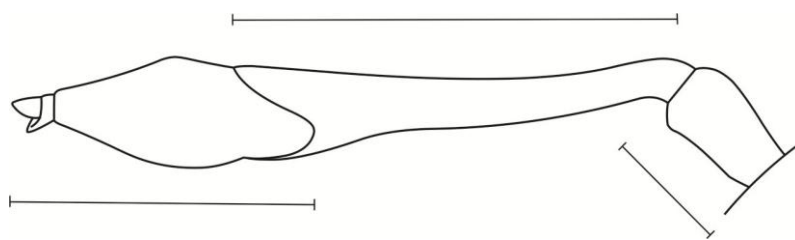


Рисунок 1. *Physocephala zhanylkan* Zlatanov sp. n. Усик самки, вид сбоку.
Линии указывают границы члеников

Грудь. Буровато-коричневая. Среднеспинка посередине черная (рис. 2), в коротких полуприподнятых черных волосках. Медиотергит почти целиком черный, латерально буровато-коричневый. Плевротергиты сзади книзу с черным продолговатым пятном, сливающимся с черной поверхностью медиотергита. Среднеспинка, медиотергит и плевротергиты серебристо-опыленные. Щиток с темно-бурыми размытыми пятнами латерально книзу, с участками серебристого опыления. Плевры с полосой серебристого опыления, занимающей светлоокрашенную часть стерноплевр целиком и заднюю половину мезоплевр. Опыление стерноплевр имеет горизонтально штриховую текстуру. Птероплевры у переднего края с группой разновеликих щетинок. Стерноплевры над передними тазиками черные. Нижний угол гипоплевр с черным овальным пятном. На стерноплеврах 3 коротких слабозаметных волоска, расположенных почти по прямой (рис. 3).

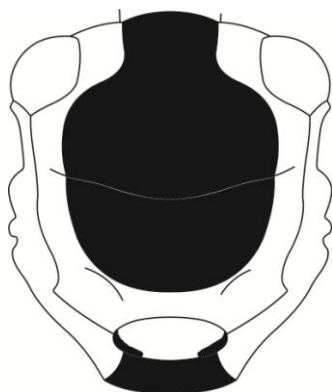


Рисунок 2. *Physocephala zhanylkan* Zlatanov sp. n.
Грудь самки, вид сверху



Рисунок 3. *Physocephala zhanylkan* Zlatanov sp. n.
Грудь самки, вид сбоку слева

Крылья. Иридирующие; буроватая полоса расположена между костальной и медиальной жилками; в ячейке r_3 заходит за жилку R_{2+3} ; в ячейке r_5 занимает больше основной трети, сзади ограничена ложной жилкой. Ячейки c и sc несколько более светлые; ячейки br , bm и прочие — прозрачные. Ячейка br вдоль переднего края узко буроватая (рис. 4). Вся поверхность крыльев в микротрихиях.

Жужжальца белесые, ножка коричнево-красная.

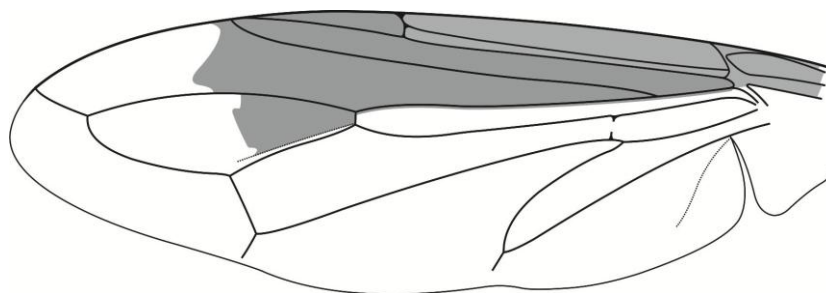


Рисунок 4. *Physocephala zhanylkan* Zlatanov sp. n. Крыло самки

Ноги. В коротких относительно редких черных волосках. Тазики всех пар ног коричнево-желтые; передних — спереди с размытым буроватым пятном, средних и задних — снаружи темно-бурые.

Бедра всех пар ног коричнево-желтые; задние — сзади в вершинных двух третях более темные.

Все голени светло-коричневато-желтые; передних и средних ног — в основной трети желтовато-белесые, задних — белесые. В средней части все голени ближе к вершине с небольшим расширением, наиболее выраженным у задних голеней, с рубцом, охватывающим голень снизу и с боков (рис. 5). Передние и средние голени снаружи в блестящем серебристом опылении. Задние голени между средним расширением и вершиной сзади и снизу в густых коротких черных полуприподнятых волосках, так что этот участок выглядит темным.

Основные членики всех лапок светло-коричневато-желтые, начиная со второго, постепенно буреют к вершине лапки.

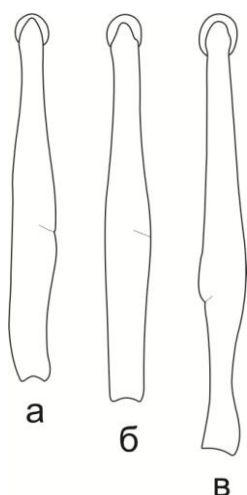


Рисунок 5. *Physocephala zhanylkan* Zlatanov sp. n.
Голени ног самки, вид спереди: а — передней; б — средней; в — задней пар

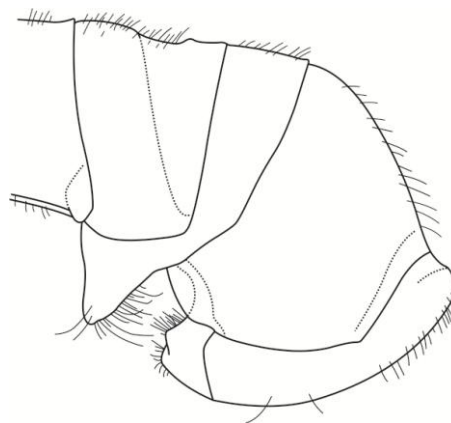


Рисунок 6. *Physocephala zhanylkan* Zlatanov sp. n.
Конец брюшка самки, вид сбоку слева

Брюшко. В коротких черных волосках, более длинных к вершине брюшка. Буровато-коричневое, несколько светлее груди. Тергиты I–VI с большими темно-бурыми, почти черными пятнами. Задние края тергитов I–III в интенсивном серебристом опылении, дорсально узким, латерально расширяющимся. Серебристое опыление тергита IV дорсально занимает заднюю его половину, латерально сужается. Основная половина этого тергита также в опылении, но очень слабым. Опыление тергитов V и VI занимает всю их дорсальную поверхность, несколько менее интенсивное, чем на предыдущих тергитах; латерально не распространяется. Тергит VII опылен только у основания. Тека короткая, почти в 3 раза меньше высоты тергита V, ее передняя поверхность почти прямая (рис. 6).

Длина тела 10 мм.
Самец не известен.

Обсуждение

Описанный вид близок *Physocephala zaitzevi* Zimina, 1979. Для удобства сравнения важнейших признаков этого вида с описанным, они сведены в таблицу.

Т а б л и ц а

Основные различия между самками *Physocephala zaitzevi* Zimina и *Physocephala zhanylkan* Zlatanov sp. n.

Ph. zaitzevi (частичное цитирование по описанию [7])	Ph. zhanylkan sp. n. (частичное цитирование по описанию [7])
1	2
На темени маленькое коричневое пятно	Пятно отсутствует
Усики не длиннее головы	Усики несколько длиннее головы
2-й членик (усиков) примерно в два с половиной раза длиннее 3-го	Соотношение длин 1-го, 2-го члеников и флагелломера примерно 1:3:2
Хоботок в два раза длиннее головы	Хоботок более чем в 2 раза длиннее головы

Продолжение таблицы

1	2
Костальная, субкостальная и обе базальных ячейки желтоватые	Ячейки c и sc буроватые; ячейки br , bm прозрачные (бесцветные)
Задние края 1–5-го сегментов в желтоватом блестящем опылении	Задние края тергитов I–III в интенсивном серебристом опылении
Тека вдвое короче 5-го сегмента, передняя поверхность сильно выпуклая	Тека почти в 3 раза меньше высоты тергита V, ее передняя поверхность почти прямая

Этимология. Вид назван именем руководителя Отдела науки и экологического мониторинга ГНПП «Тарбағатай» Жанылкан Кабиевны Алемсеитовой, оказавшей большую поддержку и помощь в проведении энтомологических исследований на территории Национального парка.

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (тема АРО9259987 «Оценка разнообразия фауны насекомых государственного национального природного парка «Тарбағатай», ее мониторинг, сохранение и устойчивое использование»).

Список литературы

- 1 Нарчук Э.П. Определитель семейств двукрылых насекомых фауны России и сопредельных стран / Э.П. Нарчук // Тр. ЗИН РАН. — 2003. — Т. 294. — С. 251.
- 2 Баркалов А.В. Мухи-большоголовки (*Diptera, Conopidae*) лесостепи Западной Сибири / А.В. Баркалов, Д.В. Лопатин // Евразият. энтомолог. журн. — 2006. — Т. 5, № 3. — С. 190, 191.
- 3 Зими́на Л.В. Новые данные о системе Conopidae (*Diptera*) на материале фауны СССР / Л.В. Зими́на // Зоолог. журн. — 1960. — Т. 39. Вып. 5. — С. 723–733.
- 4 Зими́на Л.В. Новый род двукрылых из сем. Conopidae (*Diptera*) палеарктической фауны / Л.В. Зими́на // Энтомологическое обозрение. — 1969. — Т. 48. Вып. 3. — С. 669–674.
- 5 Зими́на Л.В. 51. Сем. Conopidae — большоголовки / Л.В. Зими́на // Определитель насекомых Европейской части СССР. — Т. 5, Ч. 2. — Л.: Наука, 1970. — С. 104–112.
- 6 Зими́на Л.В. Новые данные по систематике Conopidae (*Diptera*) / Л.В. Зими́на // Зоолог. журн. — 1974. — Т. 53. Вып. 3. — С. 477–481.
- 7 Зими́на Л.В. Каталог Conopidae (*Diptera*) Палеарктики / Л.В. Зими́на // Сб. тр. Зоолог. музея МГУ, 1976. — Т. 15. — С. 149–182.
- 8 Зими́на Л.В. Новый вид мух-большоголовок (*Diptera, Conopidae*) из Туркмении / Л.В. Зими́на // Тр. ВЭО. — 1979. — Т. 61. — С. 196, 197.
- 9 Зими́на Л.В. 71. Сем. Conopidae — большоголовки / Л.В. Зими́на // Определитель насекомых Дальнего Востока России. — Т. 6, Ч. 1. — Владивосток: Дальнаука, 1999. — С. 523–531.
- 10 Зими́на Л.В. Определитель паразитических двукрылых сем. Conopidae (*Diptera*) Средней Азии / Л.В. Зими́на // Энтомологическое обозрение. — 2000. — Т. 79. Вып. 3. — С. 723–733.

Б.В. Златанов

Шығыс Қазақстаннан *Physocephala* Schiner, 1861 (*Diptera, Conopidae*) тұқымдасына жататын жаңа түр

Мақалада 2021 жылы «Тарбағатай» Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің Тарбағатай жотасының оңтүстік сілеміндегі Қарабас тауларының энтомофаунасын зерттеу жұмыстарын жүргізу барысында кәдімгі киікөтының *Origanum vulgare* L. (Айқынгүлділер — Lamiaceae тұқымдасы) — гүлдерінен ауланған, *Physocephala* тұқымдасына жататын ірібас шыбынына (Conopidae) осы жұмыста *Ph. zhanylkan* sp. n. жаңа түр ретінде сипаттама берілген. Сипаттама берілген жаңа түрдің аналығы *Ph. zaitzevi* Zimina, 1979 жылғы түрдің аналығына ұқсас бірақ, оның негізгі айырмашылығы шекесіндегі дағы жоқ, мұртшалары мен тұмсығының бітімі, канаттарының түсі, іш-қуысының тозандану түсінде, дәнекер ұлпалы қаптаманың көлемі мен пішінінде.

Кілт сөздер: *Physocephala*, Conopidae, жаңа түр, Шығыс Қазақстан, Тарбағатай, Қарабас.

B.V. Zlatanov

New species of genus *Physocephala* Schiner, 1861 (Diptera, Conopidae) from Eastern Kazakhstan

In 2021, in the course of studying the entomofauna of the Tarbagatai State National Natural Park in the southern spur of the Tarbagatai Ridge, the Karabas Mountains, a female of large-headed fly (Conopidae) of the genus *Physocephala* was caught on flowers of the common oregano *Origanum vulgare* L. (family Lamiaceae) which is described in this paper as a new species *Ph. zhanylkan* sp. n. The female of the described species is close to the female of *Ph. zaitzevi* Zimina, 1979, from which it differs in the absence of a spot on the vertex, the proportions of the antennae and proboscis, the color of the wings, the color of the pollination of the abdomen, and the size and shape of the theca.

Keywords: *Physocephala*, Conopidae, new species, East Kazakhstan, Tarbagatai, Karabas.

References

- 1 Narchuk, E.P. (2003). Opredelitel semeistv dvukrylykh nasekomykh fauny Rossii i sopredelnykh stran [Key to Diptera families of the fauna of Russia and neighboring countries]. *Trudy ZIN RAN — Proceedings of Zoological Institute*, 294; 251 [in Russian].
- 2 Barkalov, A.V. & Lopatin, D.V. (2006). Mukhi-bolshegolovki (Diptera, Conopidae) lesostepi Zapadnoi Sibiri [Large-headed flies (Diptera, Conopidae) in the forest-steppe of Western Siberia]. *Evraziatskii entomologicheskii zhurnal — Eurasian entomological journal*, 5(3); 190, 191 [in Russian].
- 3 Zimina, L.V. (1960). Novye dannye o sisteme Conopidae (Diptera) na materiale fauny SSSR [New data on the Conopidae (Diptera) System based on the material of the USSR fauna]. *Zoologicheskii zhurnal — Zoological Journal*, 39(5); 723–733 [in Russian].
- 4 Zimina, L.V. (1969). Novyi rod dvukrylykh iz sem. Conopidae (Diptera) palearkticheskoi fauny [A new genus of Diptera from the family Conopidae (Diptera) of the Palearctic fauna]. *Entomologicheskoe obozrenie — Entomological observation*, 48 (3); 669–674 [in Russian].
- 5 Zimina, L.V. (1970). 51. Sem. Conopidae — bolshegolovki [51. Fam. Conopidae — thick-headed flies]. *Opredelitel nasekomykh Evropeiskoi chasti SSSR — determinant of insects of European part of USSR*. Leningrad: Nauka, 5(2); 104–112 [in Russian].
- 6 Zimina, L.V. (1974). Novye dannye po sistematike Conopidae (Diptera) [New data on the systematics of Conopidae (Diptera)]. *Zoologicheskii zhurnal — Zoological Journal*, 53(3); 477–481 [in Russian].
- 7 Zimina, L.V. (1976). Katalog Conopidae (Diptera) Palearktiki [Catalogue of Conopidae (Diptera) of the Palearctic region]. *Sbornik trudov Zoologicheskogo muzeia Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta — Book of works of Zoological museum of Moscow State University*, 15; 149–182 [in Russian].
- 8 Zimina, L.V. (1979). Novyi vid mukh-bolshegolovok (Diptera, Conopidae) iz Turkmenii [A new species of large-headed flies (Diptera, Conopidae) from Turkmenistan]. *Trudy VEO — Proceedings of VEO*, 61; 196–197 [in Russian].
- 9 Zimina, L.V. (1999). 71. Sem. Conopidae — bolshegolovki [71. Fam. Conopidae — thick-headed flies]. *Opredelitel nasekomykh Dalnego Vostoka Rossii — Determinant of insects of Dalniy Vostok. Vladivostok: Dalnauka*, 6(1); 523–531 [in Russian].
- 10 Zimina, L.V. (2000). Opredelitel paraziticheskikh dvukrylykh sem. Conopidae (Diptera) Srednei Azii [Key to parasitic Diptera of the family Conopidae (Diptera) from Central Asia]. *Entomologicheskoe obozrenie — Entomological observation*, 79(3); 723–733 [in Russian].

А.Б. Исмагулова*, Ж.А. Тулегенова, А.Д. Спанбаев, А.М. Шалабаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

*Хат-хабарларға арналған автор: altynai14.02@mail.ru

Құлпынай түрлерін зақымдайтын *Botrytis cinerea* саңырауқұлағын зерттеу

Мақала жидектердің ішінде сұранысқа және пайдалы қасиеттерге ие құлпынай жемісінің түрлерін зақымдайтын зиянды патогенді саңырауқұлақ сұр шірік ауруының қоздырғышын зерттеуге арналған. Зерттеу жұмысының мақсаты — *Fragaria moschata* жемісінің зиянды патогенді қоздырғышы *Botrytis cinerea* саңырауқұлағын бөліп алып, оны жан жақты анықтау. Яғни, патогенді саңырауқұлақ өсіндісін бөліп алып, оны молекулалық-генетикалық әдіспен идентификациялау және патогенділігін қайта инокуляциялау арқылы айқындау. Сұр шірік ауруы құлпынай өсімдігін тек вегетациялық кезеңде ғана зақымдамай, сонымен қатар жинағаннан кейінде өнімнің сапасын нашарлатып, орасан зор зиянын тигізеді. Сондықтан, зиянды саңырауқұлақ қоздырғыштарын анықтап, жан-жақты зерттеу аурудың алдын алып, онымен күресу шараларын ұйымдастыруға практикалық маңызы зор. Зақымдалған құлпынай жемістерінен қатты қоректік ортада өсіру арқылы жинақтаушы және таза өсінділерді изоляциялап, морфологиялық-өсірінді және молекулалық-генетикалық әдістер арқылы идентификациясы жасалды, талдау нәтижесінде 99,62 % *Botrytis cinerea* түрімен сәйкес болды. Патогенділік қасиеті құлпынай жемісінде инокуляциялау арқылы дәлелденді. Еліміздің құлпынай алқаптарына айтарлықтай зиян келтіретін патогенді саңырауқұлақ — *Botrytis cinerea* саңырауқұлағы заманауи молекулалық-генетикалық әдіс арқылы иеидентификацияланып, ары қарай онымен күресудің шараларын ұйымдастыруға негіз болады.

Кілт сөздер: *Fragaria moschata* өсімдігі, *Botrytis cinerea*, молекулалы-генетикалық әдіс, мицелий қоректік орта, конидия, геномдық ДНК.

Kipicne

Әлемде және елімізде коммерциялық мақсатта өсірілетін құлпынайды систематикалық тұрғысынан жіктесек *Rosales* қатары, *Rosaceae* тұқымдасы, *Fragaria* туысына жатады [1].

Құлпынай жидектерінің жаңа піскені де, өңделген түрімен қатар өте жақсы сұранысқа ие. Жидектерін сусын, йогурт, жүгері үлпектері, түрлі тәттілер мен ішімдіктерде жиі қолданылуы құлпынай сұранысын бұрынғыдан да еселей түсті. Сұраныстың көбеюіне, сонымен қатар жидектерінің денсаулыққа пайдасы да әсер етуде [2].

Піскен құлпынай жемісі 90 % судан және 10 % суда еритін құрғақ заттардан тұрады және құрамы қоректік заттарға бай. Бір порция (10 дана) құлпынай жемісінде жоғары дәрежеде С дәрумені бар және диеталық талаптарға 95 % сәйкес келеді. Құлпынайда қант 80 % құрайды, ал жалпы құрғақ салмағы 40 % глюкоза мен фруктозаны құрайды. Сонымен қатар, құлпынайда эллаг қышқылы болғандықтан канцерогенге қарсы деп саналады. Негізгі зерттеулер жемісті өсіру және жиналғаннан кейін оның сапасын жақсарту мақсатына бағытталған болып келеді. Себебі, жиналғаннан кейін жемістің 40 % -ы шіріп кетеді.

Кең алаңқайларда өсірілген құлпынайдың өндірісі мен жемістің сапасын арттыру мақсатында көптеген зерттеу жұмыстары жүргізілуде [3-4].

Botrytis түрлері ең кең таралған өсімдік патогендері мен сапрофиттерінің бірі болып саналады [5]. Ботритис түрлері планетадағы өсімдіктердің ең көп таралған қоздырғыштарының бірі болып табылады және оларды жұқтырған қожайын-өсімдік түрлері тропикалық аралдардан арктикалық тундраға дейін және тропикалық ормандардан шөлге дейін барлық климаттық белдеулерде кездеседі. Ботритис түрлері далада және жылыжайда аурулар мен егіннің едәуір жоғалуын тудырады; олар сонымен қатар ұсақ жемістерден бастап кесілген гүлдерге дейін, пияз және сарымсақ сияқты бұлдыр дақылдарға дейін көптеген дақылдарды жұқтыратын маңызды қоздырғыштар болып табылады, тіпті оларды жұқтырған тұқымдармен де анықтауға болады [6].

Сұр зең (*Botrytis cinerea*) әлемдегі 200 мәдени өсімдікке қауіп төндіретін некротрофты тіршілік ететін патоген. Оның емі үшін көптеген фунгицид табылғанымен, генетикалық вариацияға байланысты сәтсіз аяқталды [7].

B. cinerea конидиялары өте жиі ауа арқылы таралады және конидиялардың көп болуы өсімдіктердің сезімтал бөліктеріне қону мүмкіндігін арттырады. Бұл қожайынға жетудің ең айқын тәсілі болғанымен, жалғыз ғана жолы емес. *B. cinerea* конидияларын сезімтал өсімдік мүшелеріне жәндіктер де тасымалдай алады. Жаңа Зеландиялық гүл трипсі жүзімге патоген конидиясын жеткізуші болып саналады [8]. Гавайядағы зақымданған *Myrica faya* жеміс шоғырынан жиналған *Amorbia emigratella* және *Cryptoblabes gnidiella* ересектері мен жеміспен қоректенетін дернәсілдері *B. cinerea* тіршілікке қабілетті конидияларымен аса зақымданған [9]. Патогеннің тіршілікке қабілетті конидиялары сонымен қатар *Drosophila melanogaster* ішкі ас қорыту жолынан [10] және ересек саңырауқұлақ массаларының сыртқы денелерінен [11] бөлініп алынған. Онымен қоса, бұл масалар сұр шірікке аса сезімтал қылқан жапырақтылардың өскіндері өсетін жылыжайда мекен еткен.

B. cinerea ферменттерді, соның ішінде кутиназа, пектиназа және протеазаларды қолдану арқылы немесе табиғи саңылаулар (мысалы, ашық лептесіктер) не жараларды пайдалану арқылы қожайын тіндеріне тікелей ене алады. Инфекция процесі дала жағдайында минималды 12 °С, оптималды 15 °С температурада оңтайлы дамиды. Алайда Bulger *et al.* құлпынай гүлдерінің зақымдануы үшін оптималды температура шамамен 20 °С болатындығын және 24 сағ ылғалдылық кезінде 100 % инфекция орын алатындығын көрсеткен. Құлпынай жемістерінің инфекциясы зақымданған гүлдерден мицелийдің таралуы арқылы жүреді [12-13]. Bristow конидиялар аналық аузына қонғаннан соң аналық аузы сұйықтығында жедел өне бастайтындығын, алайда аналықтан гүлшоғырға дейін төмен қарай таралуы үшін 4–6 апта қажет ететіндігін анықтады. Алайда қазіргі кезде инфекцияның ең маңызды жолы аталықтан төмен қарай таралатын өнген конидиялардан дамыған мицелий екендігі белгілі болды [14].

Жас құлпынай жапырақтары және жеміс гүлшоғыры секілді мүшелерде патоген жасырын немесе тыныштық күйіндегі инфекция тудыруы мүмкін [15]. Құлпынай жапырақтарында *Braun and Sutton* жүргізген микроскопиялық бақылаулар саңырауқұлақтар эпидермальды клеткаларда тірі қалуды қамтамасыз ететін қосымша механизм болып саналатын тыныштық күйіндегі кең, ашық пигменттелген гиф түрінде болатындығын анықтады [16]. Құлпынай жемісінде тыныштық күй жетілмеген жемістерде жоғары концентрацияда жинақталатын проантоцианидиндер секілді фермент-ингибируші танниндерге байланысты болып табылады [17]. Конидиялар тозаңнан қоректік заттарды ала отырып өнеді және гифтер гүлшоғырға тарала бастайды. Бұл жерде болатын көптеген фунгистатикалық және фунгитоксикалық қосылыстар гифтардың одан әрі таралуын тежейді, бұл өз кезегінде тыныштық күйге өтуіне себепші болады. Гифтер қысқа фрагменттерге ыдырайды және тежеуші қосылыстар деңгейі төмендеп, қант деңгейі артатын жеміс пісуі кезіне дейін саңырауқұлақтың өсуі тоқтайды [18]. Бұл жасырын кезең алмұрт, құлпынай, таңқурай, қара қарақат, алма, жүзім, баялды және макадамия секілді көптеген ауыл шаруашылық дақылдары ауруының бастапқы кезі болып саналады және өнімді жинау кезінде еш белгі байқалмаған өнімдерді тасымалдау немесе сақтау кезінде аса ауыр салдарларға әкеліп соғуы мүмкін [19].

Құлпынай жапырақтарында барлық сыналған ылғалдылық деңгейі үшін спора түзудің оптималды температурасы 17 және 18 °С болып табылады, 25 °С температурада спора түзуі кемиді, ал 30 °С температурада түзілу тоқтайды [20]. Жарықтың қарқындылығы да, түрі де маңызды: 12 сағат сәулелендіру және оған жалғастырып 8 сағат қараңғылықта ұстау спора түзілуіне жағдай жасайды. Культивирлеу кезінде спора түзілуіне ықпал жасау үшін өсу ортасында осмостық қысым концентрациясын арттыру және толқын ұзындығы 290–400 нм жақын ультракүлгін жарығымен әсер ету, сонымен қатар NH_4NO_3 немесе аспарагин қосу қолданылады [21-22]. Оптималды жағдай жасалған соң саңырауқұлақ өзінің классикалық полициклді табиғатын көрсете алады және бір инфекциялау циклі 3–4 күнде аяқталады [23].

Склероций саңырауқұлақтың ұзақ мерзімдік тіршілігін сақтау үшін ең эффективті құрылым болып табылады [23]. Оның түзілуіне төмен рН ықпал етеді. Вегетативті өсу үшін минималды салыстырмалы ылғалдылық (RH) 93 % және мицелий 90–100 % RH, 0 °С температурада бір жыл немесе одан ұзағырақ тіршілігін сақтай алатындығы анықталған. Ал склероций бұл температурада бір жылдан астам уақыт сақтала алады, алайда мұндай жоғары ылғалдылық деңгейлері оған кері әсер етеді [24]. Мицелий түзілуіне ықпал ететін температура склероций түзілуін тежейді және керісінше.

Гюрер мен Жошкун атты ғалымдар құлпынайлардың жапырағы, жемісі, тамыры мен тамырының басындағы ауруларға себеп болатын саңырауқұлақ факторларын анықтау және құлпынайдың кейбір сорттарының оларға қарсы реакциясын бақылау үшін жүргізілген зерттеу жұмысында *Mycosphaerella fragaria*, *Phoma leveillei* жапырақта, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* жемісте, *Fusarium* spp. және

Pythium spp. тамырда ауру тудыратын басты саңырауқұлақтар екені анықталды [25]. Зерттеуге алынған сорттар арасында Ялова-15, Ялова-104 және Алиса сорттары *Botrytis cinerea* және *R. stolonifer*-ге сезімтал екені анықталды.

Құлпынайда сұр зең ауруын тудыратын және орасан зор шығынға себеп болатын *Botrytis cinerea*-ға қарсы қай сорттың төзімділігі жоғары екенін анықтау мақсатында зерттеу жұмысы жүргізілген. Бұл зерттеу жұмысында құлпынайдың 10 мәдени сортының (Aliso, Annapolis, Maralina, Elvira, Delmarwel, Muir, Tufts, Honeoye, Tudla, Tiago) патогендік эволюциясы тексерілді. Дельмарвел сортының басқа сорттармен салыстырғанда кейінірек гүлдеп, кейінірек жеміс беруіне байланысты ауруға төзімді екендігі байқалды [26].

Тіпті Флоридада құлпынай өсірушілер қорғаушы фунгицид пайдаланғандарына қарамастан *Botrytis cinerea* жемістердің 15 %-н шығын еткені белгілі [27].

Гүлдеу кезеңінде жоғары салыстырмалы ылғалдылық немесе жер ұзақ уақыт ылғал болса, ал жеміс беру кезеңінде 15–25 °С температурада шіриді. 15–25 °С температурада жапырақ ылғалдылығы 6 сағаттан 24 сағатқа созылғанда сұр зең (*Botrytis cinerea*) конидиялары инфекциясының 90 %-ға артқаны байқалды. Жапырақ беті ылғалдылығы 16 сағат болғанда 10–30 °С температурада айтарлықтай инфекция болмайтынын, тек 4 °С-та инфекция болатыны анықталды.

Жемістердегі сұр шірік ауруының асқинуы жемістердің көктүйнек кезеңінен алғашқы жиынға дейін, яғни 11–30 күн ішінде жауын-шашын мөлшеріне байланысты болады [28]. Зерттеу жұмысында маңызды ауылшаруашылық өнімдерінің бірі құлпынайдың басты дерлік проблемасы сұр зең ауруына назар аударылды.

Материалдар мен әдістер

Қазіргі кезде құлпынайдың *Fragaria* мен *ananassa* Duch. будандарының түрлері еліміздің негізгі түрі болып есептеледі.

Сұр зең (*Botrytis cinerea*) зерттеулері ауру және сау жемісті, шірік инфекциясын бақылау және оларды жинақтау түрінде жүргізілді. Әр 10 күнде бір белгі салынған 30 өсімдікті ауру өсімдік саны, ауру және сау жеміс және сұр шірік инфекциясы тұрғысынан бақылап отырды.

Botrytis cinerea қоздырғышымен зақымдалған белгілері бар құлпынайлардың үлгілері 2017 жылдың маусым айында Семей облысындағы Старая Крепость елді мекенінің жеміс алқаптарынан жинақталып алынды (1-сурет).



1-сурет. Старая Крепость аймағынан жинақталған *Botrytis cinerea*мен зақымдалған құлпынай жемісі

Жидектерінде ашық қоңыр зақымдалулары ары қарай үлкейіп, мицелийлері өсіп, споралар массасы пайда болады. Ауру белгілері бар саңырауқұлақ үлгілерінен ауру қоздырғышының спораларын 3–5 диаметр бөліктерге бөліп, 1 мин 2 % NaOCl ортасымен залалсыздандырып, картофельді-декстрозалы агарға (PDA) дезинфекцияға 25 °С температурада 4–5 күн инкубациялайды.

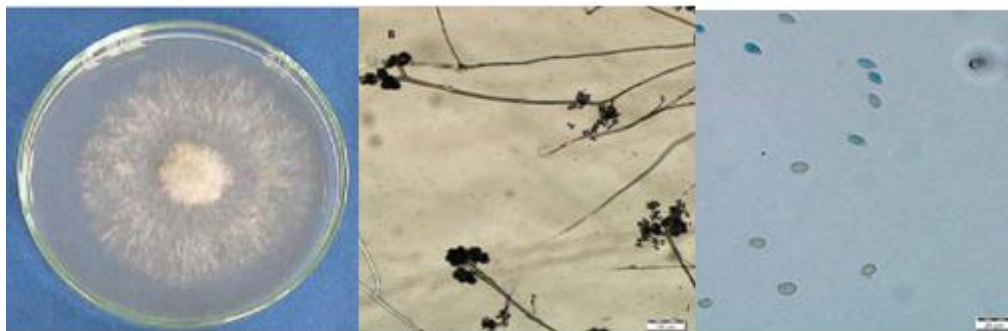
Алынған өсімділердің биомассасынан ДНҚ бөлу СТАВ хаттамасы арқылы жүргізілді. Алынған материал гель электрофорезде және спектрофотометрде сапалық және сандық анықталғанан кейін ПТР-де амплификацияланды. Ол үшін келесідей эмбебап праймерлер ITS1-ITS4 (микромитеттің ITS аймағын секвенирлеу үшін) қолданылды. Амплификацияланған ДНҚ фрагменттері 1 %-дық TE буфері қолданылған агарозды геледе ажыратылып, қорытындысы ультракүлгін сәулесінің астында тексерілді.

ДНҚ-ны секвенирлеуде үлгіні тұнбаға түсіріп алу маңызды кезең болып табылады. Бұл кезең қондырғыны дайындаған фирманың хаттамасына сәйкес өткізіледі. ITS бөліктерін секвенирлеу процесі 8 сағатқа жалғасады. Секвенирлеу аяқталғаннан кейін алынған секвенисті талдау жоспары бағдарланған Chromas 2.33, Vector NTI Advands 10 пайдалана отырып жасалады. Алынған секвенс талданады да, алынған нуклеотидтер қатары BLAST бағдарламасы арқылы өңделеді; нуклеин қышқылдарының қатарының құрылымын табу мақсатында BLAST қондырғысы GenBank гомологтарының тізбектерімен салыстыра отырып талдау жүргізіледі.

Инокуляциялау арқылы бөлініп алынған сұр шірік қоздырғышының патогенділігі анықталды. Ол үшін зарарсыздандырылған құлпынай жемістеріне арнайы ыдыстарға $1 \cdot 10^6$ конидия/мл концентрациядағы PDA ортасындағы 7 мм диаметрдегі кесіндідегі спораларды араластыру және салыстырмалы бақылау үлгілерімен әрқайсысы полиэтилен қапшықтарына салынды.

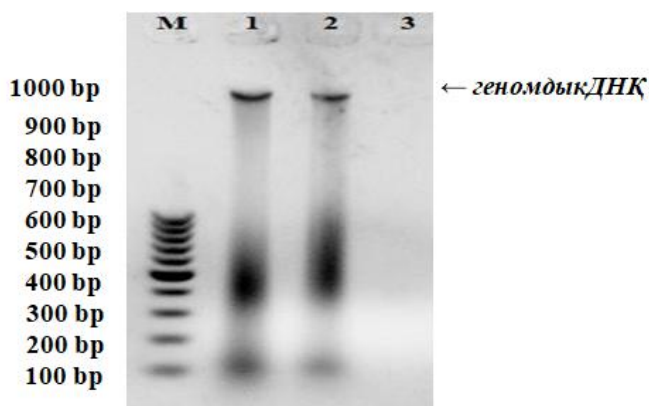
Зерттеу нәтижелері

Петри табақшаларындағы өсінділер алғашында түссіз болады және конидия тасығыштарындағы конидия форалары мен конидий дамыған соң сұр және қоңыр түске боялды. Конидийлері мөлшері 4,99 ден $9,36 \times 3,70$ тен 6,36 мкм, олар түссізден бір жасушалы, эллипс тәрізді, шар және ағаш тәрізді конидия тасығыштардан тұрады (2-сурет).



2-сурет. *Botrytis cinerea* конидийлары мен конидиоспоралары

Саңырауқұлақ биомассасынан геномдық ДНҚ бөліп алу СТАВ жиынтығы арқылы жүзеге асырылды. Нәтиже бойынша 3-суретте көріп отырғандай, геномдық ДНҚ-мен бірге көп мөлшерде РНҚ молекулалары да бөлініп шыққанын электрофореграммадан байқауға болады. Дегенмен бұл бөлінген РНҚ молекулалары одан әрі рибосомалық ДНҚ гендерін қолдана отырып *Botrytis cinerea* қоздырғышы ерекшеліктерін идентификациялауға кедергі келтірмейді. СТАВ әдісі саңырауқұлақ биомассасынан ДНҚ бөлу үшін ыңғайлы әдіс, үлгілерді дайындау қысқа мерзімде жүзеге асады және ДНҚ-ны бөлуге кететін уақытты азайтады.

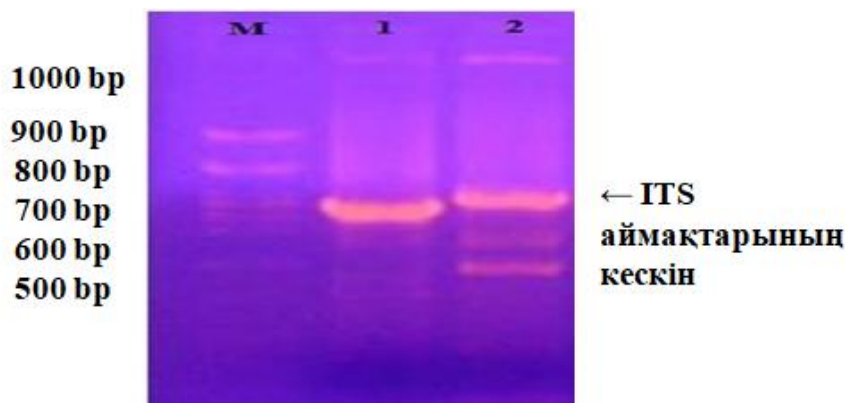


3-сурет. СТАВ әдісі арқылы бөлініп алынған геномдық ДНҚ

Саңырауқұлақ *Botrytis cinerea* деп идентификацияланды (Ellis, 1971). ITS1/ITS4 праймерлерін (ITS1 5'TCC GTA GGT GAA CCT GCG G3' және ITS4 5'TCC TCC GCT TAT TGA TAT GCC3

(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/>) колданып ішкі транскрипцияланатын спейсер (ITS) рибосомалық РНҚ аймағы амплифицирленді.

Ал 4-суретте үлгілердің ITS аймағының амплификацияланған өнімдері 700 bp аймағында орналасқанын байқауға болады. *Botrytis cinerea* ДНҚ-сының ITS аймағының нуклеотидтер реттілігін (секвенирленді) анықталды. Алынған сиквенс толықтай талданылған соң тізбекті NCBI, GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) деректер қорындағы халықаралық компьютерлік мәліметтер гомологтарының тізбектерімен салыстыру мақсатында Fasta үлгісінде NBLAST бағдарламасына салынып, көптік теңестіру жүргізілді.



4-сурет. Амплификацияланған ДНҚ фрагменттері

Секвенирлеу процесінде алынған нәтижелер BLAST бағдарламасына экспортталып, GenBank мәліметтер базасымен нуклеотидтер реттілігін негізге ала отырып салыстырылып және талдаудың негізінде зерттеуге алынған изоляттардың идентификациясы жүргізілді (GenBank Accession No. MT150132 (<https://doi.org/10.1094/pdis-03-20-0525-pdn>)).

Бірінші кестеде секвенирленген қатарды GenBank мәліметтер базасымен BLAST нуклеотидтер салыстырмалы талдау негізінде алынған изолят гомология *B. cinerea* (MH992149.1) түрімен 99,62 % екенін көрсетті (1-кесте).

1 - кесте

Секвенирлеу нәтижесіндегі нуклеотидтер қатарын BLAST арқылы салыстырмалы талдау

Рибосомалық РНҚ аймағы	Нуклеотидтер қатары (фаста)	Фаста номері	Түрдің атауы	Сәйкестік, %
2 ITS	TTTATAGAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGT GAACCTGCGGAAGGATCATTACAGAGTTCATG CCCGAAAGGGTAGACCTCCACCTTGTGTATTACT TTGTTGCTTTGGCGAGCTGCCTTCGGGCCTT GTATGCTCGCCAGAGAATAACCAAACTCTTTTATTAAT GTCGTCTGAGTACTATATAATAGTTAAACT TTCAACAACGGATCTCTTGGTTCTGGCATCGATGAAGA ACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTG CAGAATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACATT GCGCCCCTTGGTATTCGGGGGGGCATGCCTGT TCGAGCGTCATTTCAACCCTCAAGCTTAGCTTGGTATTG AGTSTATGTCSAGTAATGGCAGGCTCTAAAAT CAGTGCGCGCGCCGCTGGGTCTGAACGTAGTAATATC TCTCGTTACAGGTTCTCGGTGTGCTTCTGCCA AAACCCAAATTTCTATGGTGACCTCGGATCAGGTAGG GATACCCAGCTGC	MH992149.1	<i>Botrytis cinerea</i>	99,62

Осы морфологиялық және нуклеотидтер гомологиялық мәліметтер негізінде изолят *B. cinerea* деп анықталды.

Патогенділігі туралы тесттер 20 зарарсыздандырылған құлпынай жемістер беткейінде белсенді өсуге қабілетті, диаметрі 7 мм PDA кесінділерімен инокуляциялау арқылы жүзеге асырылды.

4-суретте көріп отырғандай, оны 25 °С герметикалық пластик пакеттерінде инкубациялау арқылы жүзеге асырылды. Бақылау үлгісі ретінде жемістерін коллогияланбаған PDA кесінділерін пайдаланып, жүргізілді.

Екі күннен соң бақылау үлгісін қоспағанда инокуляцияланған жемістерде сұр шіріктің қалыпты симптомдары анықталды. Кох постулаты сол жемістерден *B. cinerea* саңырауқұлағын бөліп аларда қолданылды. *B. cinerea* саңырауқұлағы құлпынайдың жиын-теріні алдындағы жемістердің шіруін тудыратын ауру болып табылады.

Қорытынды

Еліміздің құлпынай егу алқаптарынан жинақталған зақымдалған жеміс үлгілерінен үлгілерден патогенді саңырауқұлақ ауру қоздырғышы бөлініп алынып, олардың морфологиялық-өсімді сипаттамасы жасалды. Сонымен қатар, қатты қоректік ортада өсірілген осы патогеннің биомассасынан геномдық ДНҚ бөлініп алынып, молекулалы-генетикалық әдіс арқылы зерттеулер жүргізіліп, идентификацияланған түр 99,62 % *Botrytis cinerea* саңырауқұлағына сәйкес келді.

Анықталған аталмыш түрдің патогенділік қасиеті құлпынай жемістеріне спораларды инокуляциялау арқылы дәлелденді.

Қазақстанда құлпынай өндірісінің артуына байланысты айтарлықтай экономикалық шығындардың артуына әкеледі. Сондықтан зерттеу барысында анықталған аурумен күресудің шаралары туралы тереңірек зерттеу жүргізу қажеттілігі туындайды.

Еліміздің алқаптарындағы құлпынайдан бөлініп алынған осы *Botrytis cinerea* өсімділеріне антогонистік түрлерді анықтауға бағытталған зерттеулер алдағы уақытта жүргізілу жоспарлануда.

References

- 1 Hancock, J.F. & Luby, J.J. (1993). Genetic Resources at Our Door Step the Wild Strawberries. *Bioscience*, 43, 141–147.
- 2 Aǵaǵlu, A.Ü. (2006). II. *Ulusal Üzüm Sü Meyveler Sempozyumu*. Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ders Kitabı, 1–7.
- 3 Hannock, J.F. (1999). *Strawberries*. New York: CABI Publishing.
- 4 Mass, J.L. (1998). *Compendium of strawberry diseases*. USA: The American Phytopathological Society.
- 5 Jarvis, W.R. (1977). *Botryotinia and Botrytis species: taxonomy, physiology, and pathogenicity: a guide to the literature*. London, New York: Academic Press, 15; 195.
- 6 Elad, Y. (2000). Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Grop Protection*, 19 (8); 709–714. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00094-6).
- 7 Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P. & Vankan, J. (2007). *Botrytis cinerea* the cause of grey mold disease. *Molecular plant pathology*, 8(5); 561– 580. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00417.x>.
- 8 Marroni, B. (2003). *The influence of flower-feeding thrips on grape bunch rot*. Thesis Master Degree. Lincoln: Lincoln University.
- 9 Duffy, B.K. & Gardner, D.E. (1994). Locally established *Botrytis* fruit rot of *Myrica faya*, a noxious weed in Hawaii. *Plant Disease*, 78; 919–923. <https://doi.org/10.1094/PD-78-0919>
- 10 Louis, C., Girand, M., Kuhl, G. & Ferber, M.L. (1996). Persistence of *Botrytis cinerea* in its vector *Drosophila melanogaster*. *Phytopathology*, 86; 934–939. <https://doi.org/10.1094/Phyto-86-934>
- 11 James, R.L., Dumroese, R.K. & Wenny, D.L. (1995). *Botrytis cinerea* carried by adult fungus gnats (Diptera: Sciaridae) in container nurseries. *Tree Planters' Notes*, 46 (2); 48–53.
- 12 Bulger, M.A., Ellis, M.A. & Madden, L.V. (1987). Influence of temperature & wetness duration on infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* & disease incidence of fruit originating from infected flowers. *Phytopathology* 77; 1225–1230. <https://doi.org/10.1094/Phyto-77-1225>
- 13 Braun, P.G. & Sutton, J.C. (1988). Infection cycles & population dynamics of *Botrytis cinerea* in strawberry leaves. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 10 (2); 133–141. <https://doi.org/10.1080/07060668809501745>
- 14 Bristow, P.R., McNicol, R.J. & Williamson, B.W. (1986). Infection of strawberry flowers by *Botrytis cinerea* and its relevance to grey mold development. *Annals of Applied Biology*, 109 (3); 545–554. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1986.tb03211.x>
- 15 Legard, D.E., Martin, F.G., Xiao, C.L. & Chandler, C.K. (2000). Reduced sampling frequency for evaluating fungicide efficacy on *Botrytis* fruit rot of strawberry. *Plant Disease*, 84 (7); 743–748. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.7.743>.
- 16 Braun, P.G. & Sutton, J.C. (1988). Infection cycles & population dynamics of *Botrytis cinerea* in strawberry leaves. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 10 (2); 133–141. <https://doi.org/10.1080/07060668809501745>
- 17 Jersch, S.A. (1989). Proanthocyanidins as basis for quiescence of *Botrytis cinerea* in immature strawberry fruits. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 93, 65–378.

- 18 Prins, T.W., Tudzynski, P., von Tiedemann, A., Tudzynski, B., Have, A.T., Hansen, M.E., Tenberge, K. & van Kan, J.A. (2000). Infection strategies of *Botrytis cinerea* and related necrotrophic pathogens. *Fungal pathology*, 33; 77–90.
- 19 Jarvis, W.R. (1977). The infection of strawberry and raspberry fruits by *Botrytis cinerea* Fr, *Annals of Applied Biology*, 50 (3); 569–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1962.tb06049.x>
- 20 Sosa-Alvarez, M., Madden, L.V. & Ellis, M.A. (1995). Effects of temperature and wetness duration on sporulation of *Botrytis cinerea* on strawberry leaf residues. *Plant Disease*, 79; 609–615.
- 21 Willets, H.J. (1997). Morphology, development & evolution of stromata/sclerotia and macroconidia of the *Sclerotiniaceae*. *Mycological Research*, 101; 939–952.
- 22 Tan, K.K. & Epton, H.A.S. (1974). Further studies on light and sporulation of *Botrytis cinerea*. *Transactions of the British Mycology Society*, 62; 105–112.
- 23 Gindro, K. & Pezet, R. (2001). Effects of long-term storage at different temperatures on conidia of *Botrytis cinerea* Pers.: Fr. *FEMS Microbiology Letters*, 204 (1); 101–104. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2001.tb10870.x>
- 24 van den Berg, L. & Lentz, C.P. (1968). The effect of relative humidity and temperature on survival and growth of *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotium*. *Canadian Journal of Botany*, 46 (12); 1477–1481. <https://doi.org/10.1139/b68-203>
- 25 Gürer, M. & Çoşkun, H. (1994). *Zonguldak ve Bartın İllerinin Çilek Ekim Alanlarındaki Fungal Hastalık Etmenleri Üzerinde Çalışmalar*. Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü, Ankara.
- 26 Çalıř, Ö., Çekiç, Ç. & Güneş, M. (2003). *Bazı yabancı çilek çeşitlerinin Botrytis cinerea (kurşuni küf) hastalığına karşı dayanıklılıklarının belirlenmesi üzerine bir araştırma*. Ulusal kivi ve üzümü meyveler sempozyumu.
- 27 Legard, D.E., Martin, F.G., Xiao, C.L. & Chandler, C.K. (2000). Reduced sampling frequency for evaluating fungicide efficacy on *Botrytis* fruit rot of strawberry. *Plant Disease*, 84 (7); 743–748. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2000.84.7.743>
- 28 Mass, J.L. (1998). *Compendium of Strawberry Diseases*. Minnesota, USA: APS Press.

А.Б. Исмагулова, Ж.А. Тулегенова, А.Д. Спанбаев, А.М. Шалабаева

Исследование грибка *Botrytis cinerea*, повреждающего виды клубники

Исследование возбудителя грибковой серой гнили, вредоносного патогена, поражающего плоды видов клубники, которые пользуются широким спросом, и ягоды которых обладают полезными свойствами. Цель исследовательской работы — выделить грибок *Botrytis cinerea*, вредный патогенный возбудитель плода *Fragaria moschata* и провести его всестороннее исследование. Запланировано выделение патогенных грибных культур, их идентификация молекулярно-генетическим методом и определение патогенности путем повторной инокуляции. Болезнь серой гнили наносит огромный вред, не только повреждая растение клубники в течение всего вегетационного периода, но и ухудшая качество продукта после сбора урожая. Поэтому выявление и всестороннее изучение вредоносных грибковых возбудителей является основой, имеющей большое практическое значение для профилактики заболевания и организации мероприятий по борьбе с ним. Из поврежденных плодов клубники путем культивирования на твердых питательных средах были изолированы накопительные и чистые культуры, проведена идентификация морфолого-культуральными и молекулярно-генетическими методами. В результате анализа 99,62 % соответствовали типу *Botrytis cinerea*. Патогенность доказана инокуляцией в плодах клубники. Патогенный грибок *Botrytis cinerea*, который наносит значительный ущерб земляничным полям нашей страны, подвергается дегенерации с помощью современного молекулярно-генетического метода, что в дальнейшем служит основой для организации мероприятий по борьбе с ним.

Ключевые слова: растение *Fragaria moschata*, *Botrytis cinerea*, молекулярно-генетический метод, питательная среда мицелия, конидия, геномная ДНК.

A.B. Ismagulova, Zh.A. Tulegenova, A.D. Spanbaev, A.M. Shalabayeva

Study of the fungus *Botrytis cinerea* that damages strawberry species

The paper studies the causative agent of fungal gray rot, a harmful pathogen that affects the fruits of strawberry species that are in high demand and berries of which have beneficial properties. The purpose of the research work: to isolate the fungus *Botrytis cinerea*, the causative agent of the harmful pathogen of the fruit *Fragaria moschata*, and to study it comprehensively. That is, to identify the pathogen by separating fungal cultures and identifying it by molecular-genetic method and determining its pathogenicity by re-inoculation. The disease of gray rot causes enormous damage to the strawberry plant not only during the growing season, but also after harvesting, worsening the quality of the product. Therefore, a comprehensive study and identification of harmful fungal pathogens will serve as a practical basis for preventing the disease and organizing

measures to combat it. Isolation of accumulative and pure cultures by growing in a solid nutrient medium from damaged strawberry fruits and identification by morphological-cultural and molecular-genetic methods, as a result of the analysis, 99.62 % corresponded to the species *Botrytis cinerea*. Pathogenicity is proven by inoculation in strawberry fruits. The pathogen fungus *Botrytis cinerea*, which causes significant damage to Strawberry Fields in the country, has been identified by modern molecular and genetic methods and serves as the basis for organizing further measures to combat it.

Keywords: *Fragaria moschata* plant, *Botrytis cinerea*, molecular-genetic method, mycelium nutrient medium, conidia, genomic DNA.

D.I. Kabyzbekova¹, Zh. Khamzina², K.P. Aubakirova³, A.A. Ibadullayeva^{4*}

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan;

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

³M.A. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Almaty, Kazakhstan;

⁴Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: akerke.ibadullayeva@kaznaru.edu.kz

Evaluation and comparison of three methods of DNA extraction from Kazakh horse of the type Zhabe

Horse breeding is one of the main directions in the livestock industry of Kazakhstan. Horse breeding is an economically important part of breeding, as horses have a high productive value. The purpose of this article was to determine the most optimal from the point of view of economic efficiency of the scientific DNA isolation method for genotyping of the Kazakh horse. In this study, we performed the first step (DNA extraction) in genotyping the DNA of the Kazakh horse to further determine the signs of growth, meat and dairy productivity. Nowadays, new generation sequencing technologies have made scientific and technological progress in research. Obtaining highly concentrated and non-contaminated DNA is the main stage of successful analysis. For further genetic studies, a concentration of 50 ng/ml is required, which is considered minimal. In the study, three different DNA extraction methods from tissue were subjected to comparative analysis in order to evaluate and identify the most effective DNA extraction method from horse ear tips. Real-time PCR amplification based on gel electrophoresis and spectrophotometric measurements (Nano Drop) were used to evaluate the isolated DNA's quality and quantity. In addition, energy consumption, time, as well as the cost of analysis were evaluated. According to the obtained results, extraction using the commercial kit protocol was simple to use, effective, but relatively expensive. The phenol-chloroform and CTAB methods are the same in terms of DNA quality, but given the danger of the phenol component used in the phenol-chloroform method, the CTAB method turned out to be the most acceptable for genotyping, because it is safe, not expensive and effective.

Keywords: horse breeding, Kazakh horse, Zhabe, PCR, phenol-chloroform method, CTAB method, genotyping, DNA extraction, electrophoresis.

Introduction

Horse breeding is one of the main branches of livestock production in Kazakhstan. Horses have a great productive value [1].

The country has great opportunities to take a leading position among other countries, as there are extensive pasture lands that allow minimizing the cost of production, and, accordingly, the existing national traditions of horse breeding [2].

Archaeologists consider that the domestication of the horse occurred in the Neolithic and Bronze Age on the territory of Eurasia and for the first time — most likely, between the Syrdariya and Amudaria rivers [3].

According to the research of scientists of horse breeders, more than a thousand years ago a unique breed of horses appeared on the territory of Kazakhstan, which later became known as the Kazakh horse. The breed was formed with the year-round maintenance of the herd. The Kazakh horse of those times was unpretentious to the conditions of maintenance and was considered universal [4]. The Kazakh horse has gained broad popularity mainly due to its exceptional endurance, resistance to harsh climatic conditions, simplicity to feed and year-round maintenance on pasture. These qualities of the Kazakh horse have been developed for centuries. In winter, the horses had to get feed from under the snow, even during freezing or when blizzards blew [5]. All this was genetically fixed in the breed and has practically reached our days. Therefore, today it is important to study indigenous horse breeds at the molecular genetics level, which have rare alleles in their genome.

The genetic capacity of local Kazakh horses is improved mainly using traditional methods and techniques of breeding, creating new factory types and lines with high meat and dairy productivity. Horse breeding in Kazakhstan in the future needs to focus on the genetic resources of the created high-value genotypes of horse breeds [6].

With the rapid introduction of DNA technology and the success of equine genome research, the total number of marker genes detected in horses already exceeds several hundred, allowing reliable control of a significant part of the genome [7]. Regardless of the purpose of genetic research, the quality of data fundamentally depends on the method of primary extraction of nucleic acids [8]. Despite the importance of the DNA extraction stage, protocols are often chosen without a clear justification and are not formally confirmed [9].

DNA isolated from various biological samples can be used for a wide range of subsequent applications, in particular DNA sequencing, polymerase chain reaction (PCR), random polymorphic DNA amplification (RAPID), genomic library construction, restriction fragment length polymorphism (RFLP), short tandem repeat polymorphism (STRP), single nucleotide polymorphism (SNP), and variable number tandem repeat application (VNTR) [10].

Several different extraction methods have been published. They all have the common property of overcoming specific extraction problems such as high DNA shearing, high contamination, low purity and low yield [11]. A minimum concentration of 50 ng/ml is also necessary in both microarray and NGS analysis [12].

In addition to high quality, purity and quantity, a successful extraction method must meet the additional requirements associated with the representative quality of the sample. Other indicators for scientists choosing an extraction method are high reproducibility, low cost, simplicity and brevity of processing, as well as the possibility of easy transfer to other laboratories [13].

Nowadays, there are many various available procedures for DNA extraction. Most DNA extraction protocols consist of two parts: 1. cell lysis and DNA dissolution; 2. enzymatic or chemical methods for removing polluting proteins, RNA or macromolecules. However, these procedures differ in the cost of consumables, laboratory equipment, the quality and quantity of the obtained DNA, toxicity, time and labor expenditures [14].

Commercially available DNA extraction kits for purifying DNA from whole blood practical and high-performance kits, but their use for processing large volumes of samples is often due to cost-related problems. On the opposite, while traditional methods that utilize organic solvents are a cost-effective option to handle large amounts of samples, the risk to the performer's health often supersedes this advantage [15].

The phenol-chloroform method is a well-proven extraction procedure, although it is known to be time-consuming compared to the alternative methods and contains toxic substance as phenol, requiring special safety precautions in the laboratory. Although this method labor intensive, the output of DNA concentration is high [16].

In 2009 K. Kerkhoff et al. considered that the CTAB procedure was reliable for DNA isolation from hair follicles because it achieved the best results with regard to quantity and PCR suitability of DNA [17].

The purpose of this study was to evaluate three different methods for extraction of genomic DNA from horse hair follicles in terms of DNA quantity, concentration, purity, integrity and real-time PCR suitability, as well as utility and applicability for subsequent DNA genotyping, long-term storage, labor intensity and cost.

Experimental

The material used for DNA extraction was the hair follicles of the Kazakh horse. 12 samples were used in the study. Samples were collected from agro firm "Akzhar ondiris" in Pavlodar region. Hair follicles from the tail zone were used as biological material. All the samples were numbered according to the number of the animal and were put in bags.

DNA extraction was carried out by 3 methods: according to the protocol of the Purelink Commercial Kit, CTAB and phenol-chloroform.

DNA extraction. Commercial kit for DNA extraction "Purelink Genomic Kit".

DNA from the samples was isolated by the Purelink Genomic Kit, under the protocol [18]. The PureLink Genomic DNA Mini Kit allows you to extract genomic DNA (gDNA) with high yield and high purity from a wide variety of sample types. It consisted of four steps: sample preparation, DNA binding, washing and elution.

First of all, all the samples should undergo mechanical cleaning. To isolate DNA with a commercial kit, 5–6 good hair follicles will be required.

CTAB. The hair was mechanically cleaned and washed in alcohol. Added 300 µl of buffer + 6 µl of proteinase K. Left in the thermostat for 12 hours at 37 °C (2.5 hours at 60 °C at 900 rpm). Chloroform was

added 1:1 by volume, then vortexed and centrifuged for 10 minutes at 10000 rpm. The supernatant was transferred to a clean centrifuge tube. To the supernatant, add 0.5 of the volume of 5M NaCl and an equal volume of frosted isopropanol or 90 % alcohol (1:1), vortexed and the sample was stored overnight at -20°C (The time can be reduced to 2 hours, but the concentration of DNA at the output will drop). Centrifuged for 15 minutes at 14,000 rpm(max), the supernatant was removed without touching the precipitate, 500 μl of 70 % ethanol was added and vortexed for about 5 seconds. The tubes were centrifuged for 5 minutes at 14000 rpm. (max). DNA in the form of a precipitate was dried on a thermoformed at $60-65^{\circ}\text{C}$ for 5–10 minutes, and then re-suspended with 50 μl of TE buffer.

Phenol-chloroform. Extraction was performed by adding the same volume of saturated water buffered phenol to an aqueous DNA sample, mixing the mixture, and centrifuging to ensure phase separation. The top layer of water was carefully transferred to a new test tube, avoiding contact with the phenol. Chloroform was then added to extract the remaining phenol from the aqueous phase. Ethanol precipitation was used to concentrate the DNA. The DNA granules were dried and dissolved in a low-salt buffer after being washed with 70 % ethanol [19].

Spectrophotometric analysis of DNA. Quantitation of all samples were extracted in quadruplicate. Extracted DNA was quantized by Thermo Scientific NanoDrop™ 2000 Spectrophotometer (Thermo Scientific, Germany) using 1 μl of each sample, measuring the absorbance of the DNA extracts at 260 nm, checking for protein impurities at 280 nm. 1 O.D. at 260 nm equaling 50 g/mL DNA [20].

Results and Discussion

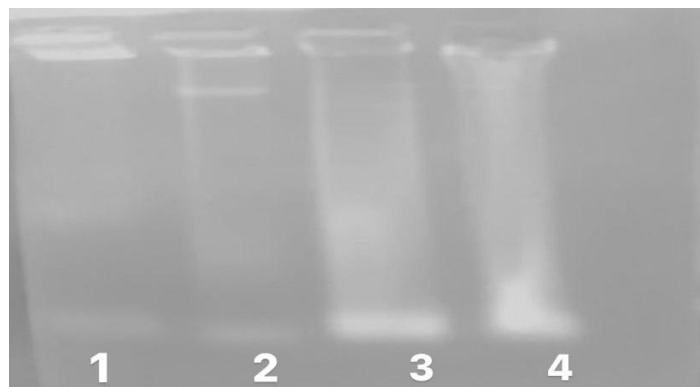
Spectrophotometric analysis clearly demonstrates the quantity and quality of the isolated DNA, which is the key point for further analyses. The proportion measured at 260/280 nm, used as an indicator of protein contamination, was within the limits of the range suitable for DNA analyses. Evaluating the wholeness of the nucleic acid extracted by three methods, it had a high molecular weight, which is essential when sequencing the whole genome (Table).

Table

Quantity and purity of horse DNA isolated by 3 methods

Method of extraction		DNA concentration, ng/ml	Unit A260/A280
Commercial kit “Purelink Genomic Kit”	1 Purelink	61.7	1.63
	2 Purelink	66.4	1.32
	3 Purelink	62.6	1.09
	4 Purelink	60.07	1.52
CTAB	1 CTAB	59.2	1.04
	2 CTAB	57.0	1.28
	3 CTAB	54.0	1.42
	4 CTAB	55.4	1.00
Phenol-chloroform	1 Ph/chl	52.5	1.23
	2 Ph/chl	62.2	1.12
	3 Ph/chl	63.3	1.13
	4 Ph/chl	58.4	1.20

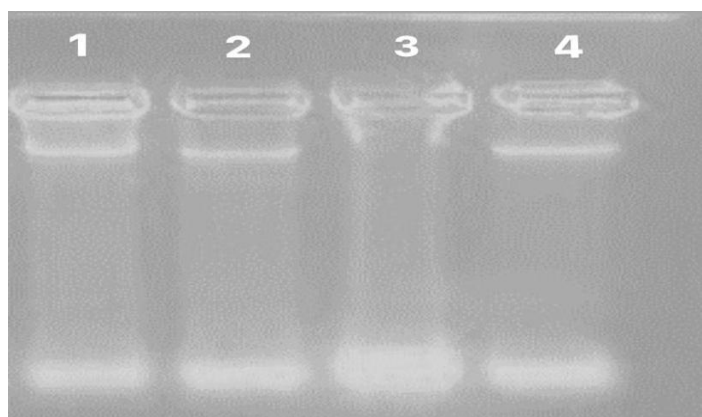
After that, the samples were subjected to electrophoresis. Electrophoresis of DNA samples isolated by the classical phenol-chloroform method shows that DNA does not have a clear band, which indicates its small fragmentation (Fig. 1).



1 — sample Ph/ch11; 2 — sample Ph/ch12; 3 — sample Ph/ch13; 4 — sample Ph/ch14

Figure 1. Electrophoregram of DNA samples isolated by phenol-chloroform method

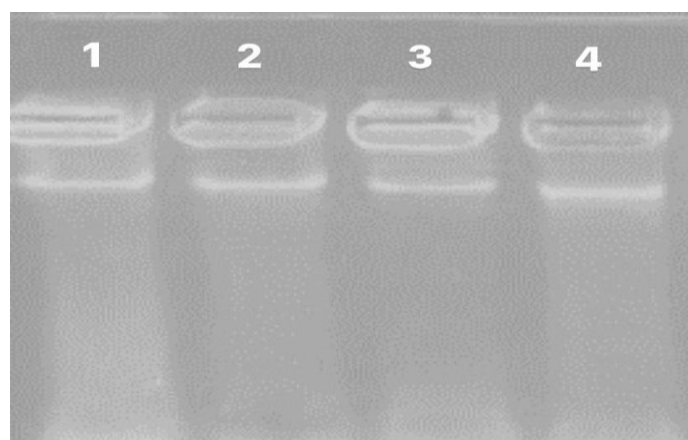
The electrophoregram of DNA isolated according to the protocol of the commercial Purelink Genomic Kit shows clear fragmentation (Fig. 2).



1 — sample 1 Purelink1; 2 — sample Purelink2; 3 — sample Purelink3; 4 — sample Purelink4

Figure 2. Electrophoregram of DNA samples isolated using the Purelink Genomic Kit protocol

The electrophoregram clearly shows that mainly high-molecular DNA fragments were obtained using the CTAB method (Fig. 3).



1 — sample CTAB 1; 2 — sample CTAB 2; 3 — sample CTAB 3; 4 — sample CTAB 4

Figure 3. Electrophoregram of DNA samples isolated by CTAB method

Conclusion

As it is known, there are a lot of methods for extracting DNA from different types of biological samples. But, for analyses like genotyping, the quality of the isolated DNA plays an important role. It is also necessary to take into account time and expenses.

In conclusion, the CTAB method is the most effective for extracting DNA from hair follicles. The purity is high, which makes it possible to widely use DNA for further genetic research, such as genotyping. The use of this method allows receiving of high-molecular DNA with the coveted density and does not require the use of phenol harmful to the organism. Furthermore, phenol/chloroform extraction is time-consuming, and the multiple steps required make this DNA extraction method very susceptible to cross-contamination [21]. Commercially available extraction kits such as Purelink Genomic Kit are much easier to use and eliminate the need for volatile organic solvents. Thus, they do not involve the same serious risks for furthermore, such as phenol/chloroform extraction, and disposal of the reagents used in these kits are also much more convenient since no special precautions need to be taken to remove waste.

DNA extraction with the commercial Purelink Genomic Kit is faster than the other two methods, but also more expensive. Accordingly, the CTAB method of DNA isolation turned out to be the most optimal in terms of quality, effectiveness, safety and cost.

Funding

This work was carried out within the framework of grant funding for scientific and (or) scientific and technical projects for 2022–2024 of the Ministry Education and Science of the Republic of Kazakhstan AP14869181 “The study of microbiome ecogenomics of Kazakh horse breed by NGS sequencing”.

References

- 1 Данные по статистике в сельском хозяйстве. — Электронный ресурс. — Режим доступа: <https://stat.gov.kz/>
- 2 Султангалиева Л.С. Развитие конкурентоспособности отрасли мясного животноводства Республики Казахстан / Л.С. Султангалиева // Вестн. Казах. нац. ун-та. Сер. Экономика. — 2013. — № 4(98). — С. 93–101.
- 3 Витт В.О. Конские породы Средней Азии / В.О. Витт. — М., 1937. — 255 с.
- 4 Нечаев И. Казахская лошадь. Прошлое, настоящее и будущее / И. Нечаев. — Алматы: Эдельвейс, 2005. — 208 с.
- 5 Керимбаев Д. Коневодство в Казахстане / Д. Керимбаев. — Алма-Ата, 1951. — 276 с.
- 6 Исхан К.Ж. Зоотехнические особенности табунных лошадей / К.Ж. Исхан, В.А. Демин, Ю.А. Юлдашбаев, А.Д. Баймуханов // Зоотехния и ветеринария. — 2019. — Т. 33, № 9. — С. 57–60.
- 7 Schiebelhut L.M. A comparison of DNA extraction methods for high-throughput DNA analyses / L.M. Schiebelhut, S.S. Abboud, L.E. Gómez Daglio, H.F. Swift, M.N. Dawson // Molecular Ecology Resources. — 2016. — Vol. 17(4). — P. 721–729. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12620>
- 8 Greathouse L.K. DNA extraction for human microbiome studies: The issue of standardization / L.K. Greathouse, S.R. Vogtmann // Genome Biol. — 2019. — Vol. 20 (1). — P. 212.
- 9 Shvartsman E. Comparative analysis of DNA extraction and PCR product purification methods for cervicovaginal microbiome analysis using cpn60 microbial profiling / E. Shvartsman, E.I.M. Richmond, J.J. Schellenberg, A. Lamont, C. Perciani et al. // Plos One. — 2022. — Vol. 13, 17(1). — e0262355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262355.2022>
- 10 Dhaliwal A. DNA extraction and purification / A. Dhaliwal // Mater Methods. — 2013. — Vol. 3. — P. 191.
- 11 Tabatabaei M. Comparative study of methods for extraction and purification of environmental DNA from high-strength wastewater sludge / M. Tabatabaei, Z.M. Rafein, R. Raha, A. Norhani, W. André-Denis, Sh. Yoshihito, Sh. Mehdi, K. Sakai, H. Mohd // African Journal of Biotechnology. — 2010. — Vol. 9. — P. 4926–4937.
- 12 Genomics.ed.ac.uk [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://genepool.bio.ed.ac.uk/illumina/samples.html>
- 13 Kuhn R. Comparison of ten different DNA extraction procedures with respect to their suitability for environmental samples / R. Kuhn, J. Böllmann, K. Krahl, I.M. Bryant, M. Martienssen // Journal of Microbiological Methods. — 2017. — Vol. 143. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2017.10.007>
- 14 Chacon-Cortes D. Methods for extracting genomic DNA from whole blood samples: current perspectives / D. Chacon-Cortes, L.R. Griffiths // Journal of Biorepository Science for Applied Medicine. — 2014. — Vol. 2. — P. 1–9.
- 15 Koshy L. Evaluating genomic DNA extraction methods from human whole blood using endpoint and real-time PCR assays / L. Koshy, A.L. Anju, S. Harikrishnan, V.R. Kutty, V.T. Jissa, I. Kurikesu, P.R. Sudhakaran // Molecular Biology Reports. — 2016. — Vol. 44(1). — P. 97–108. <https://doi.org/10.1007/s11033-016-4085-9>
- 16 Sambrook J. Molecular Cloning: A Laboratory Manual, 2nd ed. / J. Sambrook, E.F. Fritsch, T. Maniatis. — New-York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989. — 220 p.

17 Kerkhoff K. Development of a DNA-analytical Method for the Identification of Animal Hair Fibers in Textiles / K. Kerkhoff, G. Cescutti, L. Kruse, J. Müssig // *Textile Research Journal*. — 2009. — Vol. 79(1). — P. 69–75. <https://doi.org/10.1177/0040517508090488>

18 Thermofisher.com [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/purelink_genomic_man.pdf

19 Köchl S. DNA Extraction and Quantitation of Forensic Samples Using the Phenol–Chloroform Method and Real-Time PCR / S. Köchl, H. Niederstätter, W. Parson // *Forensic DNA Typing Protocols*, 013–030. <https://doi.org/10.1385/1-59259-867-6:013>

20 Sambrook J. *Molecular Cloning: A Laboratory Manual* (2nd ed.) / J. Sambrook, E.R. Fritsch, T. Maniatis // Cold Spring Harbor, the Use of DNA Extraction for Molecular Biology and Biotechnology Training: A Practical and Alternative Approach. — New-York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989. — P. 90–105.

21 Chan P.K.S. Evaluation of extraction methods from paraffin wax embedded tissues for PCR amplification of human and viral DNA / P. K. S. Chan // *J. Clin. Pathol.* — 2001. — Vol. 54. — P. 401–403.

Д.И. Кабылбекова, Ж. Хамзина, К.П. Аубакирова, А.А. Ибадуллаева

Қазақтың бақа басты жылқысының түрін ДНҚ экстракциялаудың үш түрлі әдісін салыстыру және бағалау

Жылқы шаруашылығы Қазақстанның мал шаруашылығы саласының басты бағыттардың бірі. Жылқы өсіру селекцияның экономикалық маңызды бөлігі болып табылады, өйткені жылқылардың өнімділігі жоғары. Мақаланың мақсаты — қазақ жылқысын генотиптеу үшін ДНҚ-ны экстракциялаудың экономикалық тиімділігі тұрғысынан неғұрлым оңтайлы ғылыми әдісін анықтау. Бұл зерттеуде қазақ жылқысының өсу белгілерін, ет және сүт өнімділігін одан әрі анықтау үшін ДНҚ генотиптеуінің бірінші кезеңіне (ДНҚ экстракциясы) жүргізілген. Бүгінгі таңда жаңа буын секвенирлеу технологиялары зерттеулерде ғылыми-техникалық прогреске қол жеткізді. Жоғары тығыздықты және контаминацияға ұшырамаған ДНҚ сәтті талдаудың негізгі кезеңі болып саналады. Әрі қарай генетикалық зерттеулер үшін минималды деп саналатын 50 нг/мкл концентрациясы қажет. Зерттеуде жылқылардың шаш фолликулаларынан ДНҚ алудың ең тиімді әдісін бағалау және анықтау үшін ДНҚ-ны шаш түктерінен алудың үш түрлі әдісі салыстырмалы түрде талданды. Алынған ДНҚ-ны сапалы және сандық бағалау спектрофотометриялық өлшеулер (NanoDrop), гель электрофорезіне негізделген нақты уақыт режимінде ПТР арқылы жүргізілді. Сонымен қатар, энергия шығыны, уақыт, сондай-ақ талдау құны бағаланды. Зерттеу нәтижелері бойынша коммерциялық жиынтық хаттамасы бойынша экстракция жасау оңай және тиімді, бірақ салыстырмалы түрде қымбат болып шықты. Фенол-хлороформ және ЦТАБ әдістері коммерциялық жинақ әдісімен салыстырғанда ДНҚ сапасы бірдей, бірақ фенол-хлороформ әдісінде қолданылатын компоненттің, фенолдың қауіптілігін ескере отырып, ЦТАБ әдісі генотиптеу үшін ең қолайлы болып шықты, өйткені ол қауіпсіз, қымбат емес және тиімді.

Кілт сөздер: жылқы шаруашылығы, қазақ жылқысы, бақа басты жылқы, ПТР, фенол-хлороформ әдісі, ЦТАБ әдісі, генотиптеу, ДНҚ экстракциясы, электрофорез.

Д.И. Кабылбекова, Ж. Хамзина, К.П. Аубакирова, А.А. Ибадуллаева

Оценка и сравнение трех методов экстракции ДНК у казахской лошади типа жабё

Коневодство является одним из главных направлений в животноводческой отрасли Казахстана. Разведение лошадей является экономически важной частью селекции, так как лошади имеют высокую продуктивную ценность. Целью данной статьи было определение наиболее оптимального с точки зрения экономической эффективности научного метода экстракции ДНК для генотипирования казахской лошади. В данном исследовании мы выполнили первый шаг (экстракция ДНК) в генотипировании ДНК казахской лошади для дальнейшего определения признаков роста, мясомолочной продуктивности. На сегодняшний день технологии секвенирования нового поколения произвели научно-технический прогресс в исследованиях. Получение высококонцентрированной и неконтаминированной ДНК является главным этапом успешного анализа. Для дальнейших генетических исследований требуется концентрация 50 нг/мкл, которая считается минимальной. В исследовании были подвергнуты к сравнительному анализу три различных метода извлечения ДНК из ткани, чтобы оценить и идентифицировать наиболее эффективную методику выделения ДНК из волосных луковиц лошадей. Качественная и количественная оценка извлеченной ДНК проводилась с помощью спектрофотометрических измерений (NanoDrop), амплификация ПЦР в реальном времени на основе гель-электрофореза. Помимо этого, к оценке подверглись энергозатратность, время, а также стоимость анализа. По результатам исследова-

ния, экстракция по протоколу коммерческого набора оказалась простой в применении и эффективной, но относительно дорогостоящей. Фенол-хлороформный и ЦТАБ методы по качеству ДНК одинаковы, но, учитывая опасность компонента фенола, применяемого в фенол-хлороформном методе, ЦТАБ метод оказался наиболее приемлемым для генотипирования, так как является безопасным, недорогим и результативным.

Ключевые слова: коневодство, казахская лошадь, жабе, ПЦР, фенол-хлороформный метод, ЦТАБ метод, генотипирование, экстракция ДНК, электрофорез.

References

- 1 *Dannye po statistike v selskom khoziaistve [Data on statistics in agriculture]*. Retrieved from <https://stat.gov.kz/> [in Russian].
- 2 Sultangalieva, L.S. (2013). Razvitie konkurentosposobnosti otrasli miasnogo zhitovnovodstva Respubliki Kazakhstan [Development of competitiveness of the meat livestock industry of the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik Kazakhskogo natsionalnogo universiteta. Seriya Ekonomika — Bulletin of Kazakh National University. Series Economics*, 4(98); 93–101 [in Russian].
- 3 Vitt, V.O. (1937). *Konskie porody Srednei Azii [Horse breeds of Central Asia]*. Moscow [in Russian].
- 4 Nechaev, I. (2005). *Kazakhskaya loshad. Proshloe, nastoiashchee i budushchee [Kazakh horse. Past, present and future]*. Almaty: Edelveis [in Russian].
- 5 Kerimbaev, D. (1951). *Konevodstvo v Kazakhstane [Horse breeding in Kazakhstan]*. Alma-Ata [in Russian].
- 6 Iskhan, K.Zh., Demin, V.A., Iuldashbaev, Yu.A. & Baimukanov, A.D. (2019). Zootehnicheskie osobennosti tabunnykh loshadei [Zootechnical features of herding horses]. *Zootehniia i veterinariia — Zootechnics and veterinary medicine*, 33 (9); 57–60 [in Russian].
- 7 Schiebelhut, L.M., Abboud, S.S., Gómez Daglio, L.E., Swift, H.F. & Dawson, M.N. (2016). A comparison of DNA extraction methods for high-throughput DNA analyses. *Molecular Ecology Resources*, 17(4); 721–729. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12620>
- 8 Greathouse, L.K. & Vogtmann, S.R. (2019). DNA extraction for human microbiome studies: The issue of standardization. *Genome Biol.*, 20 (1); 212.
- 9 Shvartsman, E., Richmond, E.I.M., Schellenberg, J.J., Lamont, A., Perciani, C. et al. (2022). Comparative analysis of DNA extraction and PCR product purification methods for cervicovaginal microbiome analysis using cpn60 microbial profiling. *Plos One*, 13, 17(1); e0262355. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262355.2022>
- 10 Dhaliwal, A. (2013). DNA extraction and purification. *Mater Methods*, 3; 191.
- 11 Tabatabaei, M., Rafein, Z.M., Raha, R., Norhani, A., André-Denis, W., Yoshihito, Sh., Mehdi, Sh., Sakai, K. & Mohd, H. (2010). Comparative study of methods for extraction and purification of environmental DNA from high-strength wastewater sludge. *African Journal of Biotechnology*, 9; 4926–4937.
- 12 Genomics.ed.ac.uk. Retrieved from <http://genepool.bio.ed.ac.uk/illumina/samples.html>
- 13 Kuhn, R., Böllmann, J., Krahl, K., Bryant, I.M. & Martienssen, M. (2017). Comparison of ten different DNA extraction procedures with respect to their suitability for environmental samples. *Journal of Microbiological Methods*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2017.10.007>
- 14 Chacon-Cortes, D. & Griffiths, L.R. (2014). Methods for extracting genomic DNA from whole blood samples: current perspectives. *Journal of Biorepository Science for Applied Medicine*, 2; 1–9.
- 15 Koshy, L., Anju, A.L., Harikrishnan, S., Kutty, V.R., Jissa, V.T., Kurikesu, I. & Sudhakaran, P.R. (2016). Evaluating genomic DNA extraction methods from human whole blood using endpoint and real-time PCR assays. *Molecular Biology Reports*, 44(1); 97–108. <https://doi.org/10.1007/s11033-016-4085-9>
- 16 Sambrook, J., Fritsch, E.F. & Maniatis, T. (1989). *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*, 2nd ed. New-York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- 17 Kerkhoff, K., Cescutti, G., Kruse, L. & Müssig, J. (2009). Development of a DNA-analytical Method for the Identification of Animal Hair Fibers in Textiles. *Textile Research Journal*, 79(1); 69–75. <https://doi.org/10.1177/0040517508090488>
- 18 ThermoFisher.com. Retrieved from https://tools.thermoFisher.com/content/sfs/manuals/purelink_genomic_man.pdf
- 19 Köchl, S., Niederstätter, H. & Parson, W. (2013). DNA Extraction and Quantitation of Forensic Samples Using the Phenol-Chloroform Method and Real-Time PCR. *Forensic DNA Typing Protocols*, 013–030. <https://doi.org/10.1385/1-59259-867-6:013>
- 20 Sambrook, J., Fritsch, E.R. & Maniatis, T. (1989). *Molecular Cloning: A Laboratory Manual (2nd ed.)*. Cold Spring Harbor, the Use of DNA Extraction for Molecular Biology and Biotechnology Training: A Practical and Alternative Approach. New-York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 90–105.
- 21 Chan, P.K.S. (2001). Evaluation of extraction methods from paraffin wax embedded tissues for PCR amplification of human and viral DNA. *J. Clin. Pathol.*, 54; 401–403.

A.N. Madiyeva^{1*}, M.M. Silantyeva²¹Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan;²Altai State University, Barnaul, Kazakhstan*Corresponding author: madiyevaaida@mail.ru

Study the germination of seeds of Sudanese grass (*Sorghum × drummondii*) treated by ethylene glycol and propylene glycol cryoprotectants

The present study was conducted at an objective study of the seeds of Sudanese grass for cryopreservation and viability of seeds. Laboratory studies were carried out on 4 varieties of Sudanese grass: Nika, Tigai, Novosibirskaya 84, and Alina. The results showed that cryopreservation had a positive effect on germination rates. Thus, in the Tugay variety, the best germination rates of 99 % were observed in the variant with cryopreservation with defrosting of seeds in a water bath. A positive effect was also noted for the variety Novosibirskaya 84, where cryopreservation during defrosting of seeds at room temperature increased germination by 7 % and amounted to 89 %. For varieties Nika and Alina, cryopreservation had the opposite effect, the indicators decreased by 27 %, by 10 %, respectively, compared with control. Under conditions of seed defrosting at room temperature, cryopreservation with ethylene glycol and propylene glycol had a positive effect on the germination of seeds for all varieties, with the exception of the Alina variety, where its germination did not differ significantly from the control. Cryopreservation using ethylene glycol under conditions of seed defrosting at room temperature showed that for the Tugay variety the recommended concentration of the cryoprotectant is 5 % and 10 %. The germination rate was 98 %, and the germination energy was 99 % and 96 %, respectively. Ethylene glycol concentration of 20 % significantly reduced the germination rate and amounted to 47 %. For the Nika variety, we recommend using a concentration of 15 %; but the concentration of 10 %, the germination rate is lower and amounts to 58 %. Almost 100 % germination were observed in the Novosibirskaya 84 variety at concentrations of 5 % and 20 %. Thus, the recommended method for thawing Sudan grass seeds after cryopreservation using ethylene glycol and propylene glycol cryoprotectants is thawing at room temperature. These results can be used to create a cryo collection of Sudan grass seeds.

Keywords: Sudanese grass, seeds, cryoprotectant, plants, ethyleneglycol, propyleneglykol, germination, liquid nitrogen, cryopreservation.

Introduction

Analyzing the climate of Central Kazakhstan, its main features are its sharp continental; deficit of precipitation. Winter is moderately severe with little snow, summer is warm and hot. The cultivation of heat-loving crops is impossible due to lack of moisture. Rains with a small amount of precipitation in summer slightly moisten the soil, so the duration of the dry period increases significantly [1].

One of the promising drought-resistant crops that are suitable for growing in the arid conditions of Kazakhstan in the Karaganda region is Sudanese grass (*Sorghum × drummondii*).

Sudanese grass is an unpretentious and plastic crop with high heat resistance, which in difficult conditions is capable of forming 2–3 mowing of green mass. A distinctive feature of this crop is its exceptionally high drought resistance; it uses well precipitation in the second half of summer and forms a large above-ground mass. Along with this, the culture is distinguished by its high after math ability, good shoot-forming ability, abundant bushiness and rapidity of regrowth. Drought resistance is ensured by a powerful root system that allows using water from deep soil layers [1, 2].

With the introduction of Sudanese grass in culture, one of the important aspects is the preservation of valuable varietal seed material. Seeds are the most optimal form of genetic material storage, as samples require little space and remain viable for a long period. There are several methods for storing plant seed. One of the most inexpensive and effective methods is cryopreservation [3].

The conservation of plant genetic resources is fundamental for the development of agriculture [4]. The pre-planting seeds treatment of agricultural plants with cryoprotectants is accompanied by the improvement of seeds planting characteristics and increasing the crop capacity of treated cultures [5].

Ethylene glycol was found to be a key compound for the successful cryopreservation of shoot tips, in light of its low toxicity as compared to other cryoprotective compounds [4].

Our study was aimed to optimization of cryopreservation conditions using ethylene glycol and propylene glycol cryoprotectants.

Experimental

The objects of the study were Sudanese grass (*Sorghum × drummondii*) seed material, varieties Nika, Tugay, Novosibirskaya-84, Alina (Fig.) and plants sprouts. Seeds were provided by LLP “Scientific and production center of grain farming named after A.I. Baraev” (Shortandy, Kazakhstan).



I — Tugai; II — Nika; III — Novosibirskaya 84; IV — Alina

Figure. Seeds of Sudanese grass

Cryopreservation was carried out by immersing the seeds in plastic cryovials (Deltalab) into Dewar flasks SDS-20 CryoMash with liquid nitrogen (-196°C). Cryofreezing was carried out in two ways: a) the seeds were immediately immersed in liquid nitrogen without any preparation; b) before immersion in liquid nitrogen, the seeds were treated for 10 min with cryoprotective ethylene glycol and propylene glycol solutions [3, 6, 7].

The prospective types of cryoprotectants were used ethylene glycol and propylene glycol due to the fact that it has high cooling activity [8–10]. Defrosting of seeds were conducted two ways: i) at room temperature ii) in a water bath. To prevent recrystallization of intracellular and extracellular ice in seeds, defrosting was carried out in a water bath at a temperature of $+40^{\circ}\text{C}$ until complete defrosting up to 15 min [3].

Efficiency of cryopreservation of Sudan grass was determined based on the analysis of seed germination and germination energy [6]. After thawing, the seeds were placed for germination in Petri dishes (diameter 90 mm) of 40 pieces, 4 replications. The germination was carried out in a Binder climatic Chamber at a temperature of $+24^{\circ}\text{C}$ with constant illumination. Germination was assessed on the 10th day, germination energy on the 5th day. Seeds without treatment served as control 1, cryopreservation of seeds without cryoprotectant. Defrosting at room temperature served as control 2, cryopreservation of seeds without cryoprotectant. Defrosting in a water bath served as control 3 (Table 1).

Table 1

Abbreviations

Character	Abbreviation
Seeds without treatment	control 1
Cryopreservation of seeds without cryoprotectant. Defrosting at room temperature	control 2
Cryopreservation of seeds without cryoprotectant. Defrosting in a water bath	control 3

Statistical processing of the results of the experiment was carried out according to the Student-Fisher method. Statistical the significance of discrepancies between the values was assessed using Student's t-test.

Differences were considered significant at $p < 0.05$. In the work, 4 concentrations of the cryoprotectants from 5 to 20 % were used.

Results and Discussion

Analyzing the germination rates for varieties among the control, in the Tugay variety the best germination rates of 99 % were observed in the variant with cryopreservation with defrosting of seeds in a water bath (Table 2).

For the Novosibirskaya 84 variety, cryopreservation during seed defrosting at room temperature increased the germination rate by 7 % and amounted to 89 %. For varieties Nika and Alina, cryopreservation significantly reduced germination and germination energy by 27 % and 10 %, respectively, compared to control 2.

Table 2

Germination and germination energy of seed in control variants

Variety	Germination, %	Energy of seed germination, %
Tugai control 1	90 ± 0	95 ± 5.77
Nika control 1	77.50 ± 5	87.50 ± 9.57
Novosibirskaya 84 control 1	82.50 ± 5	90 ± 11.55
Alina control 1	52.50 ± 25	70 ± 18.26
Tugai control 2	90.50±1.29	88.75±2.99
Nika control 2	49.75±1.71	48.25±3.30
Novosibirskaya 84 control 2	89.75±1.71	96.50±3.11
Alina control 2	42.50±9.57	45±5.77
Tugai control 3	99.75±0.50	99.50±1
Nika control 3	76.50±3.87	80.75±2.99
Novosibirskaya 84 control 3	80±2.16	80±3.56
Alina control 3	47.50±9.57	47.50±5

In general, the germination of Sudanese grass in the control is adequate. The next step was to study the germination using ethylene glycol cryoprotectant under defrosting conditions at room temperature.

Cryopreservation using ethylene glycol under conditions of seed defrosting at room temperature showed that for the Tugay variety the recommended concentration of the cryoprotectant is 5 % and 10 %. The germination rate was 98 %, and the germination energy was 99 % and 96 %, respectively. Ethylene glycol concentration of 20 % significantly reduced the germination rate and amounted to 47 %. For the Nika variety, we recommend using a concentration of 15 %; at a concentration of 10 %, the germination rate is lower and amounts to 58 %. Almost 100 % germination in the Novosibirskaya 84 variety at concentrations of 5 % and 20 %.

The use of a cryoprotector significantly accelerated the energy of seed germination, with the exception of the Alina variety, where germination was better in the control and amounted to 70 %, while with the use of a cryoprotector 40 %, 50 % (Table 3).

Table 3

Germination and energy germination of seed treated by ethylene glycol (EG) and defrosting at room temperature

Variety	Germination, %	Energy of seed germination, %
1	2	3
Tugai EG 5 % room t.	98 ± 1.83*	99,75 ± 0,50
Tugai EG 10 % room t.	98.50 ± 1.91*	96,50 ± 3,42
Tugai EG 15 % room t.	90.25 ± 4.92	97,50 ± 2,08
Tugai EG 20 % room t.	47.50 ± 17.08*	99 ± 0,82
Nika EG 5 % room t.	79 ± 3.92	97,25 ± 2,22
Nika EG 10 % room t.	58.50 ± 5.97	99,25 ± 0,96
Nika EG 15 % room t.	90.75 ± 0.96*	95,75 ± 3,50
Nika EG 20 % room t.	81 ± 2.58	97 ± 2,58

Continuation of Table 3

1	2	3
Novosibirskaya 84 EG 5 % room t.	98 ± 2.16*	99,75 ± 0,50
Novosibirskaya 84 EG 10 % room t.	90.50 ± 2.52	98,50 ± 1,91
Novosibirskaya 84 EG 15 % room t.	96.75 ± 2.75*	99,50 ± 1
Novosibirskaya 84 EG 20 % room t.	99.75 ± 0.50*	98,50 ± 1,29
AlinaEG 5 % room t.	40.25±0.73	40,75±0,99
AlinaEG 10 % room t.	50±1.05	40,75±0,55
AlinaEG 15 % room t.	50.50±0.75	60,75±1,71
AlinaEG 20 % room t.	40.75±0.55	50,75±0,55

*Significance of differences $P \leq 0.05$ compared with control 1.

The results showed that cryopreservation with cryoprotectant ethylene glycol during slow thawing at concentrations of 5 %, 10 % in the Tugay variety, 15 % in the Nika variety, 5 %, 15 %, 20 % in the Novosibirskaya 84 variety significantly exceeded the control values of 1, while at a concentration of 20 % in the Tugay variety, cryopreservation significantly reduced the control indicators.

Next, we studied the germination of seeds using an ethylene glycol solution and the rapid thawing of seeds after cryopreservation. The results show that seed germination has decreased compared to control 1 and the room temperature thaw test (Table 4). Compared with the control, the germination of seeds in the Nika variety decreased by 40 %, in the Novosibirskaya 84 variety by 35 %, in the Alina variety by 32 %, in the Tugay variety by 20 %.

Table 4

Germination and Energy of seed germination treated by ethylene glycol (EG) and defrosting in a water bath

Variety	Germination, %	Energy of seed germination, %
Tugai EG 5 % water bath	82.50 ± 17.08	87.50 ± 15
Tugai EG 10 % water bath	85 ± 17.32	87.50 ± 12.58
Tugai EG 15 % water bath	70 ± 8.16*	72.50 ± 5*
Tugai EG 20 % water bath	82.50 ± 5	95 ± 10
Nika EG 5 % water bath	47.50 ± 9.57*	52.50 ± 9.57*
Nika EG 10 % water bath	40 ± 23.09	50 ± 18.26
Nika EG 15 % water bath	37.50 ± 22.17	50 ± 23.09
Nika EG 20 % water bath	62.50 ± 22.17	67.50 ± 18.08
Novosibirskaya 84 EG 5 % water bath	47.50 ± 26.30	55 ± 17.32
Novosibirskaya 84 EG 10 % water bath	70 ± 28.28	75 ± 17.32
Novosibirskaya 84 EG 15 % water bath	77.50 ± 9.57	80 ± 8.16
Novosibirskaya 84 EG 20 % water bath	77.50 ± 17.08	82.50 ± 20.62
Alina EG 5 % water bath	20.75±0.99	30.25±0.73
AlinaEG 10 % water bath	50.75±1.26	60.50±0.33
AlinaEG 15 % water bath	50.25±0.87	50.50±1
AlinaEG 20 % water bath	30.75±0.73	40.50±0.58

*Significance of differences $P \leq 0.05$ compared with control 1.

Cryopreservation of EG during rapid thawing significantly exceeded the control values in the Tugay variety at a concentration of 15 % and decreased in the Nika variety at a concentration of 5 %.

The study of the effect of propylene glycol on seed germination showed an increase in seed germination compared to control 1, with the exception of the Alina variety, where germination decreased by 12–22 % at concentrations of 5 %, 10 %, 20 %. Otherwise, the increase in germination in the Tugay variety is on average 7 %, while at a concentration of 15 %, germination decreased by 21 %.

In varieties Nika and Novosibirskaya 84, a positive effect of cryopreservation was observed in all concentrations. Germination energy in all variants of the experiment is high (Table 5).

Table 5

Germination and Energy of seed germination treated by propylene glycol (PG) and defrosting at room temperature

Variety	Germination, %	Energy of seed germination, %
Tugai PG 5 % room t.	98.50 ± 1.91*	96.25 ± 3.30
Tugai PG 10 % room t.	96.75 ± 2.75*	98.50 ± 1.91
Tugai PG 15 % room t.	69.75 ± 4.65*	97.75 ± 1.71
Tugai PG 20 % room t.	97.75 ± 2.06*	99 ± 2
Nika PG 5 % room t.	90.25 ± 1.26*	98 ± 1.63
Nika PG 10 % room t.	97 ± 2.58*	96.25 ± 3.50
Nika PG 15 % room t.	89.50 ± 4.80	97.75 ± 1.71
Nika PG 20 % room t.	97.75 ± 1.71*	98.75 ± 1.50
Novosibirskaya 84 PG 5 % room t.	96.25 ± 3.50	98.25 ± 1.71
Novosibirskaya 84 PG 10 % room t.	98.25 ± 1.71*	99 ± 1.15
Novosibirskaya 84 PG 15 % room t.	99.25 ± 0.96*	99.50 ± 0.58
Novosibirskaya 84 PG 20 % room t.	97.50 ± 2.08*	98.25 ± 1.26
Alina PG 5 % room t.	40.75±0.55	60±0.82
Alina PG 10 % room t.	30.25±0.29	60±0.47
Alina PG 15 % room t.	50.50±0.58	60±0.47
Alina PG 20 % room t.	40.75±0.96	50.75±0.55
*Significance of differences $P \leq 0.05$ compared with control 1.		

According to the results of table 4, the values are significantly higher than control 1 in the Tugai and Nika varieties at concentrations of 5 %, 10 %, 15 %, in the Novosibirskaya 84 variety at a concentration of 10 %, 15 %, 20 %.

In the next experiment, we observed a decrease in germination to 25 % for the Tugai variety, up to 35 % for the Nika variety, and up to 22 % for the Alina variety. Thus, the cryoprotectant propylene glycol, when defrosted in a water bath, reduces the germination of seeds of the studied varieties (Table 6).

Table 6

Germination and Energy of seed germination treated by propylene glycol (PG) and defrosting in a water bath

Variety	Germination, %	Energy of seed germination, %
Tugai PG 5 % water bath	72.50 ± 12.58	80 ± 8.16
Tugai PG 10 % water bath	77.50 ± 9.57	82.50 ± 12.58
Tugai PG 15 % water bath	67.50 ± 15	72.50 ± 18.93
Tugai PG 20 % water bath	65 ± 17.32	70 ± 14.14
NikaPG 5 % water bath	35 ± 17.32	45 ± 17.32
NikaPG 10 % water bath	52.50 ± 12.58	57.50 ± 12.58
NikaPG 15 % water bath	42.50 ± 15	47.50 ± 9.57*
NikaPG 20 % water bath	50 ± 8.16*	55 ± 5.77*
Novosibirskaya 84 PG 5 % water bath	50 ± 21.60	55 ± 19.15
Novosibirskaya 84 PG 10 % water bath	62.50 ± 17.08	65 ± 12.91
Novosibirskaya 84 PG 15 % water bath	57.50 ± 15	67.50 ± 15
Novosibirskaya 84 PG 20 % water bath	70 ± 21.60	75 ± 17.32
AlinaPG 5 % water bath	50±0.82	50.50±0.75
AlinaPG 10 % water bath	30.75±0.99	40.25±0.87
AlinaPG 15 % water bath	40.25±1.72	40.75±1.36
AlinaPG 20 % water bath	40.50±0.75	50±1.41
*Significance of differences $P \leq 0.05$ compared with control 1.		

According to the results of the table, the performance of the Nika variety was significantly exceeded at a propylene glycol concentration of 20 %.

Conclusion

As a result of the study, the germination of seeds of Sudanese grass of 4 varieties was studied using cryoprotectants ethylene glycol and propylene glycol by cryopreservation. Seeds were thawed in two ways: at room temperature and in a water bath.

Under conditions of seed defrosting at room temperature, cryopreservation with ethylene glycol and propylene glycol had a positive effect on the germination of seeds of all varieties, with the exception of the Alina variety, where its germination did not differ significantly from the control.

Cryopreservation using ethylene glycol under conditions of seed defrosting at room temperature showed that for the Tugay variety the recommended concentration of the cryoprotectant is 5 % and 10 %. The germination rate was 98 %, and the germination energy was 99 % and 96 %, respectively. Ethylene glycol concentration of 20 % significantly reduced the germination rate and amounted to 47 %. For the Nika variety, we recommend using a concentration of 15 %; at a concentration of 10 %, the germination rate is lower and amounts to 58 %. Almost 100 % germination observed in the Novosibirskaya 84 at concentrations of 5 % and 20 %.

The use of a cryoprotector significantly accelerated the energy of seed germination, with the exception of the Alina variety, where the germination rate was better in the control and amounted to 70 %, while with the use of a cryoprotector it was 40 %, 50 %.

Defrosting in a water bath significantly reduces the germination of seeds compared to control 1. When using the cryoprotectant ethylene glycol and rapid thawing of seeds after cryopreservation, the germination of seeds in the Nika variety decreased by 40 %, and in the Novosibirskaya 84 variety by 35 %, in the Alina variety by 32 %, in the Tugay variety by 20 %.

When defrosted in a water bath, cryoprotectant propylene glycol reduces the germination of seeds of the studied varieties. Thus, the Tugay variety has up to 25 %, the Nika variety has up to 35 %, and the Alina variety has up to 22 %.

Thus, the recommended method for thawing Sudan grass seeds after cryopreservation using ethylene glycol and propylene glycol cryoprotectants is thawing at room temperature.

References

- 1 Laptina Y.A. Sudan grass cultivation parameters optimization in the nizhneje povolzje dry-steppe zone / Y.A. Laptina, O.G. Gichenkova, N.A. Kulikova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. — 2021. — Vol. 1069. — ID 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1069/1/012037>
- 2 Kapustin S. Feed Quality of New Sudan Grass Varieties / S. Kapustin, A. Volodin, A. Kapustin, N. Samokish // KSU J. Agric Nat. — 2022. — Vol. 25(2). — P. 400–405. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.a.vi.916295>
- 3 Tleukenova S. Germination of chamomile (*Matricaria recutita*) seeds during cryopreservation using PVS2 cryoprotectant / S. Tleukenova, A. Ramazanov, M. Ishmuratova, G. Shapatova, A. Sarsembaeva // Research on Crops. — 2022. — Vol. 23(2). — P. 466–472. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2022.063>
- 4 de Oliveira K.E.S. Influence of ethylene glycol on *Eucalyptus grandis* cryopreservation using the V cryo-plate technique / K.E.S. de Oliveira, R.A.V. de Souza, L.S.O. Carvalho, L.V. Paiva // Crop Breeding and Applied Biotechnology. — 2022. — Vol. 22(2). — e378422210. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332022v22n2a20>
- 5 Shevchenko N.O. Effect of Soybean Seeds Freezing under the Effect of Cryoprotectants on a Sprouting Energy and Germinating Capacity / N.O. Shevchenko, T.F. Stribul, V.V. Zhmurko, L.M. Kobzyeva // Problems of cryobiology. — 2003. — № 3. — P. 92–98.
- 6 Coperland L.O. Handbook of Vigor Test Methods. Principle of seed science and technology, 3rd Edn. / L.O. Coperland, M.B. McDonald. New York: Springer Science + Business Media, 1999. — P. 153–180.
- 7 Sakai A. Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. var. *brasiliensis* Tanaka) by vitrification / Sakai, A., Kobayashi, S., Oiyama, I. // Plant Cell Rep. — 1990. — Vol. 9. — P. 30–33. <https://doi.org/10.1007/bf00232130>
- 8 Костяев А.А. Анналы криобиологии. Классификации криопротекторов и криоконсервантов для клеток крови и костного мозга / А.А. Костяев, С.В. Утемов, А.А. Андреев, Т.В. Полежаева, А.К. Мартусевич, Н.В. Исаева, Ф.С. Шерстне, К.А. Ветошкин, Е.Н. Калинина, М.Г. Князев // Вестн. гематологии. — 2016. — Т. XII, № 3. — С. 23–27.
- 9 Сведенцов Е. П. Криоконсерванты для живых клеток / Е.П. Сведенцов. — Сыктывкар, 2010. — 80 с.
- 10 Цуцаева А. А. Криоконсервирование клеточных суспензий / А. А. Цуцаева, В. А. Аграненко и др. — Киев: Наук. думка, 1983. — 240 с.

А.Н. Мадиева, М.М. Силантьева

Этиленгликоль және пропиленгликоль криопротекторларын қолдану кезінде судан шөбінің (*Sorghum × drummondii*) тұқымының өнуін зерттеу

Зерттеу судан шөп тұқымдарының өнгіштігіне криоконсервациялау әсерін анықтауға арналған. Зертханалық зерттеулер судан шөбінің 4 сорты арасында жүргізілді. Олар «Ника», «Тугай», «Новосибирская 84», «Алина» сорттары. Нәтижелер «Алина» сортын қоспағанда, криоконсервациялаудың нәтижелері барлық сорттар бойынша тұқымдарының өнуіне оң әсер еткенін көрсетті. Ал «Алина» сортының өнгіштігі бақылаудан айтарлықтай ерекшеленбеді. Сонымен, «Тугай» сортында тұқымдарды су моншасында жібіту арқылы криоконсервацияланған нұсқада 99% ең жақсы өну көрсеткіштері байқалды. Бөлме температурасында тұқымдарды еріту кезінде өнгіштігі 7 %-ға артып, 89 % құраған «Новосибирская 84» сортында да оң әсер байқалды. «Ника» мен «Алина» сорттарына криоконсервация кері әсер етті, көрсеткіштері бақылаумен салыстырғанда 27 %-ға және 10 %-ға төмендеді. Бөлме температурасында тұқымдарды еріту жағдайында этиленгликоль мен пропиленгликольмен криоконсервациялау «Алина» сортын қоспағанда, барлық сорттарда тұқымның өнуіне оң әсер етті, бірақ «Алинаның» өнуі бақылаудан айтарлықтай ерекшеленбеді. Сонымен қатар бөлме температурасында тұқымдарды жібіту жағдайында этиленгликольді қолдана отырып криоконсервациялау «Тугай» сортына криопротектордың ұсынылатын концентрациясы 5% және 10% екенін көрсетті. Өну жылдамдығы 98 %, ал өну энергиясы сәйкесінше 99% және 96% болды. Этиленгликольдің 20% концентрациясы өну жылдамдығын едәуір төмендетіп, 47 % құрады. «Ника» сорты үшін 15 % концентрацияны қолдану ұсынылған, бірақ концентрациясы 10 %, өну жылдамдығы төмен және 58 % құрайды. «Новосибирская 84» сортының 5 % және 20 % концентрациясында 100 %-ға жуық өнуі байқалды. Осылайша, этиленгликоль және пропиленгликоль криопротекторларын қолдана отырып, криоконсервациялаудан кейін судан шөбінің тұқымын ерітудің ұсынылған әдісі бөлме температурасында еріту болып табылады. Бұл нәтижелер судан шөбінің тұқымдарының криогендік коллекциясын жасау үшін пайдаланылуы мүмкін.

Кілт сөздер: судан шөбі, өсімдіктер, этиленгликоль, пропиленгликоль, сұйықазот, криоконсервация.

А.Н. Мадиева, М.М. Силантьева

Изучение всхожести семян суданской травы (*Sorghum × drummondii*) при использовании криопротекторов этиленгликоля и пропиленгликоля

Настоящее исследование посвящено изучению влияния криоконсервации на всхожесть семян суданской травы. Лабораторные исследования проводились на 4 сортах суданской травы: «Ника», «Тугай», «Новосибирская 84», «Алина». Результаты показали, что криоконсервация положительно повлияла на всхожесть семян всех сортов, за исключением сорта «Алина», где её всхожесть значительно не отличалась от контроля. Так, у сорта «Тугай» наилучшие показатели всхожести 99 % наблюдались в варианте с криоконсервацией с размораживанием семян на водяной бане. Положительный эффект отмечен и для сорта «Новосибирская 84», где криоконсервация при разморозке семян при комнатной температуре увеличила всхожесть на 7 % и составила 89 %. У сортов «Ника» и «Алина» криоконсервация дала обратный эффект, показатели снизились на 27 и 10 % соответственно по сравнению с контрольной группой. В условиях разморозки семян при комнатной температуре криоконсервация этиленгликолем и пропиленгликолем оказала положительное влияние на прорастание семян у всех сортов, за исключением сорта «Алина», где его прорастание существенно не отличалось от в контрольной группе. Криоконсервация с использованием этиленгликоля в условиях разморозки семян при комнатной температуре показала, что для сорта «Тугай» рекомендуемая концентрация криопротектора составляет 5 и 10 %. Скорость прорастания составляла 98 %, а энергия прорастания — 99 и 96 % соответственно. Концентрация этиленгликоля 20 % значительно снижала скорость прорастания и составляла 47 %. Для сорта «Ника» рекомендуем использовать концентрацию 15 %; но концентрация 10 %, скорость прорастания ниже и составляет 58 %. Почти 100 % всхожесть наблюдалась у сорта «Новосибирская 84» в концентрациях 5 и 20 %. Таким образом, рекомендуемый способ оттаивания семян суданской травы после криоконсервации с использованием криопротекторов этиленгликоля и пропиленгликоля является оттаиванием при комнатной температуре. Эти результаты могут быть использованы для создания криогенной коллекции семян суданской травы.

Ключевые слова: суданская трава, растения, этиленгликоль, пропиленгликоль, жидкий азот, криоконсервация.

References

- 1 Laptina, Y.A., Gichenkova, O.G. & Kulikova, N.A. (2021). Sudan grass cultivation parameters optimization in the nizhneje povolzje dry-steppe zone. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1069; ID 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1069/1/012037>
- 2 Kapustin, S., Volodin, A., Kapustin, A. & Samokish, N. (2022). Feed Quality of New Sudan Grass Varieties. *KSU J. Agric Nat.*, 25(2); 400–405. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.916295>
- 3 Tleukenova, S., Ramazanov, A., Ishmuratova, M., Shapatova, G. & Sarsembaeva, A. (2022). Germination of chamomile (*Matricaria recutita*) seeds during cryopreservation using PVS2 cryoprotectant. *Research on Crops*, 23(2); 466–472. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2022.063>
- 4 de Oliveira, K.E.S., de Souza, R.A.V., Carvalho, L.S.O. & Paiva, L.V. (2022). Influence of ethylene glycol on *Eucalyptus grandis* cryopreservation using the V cryo-plate technique. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 22(2); e378422210. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332022v22n2a20>
- 5 Shevchenko, N.O., Stribul, T.F., Zhmurko, V.V. & Kobyzeva, L.M. (2003). Effect of Soybean Seeds Freezing under the Effect of Cryoprotectants on a Sprouting Energy and Germinating Capacity. *Problems of cryobiology*, 3; 92–98.
- 6 Coperland, L.O. & McDonald M.B. (1999). *Handbook of Vigor Test Methods. Principle of seed science and technology*, 3rd Edn. New York: Springer Science + Business Media, 153–180.
- 7 Sakai, A., Kobayashi, S. & Oiyama, I. (1990). Cryopreservation of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* Osb. var. *brasiliensis* Tanaka) by vitrification. *Plant Cell Rep.*, 9; 30–33. <https://doi.org/10.1007/bf00232130>
- 8 Kostiaev, A.A., Utemov, S.V., Andreev, A.A., Polezhaeva, T.V., Martusevich, A.K., Isaeva, N.V., Sherstne, F.S., Vetoshkin, K.A., Kalinina, E.N., & Kniazev, M.G. (2016). Annaly kriobiologii. Klassifikatsii krioprotektorov i kriokonservantov dlia kletok krovi i kostnogo mozga [Annals of cryobiology. Classifications of cryoprotectants and cryopreservants for blood and bone marrow cells]. *Vestnik gematologii — Bulletin of hematology*, XII (3); 23–27 [in Russian].
- 9 Svedentsov, E. P. (2010). *Kriokonservanty dlia zhivykh kletok [Cryoconservants for living cells]*. Syktyvkar [in Russian].
- 10 Tsutsaeva, A.A., Agranenko, & V.A., Fedorova, L. I. et al. (1983). *Kriokonservirovanie kletochnykh suspenzii [Cryopreservation of cell suspensions]*. Kiev: Naukova dumka [in Russian].

Н.В. Мить*, О.Г. Чередниченко, А.С. Мусаева, О.Х. Хамдиева, А.С. Амиргалиева,
М.О. Бегманова, А.Д. Толебаева, А.Л. Пилюгина, С.К. Нуралиев, С.Б. Зайпанова,
Г.А. Койшекенова, А.К. Бекитаева, Т. Қапасұлы

Институт генетики и физиологии, Алматы, Казахстан

**Автор для корреспонденции: nata-mit@yandex.ru*

Оценка мутагенного эффекта проб воды и почвы, собранных вблизи бывших хранилищ хлорорганических пестицидов в Жамбылском районе Алматинской области с использованием различных модельных тест-систем

Устаревшие хлорорганические пестициды в настоящее время запрещены как стойкие органические загрязнители окружающей среды. Не утилизированные должным образом, они продолжают загрязнять почву и воду, накапливаясь в пищевой цепи и нанося вред растениям, животным и организму человека. Цель исследования — оценить загрязнение воды и почвы вокруг складов неутрализованными запрещенными хлорорганическими пестицидами и их возможное генотоксическое действие. Были обследованы бывшие склады пестицидов в двух поселках Жамбылского района Алматинской области. Химический анализ показал загрязнение почвы вокруг складов хлорорганическими пестицидами и тяжелыми металлами. Пробы воды и почвы, отобранные вблизи хранилищ, использовались для оценки экологического риска. Генотоксическое действие проб воды и почвы оценивали на различных модельных объектах: *Salmonella typhimurium*, *Drosophila melanogaster*, *Allium cepa*, культурах лимфоцитов овец и человека. Было обнаружено, что образцы воды и почвы вызывали слабый мутагенный эффект во всех модельных системах, увеличивая частоту мутаций и хромосомных aberrаций. Хотя генотоксический эффект был продемонстрирован для каждой из моделей, разные модели показали разную чувствительность к действию пестицидов и разную степень реакции. Поэтому для адекватной оценки мутагенности пестицидов необходимо применять батарею тестов с разными модельными объектами. Результаты исследований показали, что остатки устаревших пестицидов по-прежнему загрязняют окружающую среду и должны быть своевременно утилизированы безопасным способом, чтобы избежать загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: мутагенный эффект, хлорорганические пестициды, модельные системы, рецессивные летальные мутации, хромосомные aberrации, культуры лимфоцитов, *Salmonella typhimurium*, *Drosophilamelanogaster*, *Allium cepa*.

Введение

Широкое использование пестицидов в сельском хозяйстве приводит к их накоплению в окружающей среде. Особую опасность представляют хлорорганические пестициды, которые являются стойкими органическими загрязнителями (СОЗ) и наносят существенный вред окружающей среде [1–3]. Они не разлагаются в течение длительного времени, накапливаясь в почве; переносятся по воздуху и с водными массами на большие расстояния, передаются по пищевым цепям животным и человеку [4–6]. СОЗ представляют угрозу для здоровья человека. Это связано не только с их общим токсическим воздействием, но также и долгосрочными последствиями, спектр которых постоянно расширяется. Кроме мутагенного и канцерогенного эффектов, зарегистрирован иммунотоксический эффект [7], а также эпигенетические изменения [8]. В то же время даже небольшие дозы пестицидов при хроническом воздействии угнетают жизненные функции организма [9], и отсутствие интоксикации не означает отсутствия изменений на более тонком уровне. Наибольшая опасность пестицидов связана с их генетической активностью. Показано, что многие из них являются мутагенами [10–12]. При этом долговременные экологические последствия применения пестицидов практически не изучены.

Хлорорганические пестициды в настоящее время запрещены к применению. Однако в силу ряда причин запасы этих устаревших пестицидов все еще имеются в некоторых хозяйствах. Они не были утилизированы должным образом, зачастую хранятся под открытым небом и представляют угрозу для окружающей среды.

Данная работа посвящена экотоксикологической оценке мутагенного действия проб воды и почвы, собранных вблизи бывших складов пестицидов в Жамбылском районе Алматинской области (пос. Умбеталы и пос. Каракастек) с использованием модельных систем разного уровня организации.

Работа является продолжением исследований генотоксического эффекта устаревших пестицидов. Аналогичные исследования в Талгарском районе Алматинской области показали, что пробы воды и почвы, загрязненные пестицидами либо продуктами их распада, обладают мутагенным и тератогенным действием на модельные организмы. В пос. Умбеталы и Каракастек, анализируемых в данной работе, запасы устаревших хлорорганических пестицидов в настоящее время не обнаружены. В пос. Каракастек здание склада сохранилось, но местное население разбирает фундамент здания. GPS координаты склада: 43°08'25.7" N — 76°06'14.7" E. На расстоянии 100 м от склада расположены жилые дома, скот пасется вокруг склада. В пос. Умбеталы здание склада разрушено. GPS координаты: 43°16'55.9" N 76°19'58.9" E. Вокруг склада построены жилые дома, рядом есть озеро, где купаются дети.

Для оценки экологической ситуации в данных населенных пунктах и степени риска для населения был проведен химический анализ проб воды и почвы, собранных вблизи бывших складов пестицидов с последующим изучением мутагенности собранных проб на различных модельных системах. Поскольку разные модельные объекты могут обладать различной чувствительностью к мутагенным эффектам, для исследования были взяты 5 модельных объектов разного уровня биологической организации: *Salmonella typhimurium*, *Drosophila melanogaster*, *Allium cepa*, культуры лимфоцитов человека и овец.

Такой подход позволяет провести всестороннюю оценку возможного генотоксического воздействия. *Salmonella typhimurium* и *Drosophila melanogaster* также являются классическими тестерными объектами для определения мутагенности [13–15]. Модель дрозофилы, кроме того, позволяет провести тестирование на тератогенность и оценить эффект на уровне всего организма. Тестовая система на основе *Allium cepa* основана на изучении хромосомных нарушений в клетках апикальной меристемы корня для определения влияния генотоксичных веществ [16]. Культуры лимфоцитов человека и животных являются одной из обязательных тест-систем при оценке влияния мутагенных факторов окружающей среды. Одним из достоинств этой тест-системы является то, что по наблюдаемым типам aberrаций можно достаточно определенно идентифицировать тип мутагенного воздействия. Так, метод анализа хромосомных aberrаций в ФГА-стимулированных лимфоцитах периферической крови широко применяется в исследованиях *in vivo* и *in vitro* как количественный и качественный метод анализа нарушений, индуцированных различными факторами [17].

Материалы и методы

Сбор проб осуществляли в пос. Умбеталы и Каракастек, в непосредственной близости от складов хлорорганических пестицидов. Для анализа собирали образцы питьевой воды (водопроводной) и воды из природных водоемов (которую пьют животные). Пробы питьевой воды использовали для тестирования на культурах лимфоцитов человека, природной — на культурах лимфоцитов овец. Пробы воды отбирали в стерильные пластиковые бутылки в количестве 1 л. Пробы почвы (весом 1–3 кг) собирали в непосредственной близости от бывших складов устаревших пестицидов.

Химический анализ проб воды, почв, продуктов питания проводили согласно договору в аккредитованной испытательной лаборатории ТОО «Научный аналитический центр».

Подготовку проб природной и питьевой воды для теста Эймса на *Salmonella typhimurium* проводили выпариванием (500 мл) и получением сухого осадка. Осадок растворяли в 2 мл ДМСО, который и использовали для анализа. Для остальных модельных систем пробы воды автоклавировали.

Из проб почвы готовили бензолные (для сальмонеллы и дрозофилы) либо водные (для культур лимфоцитов человека и овец, *Allium*-теста) вытяжки. Для приготовления бензолной вытяжки 10 г очищенной от примесей почвы растирали в фарфоровой ступке, просеивали через сито, добавляли 300 мл бензола (хч) и встряхивали в течение 6 ч на встряхивателе. Затем фильтровали и упаривали досуха в вакуумном испарителе при 40–50 °С. Осадок растворяли в 2 мл ДМСО и использовали для анализа. Для приготовления водной вытяжки 10 г почвы заливали 50 мл физиологического раствора (дистиллированной воды) и в течение 3 мин перемешивали. После отстаивания водную фракцию отбирали, центрифугировали, стерилизовали и добавляли в среду культивирования лимфоцитов.

Мутагенный эффект проб воды и почвы оценивали с помощью 5-ти модельных систем: *Salmonella typhimurium*, *Drosophila melanogaster*, *Allium cepa*, культуры лимфоцитов человека и овец.

Тест Эймса проводили по стандартной методике с применением 2 штаммов *Salmonella typhimurium* TA98 и *Salmonella typhimurium* TA100, позитивного, негативного и чистого контролей по

стандартной методике [18, 19]. О наличии мутагенной активности судили по превышению ревертантов над уровнем спонтанного мутирования.

Drosophila melanogaster линии дикого типа *Oregon R* выращивали на питательной среде с добавлением автоклавированных образцов воды в трех концентрациях (3, 5 и 10 %) либо бензолных вытяжек почвы, растворенных в ДМСО (0,1; 0,3 и 0,5 %). В контрольных экспериментах использовали PBS/ДМСО в тех же концентрациях либо корм без обработки. Для учета рецессивных летальных мутаций в X-хромосоме самцов F_0 скрещивали индивидуально с самками тестерной линии *doubleyellow*, содержащей две сцепленные X-хромосомы и позволяющей учитывать летальные мутации в первом поколении [20]. О наличии летали судили по отсутствию самцов в F_1 . Для регистрации летальных мутаций в аутосомах самцов F_0 скрещивали индивидуально с самками линии *Cy/Pm; D/Sb.*, позволяющей учитывать летальные мутации одновременно [21].

Оценка мутагенного потенциала проб воды и почвы на культурах лимфоцитов человека. Проводили анализ хромосомных aberrаций в ФГА-стимулированных лимфоцитах периферической крови. Использовали образцы крови от здоровых доноров, которые отбирали из локтевой вены в гепаринизированные флаконы. Культивирование лимфоцитов и приготовление препаратов проводили по стандартной методике [22]. В культуры лимфоцитов добавляли по 5 или 10 % каждого образца питьевой воды (от количества среды культивирования) (предварительно стерилизованные) либо водной вытяжки почвы. На каждую точку исследования ставили по 3 культуры от разных доноров. В качестве контроля использовали дистиллированную воду и водную вытяжку из почвы «Универсальный грунт». Для внутреннего контроля также использовалась стерильная дистиллированная вода. Препараты окрашивали 4 % красителем Романовского-Гимза. При цитогенетическом анализе определяли число клеток с aberrациями, а также число и тип aberrаций на 100 проанализированных метафаз.

Анализ мутагенной активности в культурах лимфоцитов овец. Использовали образцы периферической крови от 15 здоровых овец (10 овец Едильбайской породы и 5 Гиссарской породы) из относительно экологически чистой зоны (пос. Мынбаево, Алматинская область). Культивирование лимфоцитов периферической крови овец проводили по стандартной методике [23]. На 48 ч в культуру добавляли разные дозы (3, 5, и 10 %) стерилизованных проб воды и водных вытяжек почвы из 2-х исследуемых мест, также поставлена культура для контроля с добавлением 0,9 % NaCl. Цитогенетические препараты окрашивали красителем Гимза, анализировали под микроскопом и определяли частоту клеток с aberrациями, а также тип aberrаций. Приготовлены 110 цитогенетических препаратов, проанализированы 1182 метафазных пластинок.

Приготовление давленных препаратов меристематических клеток корешков Allium sera. Семена *Allium sera* проращивали в чашках Петри при температуре 22–24 °С в тестируемом растворе до появления 2–3 см корешков. Отрезанные корешки (1 см) помещали в фиксатор (этанол/ледяная уксусная кислота 3/1) на 4–24 ч. Гидролизовали в 1N HCl при 60 °С в течение 8–10 мин и окрашивали ацетоорсеином в кипящей бане 6–12 мин. Из темноокрашенного кончика готовили давленный препарат в капле 45 % уксусной кислоты. После приготовления препаратов проводили микроскопический анализ и оценку цитогенетических нарушений в разных стадиях митотического цикла при подсчете 1000 клеток в 3-х повторностях [24].

При анализе полученных данных использовали стандартные методы статистического анализа [25].

Результаты и обсуждение

Химический анализ проб питьевой и природной воды показал, что содержание пестицидов в пробах не превышает предельно допустимых концентраций. Также не обнаружено превышения ПДК тяжелых металлов в собранных пробах воды, как природной, так и питьевой.

Химический анализ проб почвы показал превышение ПДК для ряда пестицидов в 2–18 раз в обоих исследованных поселках. Так, в пос. Каракастек в пробах почвы обнаружены повышенные концентрации α ГХЦГ, β ГХЦГ, альдрин, дельдрин, 4,4-ДДЭ, 2,4-ДДД, эндрин, хлорбензилата, 4,4-ДДТ и эндосульфана 2. В пос. Умбеталы обнаружены гексахлорбензол, альдрин, дельдрин, 4,4-ДДЭ, 2,4-ДДД, эндрин, хлорбензилат, 4,4-ДДТ и эндосульфана 2 в концентрациях, превышающих ПДК. Наибольшее превышение зафиксировано для эндосульфана 2, эндрин и 4,4-ДДТ. Также в пробах почвы обнаружено превышение ПДК тяжелых металлов в 1,1–21,6 раз. Так, в пробах почвы из пос. Каракастек содержание цинка превышает ПДК в 4,5 раза, свинца в 1,1, мышьяка в 8,0, никеля в 5,4, меди в 15,2, хрома в 21,6 раз. В пробах почвы из п. Умбеталы также повышено содержание тяже-

лых металлов: цинка (4,9 ПДК), мышьяка (4,7 ПДК), никеля (3,0 ПДК), меди (10,2 ПДК), хрома (19,7 ПДК).

Таким образом, пробы почвы из исследованных поселков загрязнены как пестицидами, так и тяжелыми металлами.

Далее с использованием модельных тест-систем проведена оценка генотоксического потенциала приоритетных загрязнителей воды и почвы из пос. Каракастек и Умбеталы.

Оценка мутагенного эффекта проб воды и почвы в тесте Эймса. Результаты экспериментов по изучению мутагенной активности на модели *Salmonella typhimurium* представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

**Мутагенная активность проб питьевой воды и почвы в стандартном тесте Эймса
на штаммах *Salmonella typhimurium* TA98 и TA100**

№ п/п	Наименование	Среднее кол-во ревертантов на чашку	Превышение над контролем (О/К)	Результат	ТА98		ТА100	
					Среднее кол-во ревертантов на чашку	Превышение над контролем (О/К)	Среднее кол-во ревертантов на чашку	Превышение над контролем (О/К)
	Контроль спонтанный (количество ревертантов на чашку)	25			29			
	ДМСО	24			24			
	Позитивный контроль (ДДТДП)	355			552			
пос. Каракастек								
1	Вода для людей	72,3±1,05	2,9	+	83,3±1,7	2,9		+
2	Вода для животных	53,6±0,70	2,1	+	63,6±1,06	2,2		+
3	Почва	74,3±1,9	3,0	+	73,6±0,92	2,5		+
пос. Умбеталы								
4	Вода для людей	86,0±2,4	3,4	+	74,0±0,72	2,4		+
5	Вода для животных	62,0±1,08	2,5	+	67,0±2,38	2,3		+
6	Почва	84,0±0,87	3,4	+	86,3±2,54	3,0		+

Изучение мутагенной активности в стандартном тесте Эймса без метаболической активации на штаммах *Salmonella typhimurium* TA98 и TA100 показало слабую мутагенность всех типов собранных проб (вода питьевая, вода природная, почва) в исследуемых поселках. Таким образом, образцы питьевой и природной воды, а также образцы почвы из пос. Каракастек и Умбеталы оказывают слабое мутагенное действие на *S. typhimurium*.

Оценка мутагенного и тератогенного эффекта на *Drosophila melanogaster*. Для оценки мутагенного и тератогенного эффектов использовали имаго (F₀), в течение всего личиночного периода питавшихся кормом с добавками. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Результаты учета аномалий дрозофилы под влиянием образцов воды и почвы, загрязненных пестицидами

Вариант	Гибель куколок и личинок, %	Стерильность самцов, %	Частота аутосомных рецессивных летальных мутаций, %	Частота морфологических изменений имаго, %
1	2	3	4	5
Контроль				
Без обработки	0,38±0,21	0,0±0,00	2,51±1,72	4,2±1,1
1хPBS 10 %	1,51±0,15	0,8±0,71	2,53±1,61	4,5±1,3
DMSO 0,5 %	2,75±0,28	1,0±0,90	5,00±2,40	5,3±1,2
пос. Каракастек				
вода (люди) 3 %	2,24±0,27	0,75±0,73	1,67±1,65	4,46±0,91
вода (люди) 5 %	1,29±0,19	2,26±1,28	1,79±1,77	6,05±0,88
вода (люди) 10 %	1,34±0,21	0,75±0,75	5,00±2,81	6,65±0,99
вода (животные) 3 %	0,77±0,15	0,00±0,00	3,33±2,31	4,87±0,80

1	2	3	4	5
вода (животные)5 %	0,66±0,14	0,00±0,00	6,67±3,22	4,72±0,79
вода (животные)10 %	0,98±0,18	0,78±0,77	1,67±2,73	7,09±1,09
почва 0,1 %	1,61±0,21	0,00±0,00	3,57±2,48	4,53±0,80
почва 0,3 %	1,47±0,19	0,00±0,00	8,93±3,81	5,11±0,73
почва 0,5 %	2,63±0,27	0,78±0,77	3,85±2,67	7,65±0,91
пос. Умбеталы				
вода (люди) 3 %	1,40±0,21	0,72±0,72	1,67±1,65	5,85±0,98
вода (люди) 5 %	1,56±0,22	0,75±0,75	5,00±2,81	5,25±0,84
вода (люди) 10 %	1,31±0,21	0,74±0,73	3,85±2,67	6,07±0,90
вода(животные)3 %	1,33±0,22	1,49±1,05	3,33±2,31	6,65±1,09
вода(животные)5 %	0,62±0,15	3,17±1,56	3,57±2,48	5,91±0,84
вода(животные)10 %	1,40±0,22	2,42±1,38	8,33±3,51	5,21±0,82
почва 0,1 %	2,81±0,28	0,76±0,73	3,33±2,31	5,63±0,91
почва 0,3 %	0,89±0,16	1,63±1,14	7,14±3,44	7,68±1,01
почва 0,5 %	3,26±0,38	1,30±1,29	1,92±1,90	9,74±2,12

Для оценки мутагенного эффекта проб воды и почвы из обследуемых поселков проводили скрининг рецессивных летальных мутаций в X-хромосомах и аутосомах дрозофилы. По результатам скрещиваний самцов F₀ с самками тестерной линии *double yellow* установлено, что пробы воды и почвы не индуцировали рецессивные летальные мутации в X-хромосоме дрозофилы. Во всех вариантах эксперимента зарегистрированы гибель особей на стадии личинок и куколок, а также стерильность самцов. Однако эти показатели не превышали контрольного уровня.

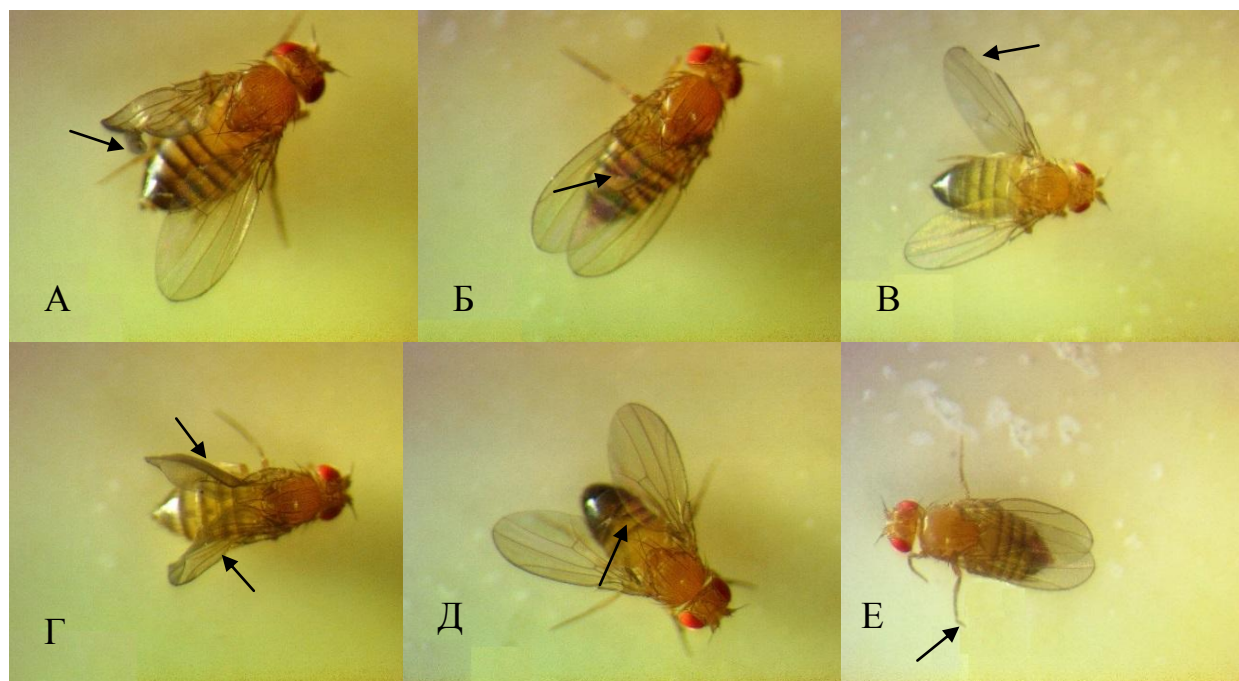
Были скринированы рецессивные летальные мутации во второй и третьей аутосомах дрозофилы, индуцированные пробами воды и почвы. Однако частота возникновения летальных мутаций в аутосомах достоверно не превышала контрольные показатели. Таким образом, не зарегистрирован достоверный мутагенный эффект исследованных проб воды и почвы на аутосомы дрозофилы.

Для оценки тератогенного эффекта всех имаго F₀ просматривали на наличие морфологических изменений и определяли их частоту. Установлено, что пробы воды и почвы способны индуцировать морфологические изменения имаго дрозофилы с частотой 4,46–9,74 %. Повышенная частота морфологических изменений зафиксирована в случае использования 10 % проб природной воды из пос. Каракастек. Также повышена частота морфологических изменений при использовании проб почвы из обоих исследованных поселков. Высокий уровень нарушений можно объяснить повышенной концентрацией тяжелых металлов (свинец, никель, медь, хром, мышьяк) в почве пос. Каракастек и Умбеталы. Анализ наследуемости выявленных морфологических изменений показал, что наблюдаемые изменения крыльев и тергитов являются ненаследуемыми, то есть морфозами.

Спектр изменений крыльев включал смятые, укороченные, растопыренные, изогнутые, нерасправленные крылья, разнообразные складки, вырезки на крыльях и др. (рис. 1). Наиболее частыми из наблюдаемых изменений были дефекты крыльев и тергитов.

Таким образом, пробы воды и почвы из исследованных населенных пунктов способны вызывать ненаследуемые морфологические изменения у имаго дрозофилы. Проведенный нами скрининг позволяет говорить о генотоксическом действии продуктов распада запрещенных пестицидов и тяжелых металлов на онтогенез дрозофилы.

Полученные результаты отличаются от результатов аналогичных исследований, проведенных ранее для 5-ти поселков Талгарского района Алматинской области. Так, в Талгарском районе было отмечено более сильное загрязнение воды и почвы остаточными количествами пестицидов. Являясь химическими мутагенами, пестициды способны оказывать влияние на генетический аппарат и вызывать его наследуемые повреждения, то есть мутации. В предыдущем цикле работ нами выявлены наследуемые изменения формы и размеров глаз у дрозофил, которые передаются в ряду поколений в течение 4-х лет. Кроме того, были скринированы рецессивные летальные мутации в X-хромосоме дрозофилы, а частота рецессивных летальных мутаций в аутосомах была значительно выше, чем в настоящих исследованиях [26]. Более низкая мутагенность, зафиксированная в данном исследовании, связана, в первую очередь, с тем, что содержание пестицидов в пробах было на порядок ниже, чем в Талгарском районе. Таким образом, наблюдается линейная зависимость частоты нарушений от концентрации пестицидов в пробе.



A — смятое крыло, 5 % природной воды, Каракастек, 1×20; *B* — нарушения в строении тергитов, 10 % природной воды, Каракастек, ×10; *B* — крыло оттопырено в сторону, вырезка по краю крыла, 5 % питьевой воды, Умбеталы, 1×20; *Г* — крылья со складками и заломами, 5 % природной воды, Умбеталы, 1×20; *Д* — крылья раздвинуты, нарушения в строении тергитов, 0,5 % почвы, Умбеталы, 1×20; *E* — искривление последнего членика ноги, 0,3 % почвы, Умбеталы, 1×20.

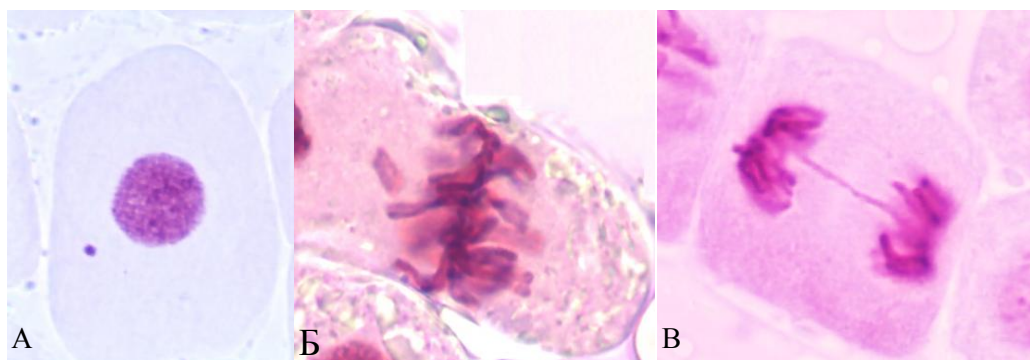
Рисунок 1. Морфологические изменения имаго дрозофилы

Учет цитогенетических нарушений в клетках корешков *Allium cepa*. Основным типом нарушений при проведении *Allium*-теста были микроядра в интерфазных клетках. Также встречались нарушения в метафазе (микроядра, выпавшие хромосомы) и анафазе (микроядра, отставшие хромосомы, мосты) клеточного деления. На стадиях профазы и телофазы нарушений не зафиксировано. В связи с этим выводы о мутагенной активности проб воды были сделаны на основании выявленной частоты нарушений на этих стадиях клеточного цикла (табл. 3). Типы цитогенетических нарушений, наблюдаемых при анализе исследуемых проб, представлены на рисунке 2.

Таблица 3

Цитогенетические нарушения в клетках корешков *Allium cepa*

Вариант	Частота микроядер в интерфазе, %	Частота нарушений в метафазе, %	Частота нарушений в анафазе, %
Вода для людей			
Каракастек	0,14±0,11	0,20±0,14	0,89±0,3
Умбеталы	0,15±0,12	0,21±0,14	3±0,54*
dH ₂ O (контроль)	0,1±0,08	0,19±0,13	0,3±0,1
Почва			
Каракастек	0,43±0,21	6,89±0,8*	15,38±1,14**
Умбеталы	0,3±0,17	4,17±0,63	12±1,03**
Чистая, универсальная почва (контроль)	0,27±0,1	1,54±0,2	1,24±0,35
<i>Примечание.</i> * p≤0,05; ** p≤0,01.			



А — микроядро в интерфазе; Б — выпавшая хромосома в метафазе; В — хромосомный мост в анафазе

Рисунок 2. Цитогенетические нарушения в клетках *Allium cepa*

В пробах питьевой воды из обследованных поселков частота микроядер достоверно не отличалась от контрольного уровня (дист. вода). Однако выявлено значительное превышение выявленных нарушений сравнению с контролем на стадии анафазы, что свидетельствует о наличии митогенной токсичности.

Анализ водных вытяжек почв выявил недостоверное повышение цитогенетических нарушений, по сравнению с универсальной почвой и достоверное превышение по сравнению с дистиллированной водой, особенно это отмечено на стадиях метафазы и анафазы. Выявленное 1,5–2-кратное превышение частоты микроядер водных вытяжек почв, отобранных на изучаемых территориях, возможно, это связано с наличием загрязняющих соединений. Однако поскольку в данном тесте анализируются не сами почвы, а их водные вытяжки, то превышение частоты микроядер, возможно, объясняется воздействием быстро- и водорастворимых веществ, содержащихся в почве.

Таким образом, эксперименты на модели клеток корешков лука *Allium cepa* показали мутагенную активность образцов почвы из исследованных поселков.

Цитогенетический анализ лимфоцитов человека. Результаты цитогенетического анализа частоты хромосомных aberrаций в культурах лимфоцитов человека представлены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

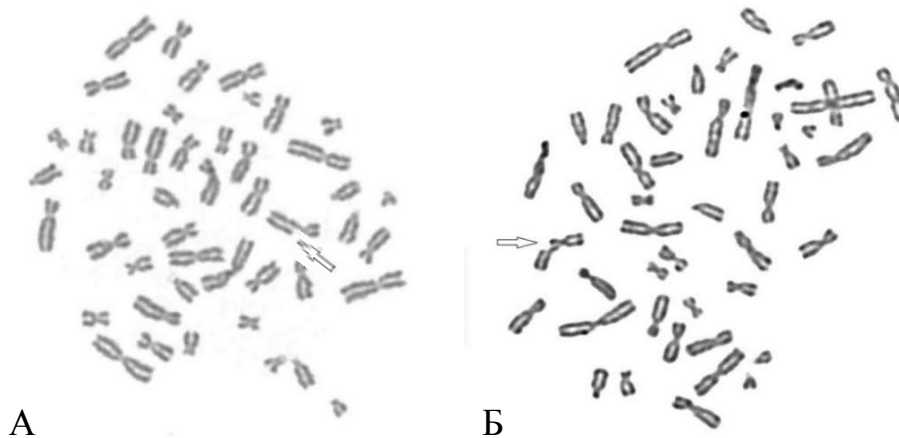
Изучение мутагенной активности проб питьевой воды и почвы из пос. Каракастек и Умбеталы на культурах лимфоцитов человека

Вариант	Проанализировано клеток	Всего aberrаций, %	Хромосомного типа, %	Хроматидного типа, %
Вода				
Умбеталы 5 %	200	1±0,70		1±0,70
Умбеталы 10 %	300	1±0,57		1±0,57
Каракастек 5 %	250	0,8±0,56		0,8±0,57
Каракастек 10 %	300	1±0,57	1±0,57	
Спонтанный уровень	300	1±0,57		1±0,57
Дист. H ₂ O 10 %	300	1±0,57	0,33±0,33	0,67±0,47
Почва				
Умбеталы 5 %	200	5±1,54	2±0,98	3±1,2
Умбеталы 10 %	200	8±1,92	0	8±1,92
Каракастек 5 %	200	4±1,38	0	4±1,38
Каракастек 10 %	200	8±1,92	0	8±1,92
Спонтанный уровень	300	1±0,57		1±0,57
Универсальная почва	300	2±0,81	0	2±0,81

Представленные данные показывают, что добавление в культуры лимфоцитов 5 и 10 % питьевой воды из обследованных населенных пунктов (Каракастек и Умбеталы) не вызвало повышения частоты хромосомных aberrаций.

Добавление 5 и 10 % водных вытяжек почв в среду для культивирования лимфоцитов показало статистически значимый генотоксический эффект почв в поселках Умбеталы и Каракастек в сравнении со спонтанным уровнем мутагенеза. Добавление водной вытяжки из «универсальной почвы» в культуру лимфоцитов человека увеличило частоту хромосомных нарушений в 2 раза ($p \geq 0,05$).

Анализ спектра хромосомных aberrаций показал (рис. 3), что встречались aberrации преимущественно хроматидного типа, которые были представлены одиночными разрывами или фрагментами. Такая картина структурных повреждений хромосом характерна при воздействии химических генотоксикантов, которые свидетельствуют о наличии в образцах тяжелых металлов.



А — метафазная пластинка с одиночным разрывом; Б — метафазная пластинка с двойным разрывом

Рисунок 3. Хромосомные нарушения в культурах лимфоцитов человека

Таким образом, добавление воды из обследованных населенных пунктов в среду культивирования лимфоцитов периферической крови человека не вызывает генотоксических эффектов, водные вытяжки почв, напротив, приводят к статистически значимому увеличению частоты хромосомных aberrаций по сравнению с контролем, что свидетельствует о наличии в исследованных образцах водорастворимых генотоксических соединений.

Цитогенетический анализ лимфоцитов овец. Результаты цитогенетического анализа лимфоцитов овец представлены в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

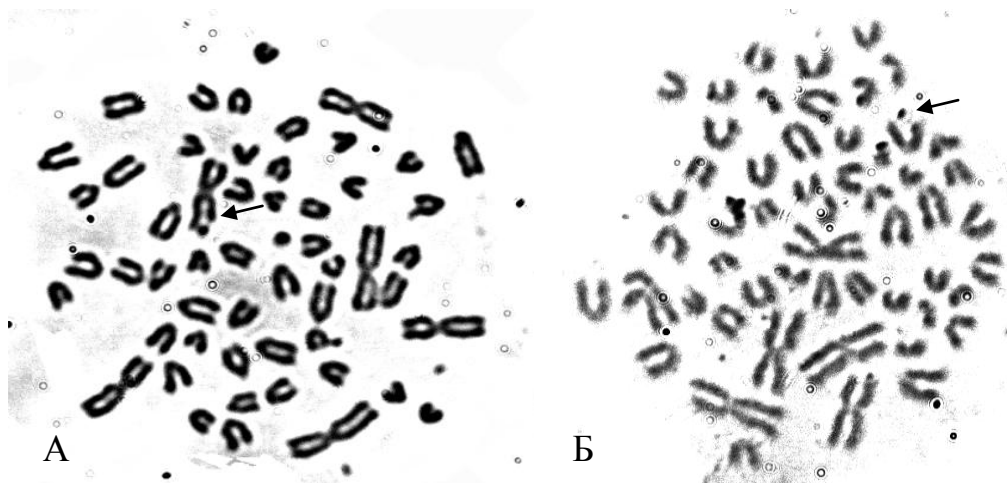
Изучение мутагенной активности проб природной воды и почвы из пос. Каракастек и Умбеталы на культурах лимфоцитов овец

Вариант	Количество проанализированных метафаз	Частота хромосомных aberrаций, %	Частота геномных мутаций, %
Вода для животных			
Каракастек 3 %	100	6±2,4	1,0±1,0
Каракастек 5 %	100	12±3,2	1,0±1,0
Каракастек 10 %	100	16±3,6	4±1,9
Умбеталы 3 %	100	3±1,7	1,0±1,0
Умбеталы 5 %	100	5±2,2	3±1,7
Умбеталы 10 %	100	6±2,4	2±1,4
Почва			
Каракастек 3 %	100	14±3,5	1,0±1,0
Каракастек 5 %	100	12±3,2	1,0±1,0
Каракастек 10 %	84	13±3,7	2,0±1,5
Умбеталы 3 %	100	9±2,9	2,0±1,4
Умбеталы 5 %	100	11±3,1	1,0±1,0
Умбеталы 10 %	98	6,1±2,4	2,0±1,4
0,9 % NaCl (контроль)	100	3±1,7	–

Как видно из таблицы 5, пробы воды из пос. Каракастек, взятые в 5, 10 %, и почвенные экстракты 3, 5, 10 % концентрации показали значительно повышенную ($p < 0,003$) частоту хромосомных aberrаций в лимфоцитах овец по сравнению с внутренним контролем. Пробы воды из пос. Умбеталы во всех концентрациях не проявляют мутагенной активности в тесте на индукцию aberrаций хромосом. Почвенные экстракты максимальной концентрации из этой местности тоже показывают повышенный уровень хромосомных aberrаций, но ниже чем пробы из пос. Каракастек.

В основном они были обнаружены aberrации хроматидного типа, представленные одиночными разрывами или фрагментами. Также учитывали количество полиплоидных клеток. Обмены найдены при воздействии 10 % концентраций загрязненной воды и почвенной вытяжки из пос. Умбеталы и при добавлении 5 % почвенной вытяжки из пос. Каракастек в составе культуральной среды. Метафазных клеток с полиплоидным набором хромосом выявлено незначительное количество. Добавление максимальной концентрации воды и почвенных вытяжек с поллютантами вызывало повышение числа хромосомных aberrаций на 100 метафаз по сравнению с внутренним контролем (добавление только 0,9 % NaCl). Также при добавлении водных вытяжек почвы наблюдается митотоксический эффект (снижение митотического индекса). При этом наблюдалась обратная пропорциональная зависимость: чем большая концентрация пробы воды была добавлена в культуральную среду, тем меньше было метафазных пластинок, пригодных для цитогенетического анализа.

Выявленный спектр aberrаций хромосом с преобладанием aberrаций хроматидного типа свидетельствует о химическом загрязнении (рис. 4). Влияние загрязнения остатками пестицидов в заброшенных складах в исследуемых поселках Алматинской области на соматическую нестабильность хромосом, по-видимому, можно объяснить сложными взаимодействиями пестицидов и тяжелых металлов, т.е. их комбинированное действие оказывает синергидный эффект.



А — метафазная пластинка с пробелом в метацентрической хромосоме, пос. Каракастек 3 % вода;
Б — метафазная пластинка с хроматидным разрывом в акроцентрической хромосоме, пос. Каракастек 5 % почва

Рисунок 4. Хромосомные нарушения в культурах лимфоцитов овец

Комплексная оценка мутагенности на различных тест-системах. В таблице 6 представлены результаты оценки мутагенности проб воды и почвы на 5-ти модельных системах разного уровня генетической организации.

Как видно из таблицы 6, разные модельные системы имеют различную чувствительность к действию хлорорганических пестицидов. В связи с этим проведение тестирования только на одной-двух моделях не даст объективной картины последствий воздействия пестицидов. Ряд исследователей считают, что в случае использования одной тест-системы мутагенная активность выявляется для 40–50 % исследуемых пестицидов, в то время как пять тест-систем обнаруживают мутагенную активность более чем 90 % пестицидов [27]. Поэтому для точной прогностической оценки мутагенного эффекта и необходимо использовать несколько разных тест-систем.

Комплексная оценка мутагенности с применением 5-ти различных модельных систем

Вид тестирования	пос. Каракастек			пос. Умбеталы		
	Питьевая вода	Природная вода	Почва	Питьевая вода	Природная вода	Почва
Тест Эймса	+	+	+	+	+	+
<i>D. melanogaster</i> (X-хромосома)	-	-	-	-	-	-
<i>D. melanogaster</i> (аутосомы)	-	-	+	-	+	+
<i>D. melanogaster</i> тератогенность	+	+	+	+	+	++
Культуры лимфоцитов овец	Не тестировали	+	+	Не тестировали	-	+
Культуры лимфоцитов человека	-	Не тестировали	+	-	Не тестировали	+
<i>Allium</i> -тест	-	Не тестировали	+	+	Не тестировали	+

Примечание. Нет эффекта; +слабый эффект; ++ умеренный эффект.

Следует отметить также, что в наших исследованиях в пробах почвы обнаружены несколько наименований пестицидов, а также тяжелых металлов, поэтому имеет место их синергидное действие. Система тестов с использованием моделей разного уровня организации также является предпочтительной для оценки синергидного действия смеси разных опасных пестицидов. Применение нескольких тест-систем показало, что многокомпонентная среда может не иметь однозначного ответа во всех тестах из батареи, быть более видимой в одном тесте или в другом.

Ранее аналогичные исследования проводились нашей исследовательской группой в 5-ти поселках Талгарского района Алматинской области, где имелись склады устаревших пестицидов, при этом частично не утилизированных [26]. Концентрации разных наименований пестицидов, как в воде, так и в почве, были гораздо выше зарегистрированных в данной работе, при этом в почве в некоторых пробах суммарные концентрации пестицидов превышали ПДК в 100–1000 раз. Зарегистрированный мутагенный эффект на модельных системах варьировал от умеренного до сильного. При этом у дрозофилы были выявлены мутации размера и формы глаз, которые стойко передаются в ряду поколений уже в течение 4-х лет. Нашими коллегами установлена связь между содержанием пестицидов в продуктах питания и уровнем хромосомных aberrаций у населения исследованных поселков [28]. Также было показано повышение уровня хромосомных aberrаций в лимфоцитах овец и крупного рогатого скота [29]. В наших исследованиях зарегистрированный мутагенный эффект был значительно слабее, что подтверждает линейную зависимость от дозы пестицидов.

Таким образом, использование модельных систем позволяет адекватно оценить мутагенный эффект загрязненных проб и может быть прогностическим критерием для точной оценки экологических рисков, а также для экстраполяции данных на другие нецелевые организмы, в том числе и на человека.

Заключение

Несмотря на более чем двадцатилетний запрет на использование хлорорганических пестицидов, не утилизированные запрещенные пестициды все еще являются источником загрязнения окружающей среды в Казахстане. Они наносят вред экосистемам, поскольку мигрируют из почвы и воды в растения, попадают по пищевой цепи в организм животных и человека. И наши исследования, проведенные в разных районах Алматинской области с использованием генотоксических тестов на моделях разного уровня организации, это подтверждают.

Наибольшую опасность среди долгосрочных последствий воздействия пестицидов представляют их возможные мутагенные и тератогенные эффекты. Поэтому необходимо своевременно решать вопросы утилизации устаревших запрещенных пестицидов, а также изучать возможность ремедиации почвы и очистки воды в местах расположения хранилищ пестицидов. Постоянный мониторинг и строгий контроль за опасными субстанциями является необходимым для поддержания баланса экосистем и минимизации вреда, наносимого природе и человеку.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках исследовательской программы OR11465435 — «Разработка и применение новых геномных технологий защиты организмов от мутагенного влияния, повышения продуктивности природных ресурсов и улучшения качества жизни населения».

Список литературы

- 1 Jayaraj R. Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment / R. Jayaraj, P. Megha, P. Sreedev // *Interdiscip Toxicol.* — 2016. — Vol. 9 (3–4). — P. 90–100.
- 2 Mrema E. J. Obsolete pesticides — a threat to environment, biodiversity and human health. In *Environmental Security Assessment and Management of Obsolete Pesticides in Southeast Europe, NATO Science for Peace and Security* / E.J. Mrema, F.M. Rubino, C. Colosio // *Series C: Environmental Security*; Springer Science+Business Media Dordrecht. — 2013. — P. 1–21.
- 3 Mostafalou S. Pesticides: an update of human exposure and toxicity / S. Mostafalou, M. Abdollahi // *Arch Toxicol.* — 2017. — Vol. 91(2). — P. 549–599.
- 4 Chaiyarat R. Bioaccumulation of organochlorine pesticides in the liver of birds from Boraphet wetland, Thailand / R. Chaiyarat, C. Sookjama, K. Eiam-Ampaib, P. Damrongphol // *Sci Asia.* — 2014. — Vol. 40. — P. 198–203.
- 5 Li C. Persistent organic pollutants in typical lake ecosystems / C. Li, L. Yang, M. Shi, G. Liu // *Ecotoxicol Environ Saf.* — 2019. — Vol. 180. — P. 668–678.
- 6 Цыганков В. Хлорорганические пестициды в тихоокеанских лососях, птицах и млекопитающих Берингова, Охотского морей: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. биол. наук: 03.02.08 «Экология» / В. Цыганков. — Владивосток, 2016. — 20 с.
- 7 Герунов Т.В. Иммуноксичность пестицидов: роль в патологии животных и человека / Т.В. Герунов, Ю.В. Редькин, Л.К. Герунова // *Успехи современной биологии.* — 2011. — Т. 131 (5). — С. 474–482.
- 8 Lind P.M. High plasma organochlorine pesticide levels are related to increased biological age as calculated by DNA methylation analysis / P.M. Lind, S. Salihovic, L. Lind // *Environ Int.* — 2018. — Vol. 113. — P. 109–113.
- 9 Илюшина Н.А. Мутагенность и канцерогенность пестицидов, опасность для здоровья человека. Систематический обзор / Н.А. Илюшина, О.В. Егорова, Г.В. Масальцев, Н.С. Аверьянова, Ю.А. Ревазова // *Здравоохранение РФ.* — 2017. — Т. 61(2). — С. 96–102.
- 10 Ракитский В.Н. Мутагенная и канцерогенная активность химических соединений / В.Н. Ракитский, В.С. Турусов // *Вестн. Рос. акад. мед. наук.* — 2005. — № 3. — С. 7–9.
- 11 Ma T.H. Genotoxic agents detected by plant bioassays / T.H. Ma, G.L. Cabrera, E. Owens // *Rev Environ Health.* — 2005. — Vol. 20 (1). — P. 1–14.
- 12 Sandal S. Genotoxic effects of chlorpyrifos, cypermethrin, endosulfan and 2,4-D on human peripheral lymphocytes cultured from smokers and nonsmokers / S. Sandal, B. Yilmaz // *Environ. Toxicol.* — 2011. — Vol. 26. — P. 433–442.
- 13 Абилов С.К. Выявление и прогнозирование мутагенной активности химических соединений окружающей среды: автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра биол. наук: 03.00.15 «Генетика» / С.К. Абилов. — М., 2003. — 25 с.
- 14 Levin D.E. A new Salmonella tester strain, TA97, for the detection of frame shift mutagens. A run of cytosines as a mutational hot-spot / D.E. Levin, E. Yamasaki, B.N. Ames // *Mutat. Res.* — 1982. — Vol. 94, 2. — P. 315–330.
- 15 Демаков В.А. Совершенствование тест-систем на *Salmonella* для выявления мутагенов / В.А. Демаков, В.М. Колотов, А.А. Еремина // *Тез. докл. 14 Ежегод. конф. Европейского общества по мутагенам внешней среды.* — М., 1984. — С. 119, 120.
- 16 Leme M.D. *Allium cepa* test environmental monitoring: A review on its application / M.D. Leme, A. Marin-Morales // *Mutat Res.* — 2009. — Vol. 682 (1). — P. 71–81.
- 17 Бактон К. Методы анализа хромосомных aberrаций у человека: метод. рук. / К. Бактон, Г. Эванс. — Женева: Изд. ВОЗ, 1975. — 64 с.
- 18 Ames B.N. Methods for detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella/mammalian — microsome mutagenicity test / B.N. Ames, J. Mc Cann, E. Yamasaki // *Mutat. Res.* — 1975. — Vol. 31. — P. 347–364.
- 19 Maron D.M. Revised methods for the Salmonella mutagenicity test / D.M. Maron, B.N. Ames // *Mutat Res.* — 1983. — Vol. 113. — P. 173–215.
- 20 Roberts D.B. *Drosophila in a practical approach* / Ed. by. D.B. Roberts // 2d edition Oxford. — New-York, Tokyo: Oxford University Press, 1998. — 389 p.
- 21 Джансугурова Л.Б. Большой практикум по генетике дрозофилы / Л.Б. Джансугурова, О.Т. Тажин, Р.И. Берсимбаев. — Алматы: Казак ун-ті, 1998. — 43 с.
- 22 Moorhead P.S. Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood / P.S. Moorhead, P.C. Nowell, W.J. Mellman, D.M. Battips, D. A. // *Hungerford, Exp Cell Res.* — 1960. — Vol. 20. — P. 613–616.
- 23 Шарипов. И.К. Методы анализа хромосом у млекопитающих: метод. пос. / И.К. Шарипов. — Алматы: Казак ун-ті, 1998. — 56 с.
- 24 Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / З.П. Паушева. — М.: Агропромиздат, 1988. — 271 с.

- 25 Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику / П.Ф. Рокицкий. — Минск: Высш. шк., 1978. — 448 с.
- 26 Mit N. Ecological risk assessment and long-term environmental pollution caused by obsolete undisposed organochlorine pesticides / N. Mit, O. Cherednichenko, A. Mussaeva, O. Khamdiyeva, A. Amirgalieva, M. Begmanova, A. Tolebaeva, G. Koishekenova, S. Zaypanova, A. Pilyugina, M. Amandykova, A. Tlenshieva, A. Nurzhanova, A. Mamirova, B. Bekmanov, L. Djansugurova // J Environ Sci Health B. — 2021. — Vol. 56 (5). — P. 490–502.
- 27 Федоров Л.А. Пестициды — токсический удар по биосфере и человеку / Л.А. Федоров, А.В. Яблоков. — М.: Наука, 1999. — 461 с.
- 28 Djangalina E. Comprehensive assessment of unutilized and obsolete pesticides impact on genetic status and health of population of Almaty region / E. Djangalina, N. Altynova, Sh. Bakhtiyarova, U. Kapysheva, B. Zhaksymov, E. Shadenova, M. Baizhanov, O. Sapargali, A. Garshin, A. Seisenbayeva, M. Delannoy, S. Jurjanz, E. Khussainova, B. Bekmanov, L. Djansugurova // Ecotoxicol Environ Safety. — 2020. — Vol. 202. — 110905.
- 29 Жапбасов Р. Методические рекомендации по цитогенетическому тестированию сельскохозяйственных животных на генотоксичность неутилизованных и запрещенных к использованию пестицидов на территории Алматинской области / Р. Жапбасов, А.М. Жомартов, К.Ж. Досыбаев, А.А. Корнилова, Г.К. Мусабаева, С.Т. Ахметжан, Л.Б. Джансугурова, А.А. Нуржанова, Б.О. Бекманов. — Алматы: Қазақ ун-ті, 2020. — 162 с.

Н.В. Мить, О.Г. Чередниченко, А.С. Мұсаева, О.Х. Хамдиева, А.С. Әмірғалиева,
М.О. Бегманова, А.Д. Төлебаева, А.Л. Пилюгина, С.К. Нұралиев, С.Б. Зайпанова,
Г.А. Қойшекенова, А.К. Бекитаева, Т. Қапасұлы

Алматы облысы Жамбыл ауданындағы бұрынғы хлорорганикалық пестицидтерді сақтау қоймаларының жанынан жиналған су және топырақ үлгілерінің мутагендік әсерін әртүрлі модельдік тест-жүйелерді қолдану арқылы бағалау

Қазіргі уақытта ескірген хлорорганикалық пестицидтерге тұрақты органикалық ластағыштар ретінде қолдануға тыйым салынған. Аталған заттарды кәдеге жаратпаса, олар топырақ пен суды ластап, қоректік тізбекте жиналып, өсімдіктерге, жануарларға және адамдарға зиянын тигізеді. Зерттеудің мақсаты — қоймалардың айналасындағы су мен топырақтың жойылмаған хлорорганикалық пестицидтермен ластануын және олардың генотоксикалық әсерін бағалау. Алматы облысы Жамбыл ауданына қарасты екі елді мекендегі пестицидтердің бұрынғы қоймалары зерттелді. Химиялық талдау қоймалардың айналасындағы топырақтың хлорорганикалық пестицидтермен және ауыр металдармен ластанғанын көрсетті. Қоршаған ортаның қауіптілігін бағалау үшін қоймалардың жанынан алынған су мен топырақ үлгілері пайдаланылды. Су және топырақ үлгілерінің генотоксикалық әсері әртүрлі модельдік объектілерде бағаланды: *Salmonella typhimurium*, *Drosophila melanogaster*, *Allium cepa*, қой лимфоциттерінің және адам лимфоциттерінің дақылдары. Су және топырақ үлгілері барлық модельдік жүйелерде әлсіз мутагендік әсер туғызып, мутациялар мен хромосомалық абберрациялардың жиілігін арттырғаны анықталды. Модельдердің әрқайсысы үшін генотоксикалық әсер көрсетілсе де, дегенмен, әртүрлі модельдер пестицидтердің әсеріне әртүрлі сезімталдықты және әртүрлі жауап дәрежесін көрсеткен. Сондықтан пестицидтердің мутагенділігін адекватты бағалау үшін әртүрлі объектілері бар сынақтар батареясын қолдану қажет. Зерттеу нәтижелері пайдаланылмаған ескірген пестицидтердің әлі де қоршаған ортаны ластайтынын және қоршаған ортаның ластануын болдырмау үшін дер кезінде қауіпсіз түрде жойылу керектігін көрсетті.

Кілт сөздер: мутагендік әсер, хлорорганикалық пестицидтер, модельдік жүйелер, рецессивті летальды мутациялар, хромосомалардың абберрациялары, лимфоциттердің дақылдары, *Salmonella typhimurium*, *Drosophila melanogaster*, *Allium cepa*.

N.V. Mit, O.G. Cherednichenko, A.S. Musaeva, O.Kh. Khamdiyeva, A.S. Amirgalieva,
M.O. Begmanova, A.D. Tolebaeva, A.L. Pilyugina, S.K. Nuraliev, S.B. Zaypanova,
G.A. Koishekenova, A.K. Bekitaeva, T. Kapasuly

Evaluation of the mutagenic effect of water and soil samples collected near the former storage facilities for organochlorine pesticides in the Zhambyl district of the Almaty region using various model test systems

Obsolete organochlorine pesticides are currently prohibited as persistent organic pollutants. If undisposed they continue to pollute soil and water, to accumulate in the food chain and to harm plants, animals and human body. The aim of the study was to assess the pollution of water and soil around the warehouses by un-

utilized banned organochlorine pesticides and their possible genotoxic effects. Former warehouses of pesticides were investigated in two settlements of Zhambyl district of Almaty region. Chemical analysis showed contamination of the soil around the warehouses with organochlorine pesticides and heavy metals. Water and soil samples taken near the storage facilities were used for environmental risk assessment. The genotoxic effect of water and soil samples was evaluated on various model objects: *Salmonella typhimurium*, *Drosophila melanogaster*, *Allium cepa*, sheep and human lymphocyte cultures. It was found that water and soil samples caused a weak mutagenic effect in all model systems, increasing the frequency of mutations and chromosomal aberrations. Although a genotoxic effect was demonstrated for each of models, different models showed different sensitivity to the action of pesticides and varied degrees of response. Therefore, for adequate assessment of the mutagenicity of pesticides, it is necessary to use a battery of tests with different model objects. The results demonstrated that obsolete pesticide residues still pollute the environment and must be disposed of in a safe way in a timely manner to avoid environmental pollution.

Keywords: mutagenic effect, organochlorine pesticides, model systems, recessive lethal mutations, chromosome aberrations, lymphocyte cultures, *Salmonella typhimurium*, *Drosophila melanogaster*, *Allium cepa*.

References

- 1 Jayaraj, R., Megha, P. & Sreedev, P. (2016). Organochlorine pesticides, their toxic effects on living organisms and their fate in the environment. *Interdiscip Toxicol*, 9(3–4), 90–100.
- 2 Mrema, E.J., Rubino, F.M. & Colosio, C. (2013). Obsolete pesticides — a threat to environment, biodiversity and human health. In *Environmental Security Assessment and Management of Obsolete Pesticides in Southeast Europe*, NATO Science for Peace and Security. *Series C: Environmental Security; Springer Science+Business Media Dordrecht*, 1–21.
- 3 Mostafalou, S. & Abdollahi, M. (2017). Pesticides: an update of human exposure and toxicity. *Arch Toxicol*, 91(2), 549–599.
- 4 Chaiyaratana, R., Sookjama, C., Eiam-Ampaib, K. & Damrongphol, P. (2014). Bioaccumulation of organochlorine pesticides in the liver of birds from Boraphet wetland, Thailand. *Sci Asia*, 40; 198–203.
- 5 Li, C., Yang, L., Shi, M. & Liu, G. (2019). Persistent organic pollutants in typical lake ecosystems. *Ecotoxicol Environ Saf.*, 180; 668–678.
- 6 Tsygankov, V. (2016). Khlrororganicheskie pestitsidy v tikhoookeanskikh lososiakh, ptitsakh i mlekopitaiushchikh Beringova, Okhotskogo morei [Organochlorine pesticides in Pacific salmon, seabirds and marine mammals from the Okhotsk and the Bering Seas]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Vladivostok [in Russian].
- 7 Gerunov, T.V., Redkin, Yu.V. & Gerunova, L.K. (2011). Immunotoksichnost pestitsidov: rol v patologii zhyvotnykh i cheloveka [Immunotoxicity of pesticides: role in animal and human pathology]. *Uspekhi sovremennoi biologii - Advances in Modern Biology*, 131 (5); 474–482 [in Russian].
- 8 Lind, P.M., Salihovic, S. & Lind, L. (2018). High plasma organochlorine pesticide levels are related to increased biological age as calculated by DNA methylation analysis. *Environ Int.*, 113; 109–113.
- 9 Ilyushina, N.A., Egorova, O.V., Masaltsev, G.V., Averyanova, N.S. & Revazova, Yu.A. (2017). Mutagennost i kantserogennost pestitsidov, opasnost dlia zdorovia cheloveka. Sistematicheskii obzor [Mutagenicity and carcinogenicity of pesticides, danger to human health. Systematic review]. *Health Care RF.*, 61(2); 96–102 [in Russian].
- 10 Rakitsky, V.N. & Turusov, V.S. (2005). Mutagennaiia i kantserogennaiia aktivnost khimicheskikh soedinenii [Mutagenic and carcinogenic activity of chemical compounds]. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*, 3; 7–9 [in Russian].
- 11 Ma, T.H., Cabrera, G.L., & Owens, E. (2005). Genotoxic agents detected by plant bioassays. *Rev Environ Health*. 20(1); 1–14.
- 12 Sandal, S. & Yilmaz, B. (2011). Genotoxic effects of chlorpyrifos, cypermethrin, endosulfan and 2,4-D on human peripheral lymphocytes cultured from smokers and nonsmokers. *Environ. Toxicol.*, 26; 433–442.
- 13 Abilev, S.K. (2003). Vyiavlenie i prognozirovaniie mutagennoi aktivnosti khimicheskikh soedinenii okruzhaiushchei sredy [Identification and prediction of mutagenic activity of chemical compounds of the environment]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Moscow [in Russian].
- 14 Levin, D.E., Yamasaki, E. & Ames, B.N. (1982). A new *Salmonella* tester strain, TA97, for the detection of frameshift mutagens. A run of cytosines as a mutational hot-spot. *Mutat. Res.*, 94(2); 315–330.
- 15 Demakov, V.A., Kolotov, V.M., & Eremina, A.A. (1984). Sovershenstvovaniie test-sistem na *Salmonella* dlia vyiavleniia mutagenov [Improvement of test systems for *Salmonella* to detect mutagens]. *Tezisy dokladov 14 Ezhegodnoi konferentsii Evropeiskogo obshchestva po mutagenam vneshnei sredy — Reports of 14 Annual conference European Society for Environmental Mutagens*. Moscow, 119, 120 [in Russian].
- 16 Leme, M.D. & Marin-Morales, A. (2009). *Allium cepa* test environmental monitoring: A review on its application. *Mutat Res.*, 682(1); 71–81.
- 17 Buckton, K. & Evans, G. (1975). *Metody analiza khromosomnykh aberratsii u cheloveka: metodicheskoe rukovodstvo [Methods for the analysis of chromosomal aberrations in humans (methodological guide)]*. Geneva: WHO publication [in Russian].
- 18 Ames, B.N., Mc Cann, J. & Yamasaki, E. (1975). Methods for detecting carcinogens and mutagens with the *Salmonella/mammalian — microsomes* mutagenicity test. *Mutat. Res.*, 31; 347–364.

- 19 Maron, D.M. & Ames, B.N. (1983). Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. *Mutat Res.*, 113; 173–215.
- 20 Roberts, D.B. (1998). *Drosophila in a practical approach*. 2d edition Oxford, New-York, Tokyo: Oxford University Press.
- 21 Djansugurova, L.B., Tazhin, O.T. & Bersimbaev, R.I. (1998). *Bolshoi praktikum po genetike drozofily [Workshop on the Drosophila genetics]*. Almaty: Kazakh universiteti [in Russian].
- 22 Moorhead, P.S., Nowell, P.C., Mellman, W.J., Battips, D.M. & Hungerford, D.A. (1960). Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood. *Hungerford, Exp Cell Res.*, 20; 613–616.
- 23 Sharipov, I.K. (1998). *Metody analiza khromosom u mlekopitaiushchikh: metodicheskoe posobie [Methods for analysis of chromosomes in mammals (methodological guide)]*. Almaty: Kazakh universiteti [in Russian].
- 24 Pausheva, Z.P. (1988). *Praktikum po tsitologii rastenii [Workshop on plant cytology]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
- 25 Rokitskii, P.F. (1978). *Vvedenie v statisticheskuiu genetiku [Introduction to statistical genetics]*. Minsk: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 26 Mit, N., Cherednichenko, O., Mussaeva, A., Khamdiyeva, O., Amirgalieva, A., Begmanova, M., Tolebaeva, A., Koishakenova, G., Zaypanova, S., Pilyugina, A., Amandykova, M., Tlenshieva, A., Nurzhanova, A., Mamirova, A., Bekmanov, B. & Djansugurova, L. (2021). Ecological risk assessment and long-term environmental pollution caused by obsolete undisposed organochlorine pesticides. *J Environ Sci Health B*, 56(5); 490–502.
- 27 Fedorov, L.A. & Yablokov, A.V. (1999). *Pestitsidy — toksicheskii udar po biosfere i cheloveku [Pesticides are a toxic blow to the biosphere and man]*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 28 Djangalina, E., Altynova, N., Bakhtiyarova, Sh., Kapysheva, U., Zhaksymov, B., Shadenova, E., Baizhanov, M., Sapargali, O., Garshin, A., Seisenbayeva, A., Delannoy, M., Jurjanz, S., Khussainova, E., Bekmanov, B. & Djansugurova, L. (2020). Comprehensive assessment of unutilized and obsolete pesticides impact on genetic status and health of population of Almaty region. *Ecotoxicol Environ Safety*, 202; 110905.
- 29 Zhapbasov, R., Zhomartov, A.M., Dosybaev, K.Zh., Kornilova, A.A., Musabaeva, G.K., Akhmetjan, S.T., Djansugurova, L.B., Nurzhanova, A.A. & Bekmanov, B.O. (2020). *Metodicheskie rekomendatsii po tsitogeneticheskomu testirovaniu sel'skokhoziaistvennykh zivotnykh na genotoksichnost neutilizirovannykh i zapreshchennykh k ispolzovaniiu pestitsidov na territorii Almatinskoi oblasti [Guidelines for cytogenetic testing of farm animals for genotoxicity of unused and prohibited pesticides on the territory of the Almaty region]*. Almaty: Kazakh universiteti [in Russian].

Д.О. Мынбаева^{1*}, Б.Н. Усенбеков^{1,2}, А.К. Амирова^{1,2}, Ж.К. Жунусбаева¹

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: dana_1206@mail.ru

Пирикулярриоз риса и методы борьбы

Поражения риса, вызываемые *Magnaporthe grisea*, являются основной болезнью, наносящей ущерб почти во всех странах, выращивающих рис. Экономическая значимость риса огромная, для более половины населения мира рис служит как основной источник калорий. В годы эпифитотий пирикулярриоз может нанести разрушительное влияние на производство риса в мире. На данный момент этот патоген превратился в новаторскую модельную систему для исследования взаимодействия «хозяин-патоген». Вспышка заболевания зависит от климатических условий различных регионов. Возникновение болезни и симптомы варьируются от страны к стране. Восприимчивые сорта несут огромные потери урожая риса. Основной причиной нарушения устойчивости риса к пирикулярриозу является высокая способность патогена к изменчивости. Вирулентные патотипы вызывают тяжелую форму заболеваемости. При исследовании патогенности возбудителя можно определить патотипы, используя коллекцию различных сортов риса, которые обычно отличаются друг от друга, неся различные гены устойчивости. В настоящее время селекционерами мира широко практикуется полигенная (пирамидирование генов) устойчивость вместо традиционной моногенной. Выращивание сортов, полученных путем скрещивания устойчивых сортов с восприимчивыми, с использованием молекулярного контроля перехода генов на каждом этапе, может служить высокоэффективным методом борьбы с пирикулярриозом. Генетическая гетерогенность *M. grisea* должна учитываться при скрининге устойчивых к пирикулярриозу генотипов риса с помощью морфологического, фитопатологического анализов и молекулярной характеристики.

Ключевые слова: *Oryza sativa*, пирикулярриоз, *Magnaporthe grisea*, патоген, возбудитель, гены устойчивости, восприимчивость, злаки.

Введение

Рис (*Oryza sativa*) — злаковая культура, из семейства *Poaceae*, произрастающая в Азии. К основным регионам рисосеяния в мире относятся Восточная и Южная Азия. Китай (более 209 млн метрических тонн) является ведущим мировым производителем риса, за ним следуют Индия, Индонезия, Бангладеш, Вьетнам и остальные страны мира (ФАО, 2019). Рис является преобладающим основным продуктом питания в 17 странах Азии и обеспечивает 36 % от мирового диетического потребления калорий. В ближайшие годы ожидается резкое увеличение спроса на рис. Исследование, проведенное Исследовательским институтом продовольственной и сельскохозяйственной политики, показывает, что спрос на шлифованный рис составляет 496 млн т в 2020 г. Более того население Азии по-прежнему отличается огромной численностью, где наблюдается значительный показатель неудовлетворенности спроса на рис, несмотря на это, производство риса остается на низком уровне. Как известно, абиотические, так и биотические факторы отрицательно влияют на урожай и вызывают значительные потери урожая. К абиотическим факторам относятся засуха, холод, кислотность, засоление, а к биотическим — вредители, сорняки и болезни. Более 70 % заболеваний вызываются грибами, вирусами, бактериями и нематодами. Среди различных болезней риса пирикулярриоз является самым разрушительным заболеванием в мире. Во всем мире это приводит к потере урожая риса на 70–80 %. Повреждение грибом метелки приводит к частичной или полной потере полезных веществ в зернах риса [1]. Заболевание вызывает возбудитель *Magnaporthe grisea* (Anamorph *Pyricularia grisea* Sacc., синоним *Pyricularia oryzae* Cav.). Повреждение листьев и метелки указывает на то, что она вызывает повреждение как вегетативных, так и репродуктивных органов растений риса. В зависимости от местоположения и условий окружающей среды заболеваемость, а также тяжесть протекания пирикулярриоза риса ежегодно меняются. Рис выращивают обычно в теплых или прохладных субтропических регионах с высокой влажностью. Тропический влажный климат в Азии весьма благоприятен для эпидемий пирикулярриоза риса. Развитию пирикулярриоза способствует ряд факторов, таких как относительно высокая влажность (более 80 %), низкая температура (15–26°C), пасмурная погода, более

влажные или дождливые дни, более продолжительная продолжительность росы, слабое движение ветра, наличие побочных хозяев и чрезмерные дозы азотных удобрений [2, 3].

Поскольку патоген может сохраняться в различных отходах послеуборочной природы справиться с ним становится проблематично. Более того разнообразие вирулентности возбудителя пирикулярриоза затрудняет селекцию на устойчивость. Таким образом, в селекции риса на устойчивость к пирикулярриозу необходимо использовать контроль молекулярными методами.

По прогнозам ФАО (на момент 03.06.2022 г. опубликования последних данных <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/>), прогнозируется увеличение потребления злаковых культур, в том числе и риса. Потребление продуктов питания напрямую зависит от неуклонного роста численности населения Земли (табл. 1).

Таблица 1

Прогнозы ФАО по производству риса по всему миру на 2023 год

Годы	Производство, млн т	Отношение мировых запасов к использованию, %
2013/14	490,9	35,4
2014/15	490,5	35,5
2015/16	489,0	34,9
2016/17	497,1	34,9
2017/18	499,9	35,3
2018/19	508,2	37,2
2019/20	502,9	36,5
2020/21	517,0	36,7
2021/22	520,8	36,9
2022/23	519,5	36,4

Источник: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/>.

На данном этапе изучения и развития риса пирикулярриоз является основной и опасной болезнью риса во всех рисосеющих регионах мира. Поскольку рис занимает второе место среди злаковых культур (рис. 1), а также по потреблению калорий, для всех селекционеров мира изучение влияния данной болезни становится основной задачей.

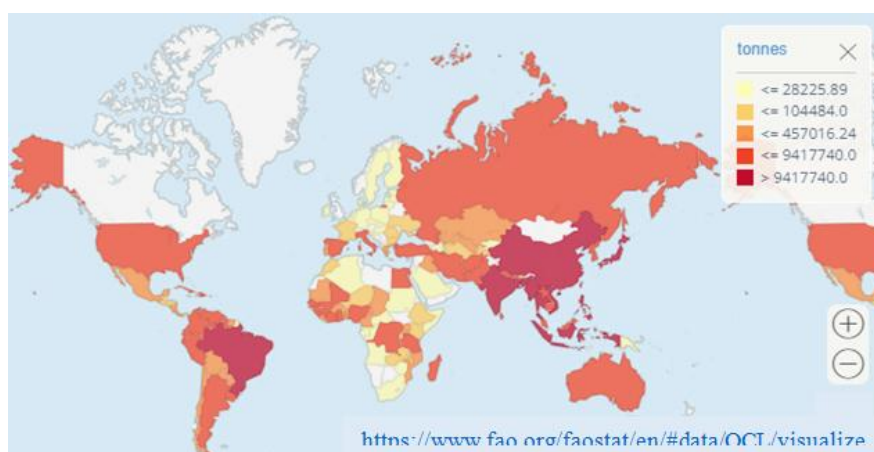


Рисунок 1. Объемы производства риса по всему миру (рисовые поля на долю стран)

Биология возбудителя и развития болезни

Возбудителем пирикулярриоза риса является гриб *Magnaporthe grisea*. Это нитчатые аскомицеты, способные размножаться как половым, так и бесполом путем. Половое размножение происходит, когда два штамма с противоположными типами спаривания встречаются, чтобы сформировать плодовую структуру, известную как перитеций, в которой образуются аскоспоры [4]. Бесполой жизненный цикл начинается, когда гифы гриба образуют структуры плодоношения и споры, создавая кони-

дии размером 20–22 мкм × 10–12 мкм, с 2 перегородками, полупрозрачные и слегка затемненные. В таблице 2 предоставлена более подробная характеристика возбудителя.

Т а б л и ц а 2

Морфологическая характеристика возбудителя пирикулярноза риса

Признаки патогена	Размер, форма, цвет	Литература
Внешний вид колонии	Диаметр от 68,40 до 83,50 мм	[5, 6]
	Колонии кольцеобразной формы с неровной поверхностью и мягкими краями, серовато-черного цвета	
	Средняя длина от 21,3 до 28,5 мкм и средняя ширина от 7,4 до 14,8 мкм	
Конидий	Грушевидная форма, узкий кончик, округлое основание, от прозрачного до светло-оливкового, 18–23 × 8–10 мкм	[6]
	15–32 мкм в длину и 6–9 мкм в ширину	
	Длина от 17,6 до 24,0 мкм и ширина от 8,0 до 9,6 мкм	
Хламидоспоры (геммы)	5–12 мкм в диаметре, толстостенные	

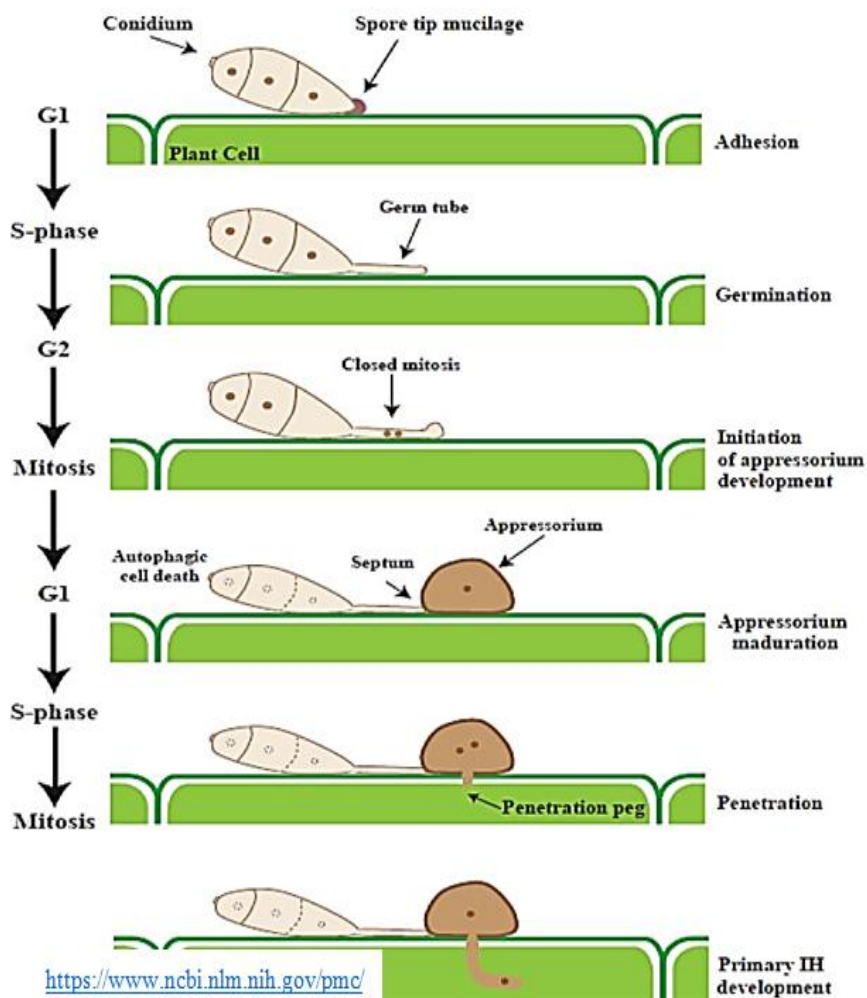


Рисунок 2. Схематическое изображение прогрессирувания клеточного цикла во время развития аппрессориума у гриба *M. grisea*

Гриб заражает растение спорами, прорастающими и образующими аппрессориум (специальная грибковая клетка, с помощью которой происходит заражение) на поверхностных участках растения, а затем распространяющимися гаусторией (питательная структура) в клетки растения. Во время попада-

ния спор на листья и другие ткани восприимчивого растения, они прорастают и развивают апрессорий, который проникает в растительную клетку, образуя колышек для проникновения. Давление в апрессории увеличивается, и структура взрывается, вызывая проникновение через клеточную стенку внутрь клетки [4–6]. Грибок разрастается межклеточными или внутриклеточными гифами внутри листа и образует различные поражения. Первоначальное заражение происходит на листьях обычно в период кущения и проявляется в виде ромбовидных, круглых или веретенообразных поражений с заостренными концами. Как только грибковые гифы закрепляются на растении-хозяине, начинается процесс споруляции и производства бесполок спор [7]. Возбудитель завершает свой жизненный цикл в течение одной недели. Каждая из фаз (спорообразование, высвобождение, прорастание и проникновение) играет важную роль во время эпифитотии и требует различных условий.

Фаза споруляции является первым шагом, способствующим развитию заражения пирикулярриозом листьев, поскольку она обеспечивает появление инокулята [7, 8]. Заражение растений риса происходит в основном между стадиями всходов и позднего кущения. Поражения начинаются с небольших пропитанных водой участков на молодых листьях и быстро увеличиваются во влажных теплых условиях до ромбовидной формы с сине-серым оттенком, которые являются спорами грибов (рис. 2). Однако в естественных условиях на спороношение большое влияние оказывают возраст урожая и размер поражения, а также сорт риса. В случае тяжелых или множественных инфекций поражения могут срастаться, покрывая большую часть листа [9].

Благоприятные условия для распространения болезни

Magnaporthe grisea особенно хорошо развивается во влажных теплых условиях, в длительные периоды росы (более 9 ч), усиливающиеся из-за тумана, тени или частых небольших дождей. Кроме того, для заражения требуется как минимум 8 ч влаги. Пасмурная погода, высокая относительная влажность (93–99 %), низкая ночная температура 15–20°C, большая продолжительность росы являются наиболее благоприятными условиями для возникновения пирикулярриоза. Питание растения также влияет на заражение патогеном, поскольку восприимчивость увеличивается с более высокими дозами азота, поскольку это способствует более активному вегетативному росту на ранней стадии и увеличивает тяжесть протекания пирикулярриоза. Также известно, что уровень азота вызывает увеличение толщины полога, что приводит к более высокому уровню влажности, но это явление наиболее опасно в горных или осушенных условиях. Гриб образует множество спор на стеблевидных структурах, называемых спорангиями, в присутствии благоприятной среды и восприимчивого хозяина и вызывает многочисленные новые инфекции на поле и соседних полях. Споры переносятся ветром и водой на большие расстояния. Иными условиями, благоприятствующими пирикулярриозу, являются песчаные почвы и поля, обсаженные деревьями [9]. Указаны случаи выявления отрицательной корреляции между содержанием калия в листьях риса в фазы всхода в трубку и цветения и развитием болезни. При внесении калийной подкормки на этой фазе увеличивается устойчивость растений к пирикулярриозу [10].

Кроме того, дренаж воды способствует образованию нитратов, что приводит к стрессу от засухи. Согласно Y. Kato с соавторами [11], рис более восприимчив к засухе, чем другие злаки, из-за его неспособности регулировать потерю транспирационной воды, слабость, которая может быть ускорена атакой риса пирикулярриозом. Напротив, посев в воду (посадка на очень влажную почву) рекомендуется, так как это уменьшит передачу болезни от семян к проросткам. Как сообщают Н.К. Manandhar с соавторами [12], управление водными ресурсами посредством затопления также рекомендуется для уменьшения площади поражения, в отличие от случаев нехватки воды.

Патоген может продолжать жить в растениях от одного посевного сезона к другому в тропиках или выживать в умеренной зоне на послеуборочных остатках больных растений [13]. Семена, как вторичные хозяева, также могут выступать в роли потенциального источника первичного инокулята. Возбудитель зимует в виде спор на зараженных растительных остатках. Весной грибок производит новые споры, которые повторно заражают рис. Споры разносятся ветром и каплями дождя и распространяются на большие расстояния.

Цикл болезни пирикулярриоза риса

R. Sasaki впервые сообщил о наличии штаммов *M. grisea* с дифференциальной патогенностью [14]. При инокуляции *M. grisea* на листьях риса наблюдалась переменная патогенность. Симптомы появляются на листьях сначала в виде точечных пятен, а затем расширяются, продолговатые некро-

тические пятна превращаются в узкие или слегка эллиптические поражения, длиной более 3 мм, с коричневым краем, окруженные мертвыми поверхностями пепельного цвета.

Согласно С.А. Мазурину с соавторами, различают три формы пирикулярриоза, такие как листовая, стеблевая и метельчатая формы [15]. При поражении *M. grisea* подвергаются разрушению почти все органы растений риса, это листья, стебли, шейку, узлы и метелки, на всех стадиях роста и развития из-за своей полициклической природы. При приземлении переносимых по воздуху конидии на растения риса, они прилипают к поверхности через липкую слизь, образующуюся во время гидратации из верхнего отдела кончика конидия [16, 17]. Конидии прорастают, когда на поверхности растения-хозяина присутствует достаточная влажность. Зародышевая трубка выходит из сужающегося конца конидии и разрастается по поверхности растения.

Апрессорий содержат подобные хитину и меланину молекулы в клеточной стенке хозяина, а присутствие глицерина повышает тургорное давление, что позволяет проникать в кутикулу и клеточную стенку растения риса, продуцируемого апрессориями [18]. Апрессорий проходят через устьица в растение риса. Гифы пирикулярриозных грибов проникают в ткани растений и в конечном итоге вызывают поражения. Инвазия и колонизация тканей растений обусловлена грибковыми гифами, которые вторгаются в плазматическую мембрану, а также в клетки эпидермиса. Специализированные питательные структуры или питательные гифы образуются во время ранней инвазии в ткани, чтобы помочь колонизировать ткани и получать питательные вещества из живых тканей растений. Гифы перемещаются в различные растительные клетки через плазмодесмы. Поражения проявляются в течение 3–4 дней после заражения [16, 17]. В условиях высокой влажности пирикулярриоз быстро образует споры и выделяет большое количество конидии. Конидии обычно передаются ветром или брызгами дождя на соседние растения риса, запуская новый цикл болезни [19]. Заболевание также может проявиться в виде коричневых ромбовидных поражений на семенах риса [20, 21]. Ниже в таблице 3 приведены симптомы пирикулярриоза риса.

Т а б л и ц а 3

Симптомы, вызываемые пирикулярриозом риса

Поражаемая часть растения	Симптомы пирикулярриоза	Литература
Листья	Очаги серо-зеленые, водянистые с зеленой каймой, бледного загара с некротическими каймами	[21]
	На молодых листьях фиолетовые пятна, веретенообразные образования с серым центром и от фиолетового до коричневого конца, на старых листьях коричневые пятна	
	Первичные поражения имеют цвет от белого до серо-зеленого с более темными краями, более старые поражения выглядят как бело-серые, окруженные красно-коричневым концом и имеют форму ромба	
Основание метелки	Шейка поражается инфекцией у основания метелки, и она начинает гнить	[22]
	Треугольные пурпурные поражения, расширяющиеся по обе стороны шейного узла, зараженные более молодые узлы создают белые метелки по цвету.	
	Поражения часто представляют собой серовато-коричневое обесцвечивание ветвей метелки, треугольные пурпурные поражения, сопровождающиеся расширением по обеим сторонам шейки. Метелки становятся белыми, когда молодые шейки заражены	

В настоящее время имеются достаточно исследований на патогенность возбудителя пирикулярриоза. Например, в исследовании, проделанном индонезийскими учеными совместно с филиппинскими и японскими научными институтами, описывается характер а также тип возбудителя, влияние на различные сорта риса с различными генами устойчивости, деление возбудителей на изоляты, создание единой тест-системы защиты от пирикулярриоза и т.д. Индонезия отличалась от других стран по реакции на пирикулярриоз. В других изученных до настоящего времени странах частоты встречаемости изолятов *M. grisea*, вирулентных к разновидностям возбудителя, варьировались, высокие значения обнаруживаются в конкретных рисовых экосистемах или регионах [22, 23].

Методы борьбы с пирикулярриозом

Разделяют несколько способов борьбы с пирикулярриозом, такие как управление питанием, химический метод, биологический метод.

Почва с высоким содержанием органического вещества и биологической активностью демонстрирует лучший статус плодородия, что предотвращает заражение [24]. Таким образом, управление питательными веществами играет важную роль в борьбе с пирикулярриозом риса. Регуляция доз питательных веществ как азот (N) и кремний (Si) влияют на заболеваемость и развитие заболеваний. Несколько исследований показали, что интенсивное использование азотных удобрений повышает восприимчивость растений риса к пирикулярриозу [25]. D.H. Long с соавторами показали, что применение азота в определенных дозах уменьшало чрезмерный вегетативный рост в начале сезона и тяжесть протекания пирикулярриоза. Кроме того, исследования воздействия азотных удобрений и их связи с пирикулярриозом также подтвердили необходимость обработки расщепленным азотом чувствительного сорта [26]. Также следует упомянуть, что увлажнение листа быстро увеличивает рост пирикулярриоза основания метелки [27].

Кремний широко известен как «полезный элемент» для растений. Исследования показывают, что внесение кремния в почву приводит к локализации на поверхности листьев, которые действуют как физический барьер против взрыва [28]. Накопление большого количества кремнезема на побегах риса приводит к меньшей заболеваемости пирикулярриозом. Эту теорию подтвердили ученые из Федерального университета Уберландии (Бразилия) [29]. Кроме того, применение кремния демонстрирует потенциал устойчивости к пирикулярриозу, но не увеличивает урожайность риса [30]. Кремний дорого обходится в применении против данной болезни, что является экономически невыгодным. Таким образом, кремний является одним из лучших средств управления питательными веществами в борьбе с устойчивостью к пирикулярриозу. Точно так же затопление рисового поля создает анаэробные условия, которые устраняют болезни, поскольку вода создает неблагоприятные условия для патогенов [31]. Среди злаков рис наиболее восприимчив и имеет низкую способность переносить потери воды при поражении пирикулярриозом риса.

Фермеры также используют химические пестициды в борьбе с пирикулярриозом. В результате проведенных экспериментов Н. Jamal с соавторами сделали вывод, что манкоцеб эффективен против пирикулярриоза при определенной концентрации [32]. Группа исследователей сообщила, что опрыскивание листьев изопропиололаном уменьшило заболеваемость [33]. При применении изопропиолана урожайность как зерна, так и соломы увеличилась по сравнению с другим контролем. Эксперимент, проведенный Р.В. Magar с соавторами в Читване, Непал, показал, что комбинация трициклазола и гексаконазола, при использовании на стадии фазы выхода в трубку с недельным интервалом продемонстрировала самый высокий контроль над болезнями (87,03 и 79,62 % при поражении листьев и основания метелки, соответственно) и самые высокие показатели урожайности (4,23 т/га) [34]. Необходимо отметить, что в борьбе с пирикулярриозом методы обращения к химическим веществам не являются ни практичными, ни экологически безопасными.

При биологическом методе борьбы отмечается роль некоторых биологических агентов, которые смогли подавить рост возбудителя болезни. Гриб *Trichoderma spp.* ингибировал рост мицелия пирикулярриозного гриба [35]. В исследовании, проведенном в Китае, было доказано, что эндофитный штамм *Bacillus tequilensis* под названием GYLH001, выделенный из Дягиля даурского (*Angelica dahurica*), обладает большим потенциалом в качестве биологической борьбы с пирикулярриозом риса [36]. Аналогично бактериям, выделенным из рисовой почвы, было обнаружено, что псевдомонада *EA105* наиболее эффективно подавляла рост *M. grisea*. Обнаружен эффект подавления роста *M. grisea* псевдомонадой *EA105* аналогично некоторым бактериям, выделенным из рисовой почвы [37]. По сравнению с другими методами биологический контроль оказывает минимальное пагубное воздействие на окружающую среду [38].

Наряду с традиционными методами борьбы с данной болезнью применяются современные методы Marker assisted selection (MAS). На сегодняшний день идентифицировано около 100 генов устойчивости к *Magnaporthe oryzae*, и многие из них были клонированы: *Pb-1, Pia, Pib, Pid-2, Pid-3, Pik, Pik-h / Pi-54, Pik-m, Pik-p, Pish, Pit, Pita, Piz-t, Pi-1, Pi-2, Piz-5, Pi-5, Pi-9, Pi-21, Pi-25, Pi-36, Pi-37, Pi-35, Pi-64, Pi-56, Pi-63* и *PiCO-39* [39–47]. Большинство генов устойчивости обеспечивает непоражаемость риса только к определенным расам патогена. При создании устойчивых сортов путем скрещивания восприимчивых с устойчивыми сортами проводится контроль переноса генов молекулярными

маркерами. Для идентификации определенных генов устойчивости используются микросателлитные маркеры. Определяются определенные локусы генов и тесно связанные с ними маркеры, например, для гена *Pi2* будут использованы RM 527 и SSR 140, для *Pi-1* — RM 224, для гена *Pi-33* — RM 72 и RM 310 [48]. Линии, проявившие устойчивость ко всем указанным расам и сохранившие высокие технологические качества зерна, проходят дальнейшие испытания на урожайность как перспективные сорта. Во все годы испытаний проводят полный технологический анализ зерна всех линий [49].

Как известно, большинство генов устойчивости к пирикулярриозу определяют непоражаемость растений ограниченным числом рас патогена. В этом случае используется метод интрогрессии нескольких генов (пирамидирование) в восприимчивые сорта. Также выбирают гены, детерминирующие устойчивость широкого спектра действия, такие как *Pi-1*, *Pi-2*, *Pi-33* [50].

В Казахстане рис возделывается в двух регионах: Кызылординской (70–80 тыс. га) и Алматинской областях (15–20 тыс. га). Согласно М. Койшибаеву пирикулярриоз впервые был выявлен в Кызылординской области в начале 1930-х гг., и 50–60 лет упоминаний о болезни не последовало. Затем в 1998 г. очаги заметили в 2–3 районах Кызылординской области. По данным территориальной инспекции МСХ РК пирикулярриоз был выявлен в 2006 г. на 30,3 % площади (12 тыс. га), характер распространения был очаговым. Так, в Сырдарьинском районе Кызылординской области массовый посев риса сорта «Маржан» был прекращен из-за неустойчивости сорта к пирикулярриозу. В связи с тем, что рис растет на затопленной водой земле, создается местный определенный микроклимат с высоким показателем влажности, что повышает шансы развития и распространения данной болезни. Так, в 2009 г. *Magnaporthe grisea* поразил 4,1 тыс. га, а в 2011 г. 1,6 тыс. га посевов [51].

В Научно-исследовательском институте проблем биологической безопасности КН МОН РК проводились исследования морфокультуральных особенностей роста возбудителя пирикулярриоза *Magnaporthe grisea*. Изучены влияние различных питательных сред на рост возбудителя и методы культивирования гриба в условиях *in vitro*. Показано, что состав питательной среды может оказывать как отрицательное, так и положительное влияние на ростовые характеристики гриба. В будущем знания в этой области могут быть использованы в селекции на устойчивость к пирикулярриозу, а именно при создании инфекционных фонов, для заражения растений требуется немалое количество инокулюма [52].

В связи с глобальным изменением климата и высокой изменчивостью вирулентности патогена исследование пирикулярриоза риса является актуальным, а также перспективным направлением, так как болезнь в стране может развиваться в любой посевной сезон. Также причиной вспышки болезни может служить завезенный из других стран посевной материал. В Казахстане нет отечественных сортов риса, которые могли бы проявить устойчивость одновременно к нескольким расам патогена.

В РГП «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МОН РК начаты исследования по созданию устойчивых к пирикулярриозу линий для селекции отечественных сортов риса в рамках проекта AP14869300 — «Повышение устойчивости риса к *Magnaporthe oryzae* с использованием маркер ассоциированной селекции (MAS)».

Список литературы

- 1 FAO Cereal Supply and Demand Brief [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/>
- 2 Barnwal M.K. Field evaluation of rice genotypes for resistance and new fungicides for control of blast (*Pyricularia oryzae*) / M.K. Barnwal, V.K. Singh, R.B. Sharma, B.N. Singh // Ind. Phytopathol. — 2012. — Vol. 65(1). — P. 56–59.
- 3 Chen H.L. Pathotypes of *Magnaporthe oryzae* in rice fields of central and southern China / H.L. Chen, B.T. Chen, D.P. Zhang, Y.F. Xie, Q. Zhang // Plant Disease. — 2001. — Vol. 85 — P. 843–850.
- 4 Dean R.A. The genome sequence of the rice blast fungus *Magnaporthe grisea* / R.A. Dean, N.J. Talbot, D.J. Ebbole et al. // Nature. — 2005. — Vol. 434. — P. 980–986.
- 5 Srivastava D. Morphological and molecular characterization of *Pyricularia oryzae* causing blast disease in rice (*Oryza sativa*) from North India / D. Srivastava, M.D. Shamim, D. Kumar, P. Pandey, N.A. Khan, S.N. Singh // Int. J. Sci. and Res. Publications. — 2014. — Vol. 4 (7). — P. 2250–3153.
- 6 Gashaw G. Morphological, physiological and biochemical studies on *Pyricularia grisea* isolates causing blast disease on finger millet in Ethiopia / G. Gashaw, T. Alemu, K. Tesfaye // J. App. Biosci. — 2014. — Vol. 74. — P. 6059–6071.
- 7 Kim C.K. Blast management in high input, high yield potential, temperate rice ecosystems / C.K. Kim, R.S. Zeigler // Rice Blast Disease. — CAB International, Wallingford, 1994. — P. 120–131.

- 8 Webster R.K. Rice blast / R.K. Webster, P.S. Gunnell // Compendium of rice Diseases. — American phytopathological Society, StPaul MN, 1992. — P. 14–17.
- 9 Management of Rice Blast. Agropedia. — 2019. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://agropedia.iitk.ac.in/content/management-rice-blast>
- 10 Зеленский Г.Л. Рис: от растения до диетического продукта / Г.Л. Зеленский, О.В. Зеленская. — Кубань: Кубан. гос. аграр. ун-т им. И.Т. Трубилина, 2022. — 87 с.
- 11 Kato Y. Enhancing grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) under upland conditions in Japan / Y. Kato, H. Satoshi, K. Akiniko, J. Abe, K. Urasaki, J. Yamagishi // 4th International Crop Science Congress. — Brisbane, Australia, 2014. — P. 137.
- 12 Manandhar H.K. Seedborn infection of rice by *Pyricularia oryzae* and its transmission to seedlings / H.K. Manandhar, J. Lyngs, V. Simegaardperterson, S.B. Marthur // Plant Disease. — 1998. — Vol. 82. — P. 1093–1099.
- 13 Lee F.N. Rice breeding programs, blast epidemics and blast management in the United States / F.N. Lee, R.S. Zeigler, S. Leong, P.S. Teng. — CAB International, Wallingford, UK. In: Rice Blast Disease, 1994. — P. 489–500.
- 14 Sasaki R. Existence of strains in rice blast fungus / R. Sasaki // J. Plant. Protect. Tokyo. — 1992. — Vol. 9. — P. 631–634.
- 15 Мазурин С.А. Рисоводство / С.А. Мазурин, В.Н. Чирков, Х.У. Урманова, С.А. Мазурин, У. Мулладжанов, М.Т. Когай, К.И. Коновалов, П.А. Пулина, М.П. Сборщикова, И.А. Сомов. — Ташкент, 1981. — С. 180, 181.
- 16 Agrios G.N. Plant pathology. — Elsevier Academic Press, 2006. — P. 398–400.
- 17 Wilson R.A. Under pressure: Investigating the biology of plant infection by *Magnaporthe oryzae* / R.A. Wilson, N.J. Talbot // Nature Review Microbiol. — 2009. — Vol. 7 (3). — P. 185–95.
- 18 De Jong J.C. Glycerol generates turgor in rice blast / J.C. De Jong, B.J. McCormack, N. Smirnov, N.J. Talbot // Nature. — 1997. — Vol. 389. — P. 471–483.
- 19 Bonman J.M. Durable resistance to rice blast disease—environmental influences / J.M. Bonman // Euphytica. — 1992. — Vol. 63(1–2). — P. 115–123.
- 20 Tasfia M. Climate changing / M. Tasfia // Sc Thesis. — Dhaka, Bangladesh, 2017. — 151 p.
- 21 Ramesh S.B. Studies on management of rice blast through host plant resistance and fungicides / S.B. Ramesh // M.Sc. Thesis. — Hyderabad, India, 2015. — 65 p.
- 22 Hajimo K. Rice Blast Disease / K. Hajimo // Pesticide Outlook. — 2001. — Issue 1. — P. 23–25.
- 23 Kadeawi S. Pathogenicity of isolates of the rice blast pathogen (*Pyricularia oryzae*) from Indonesia / S. Kadeawi, A. Swaruno Nasution, A. Hairmansis et al. // Plant Disease. — 2021. — Vol. 105(3). — P. 675–683.
- 24 Luong M.C. Impacts of nutrition management on insects pests and disease of Rice / M.C. Luong, D. Hoang, T. Phan, C. Jiaan, K.L. Heong // Omon rice. — 2003. — Vol. 11. — P. 93–102.
- 25 Kingsolver C.H. Rice blast epidemiology / C.H. Kingsolver, T.H. Barksdale, M.A. Marchetti // Bulletin of the Pennsylvania Agricultural Experimental Station, 1984. — Vol. 853. — P. 29.
- 26 Long D.H. Effect of nitrogen fertilization on disease progress of rice blast on susceptible and resistant cultivars / D.H. Long, F.N. Lee, D.O. Tebeest // Plant Disease. — 2000. — Vol. 84. — P. 403–409.
- 27 Sere Y. Importance of varietal improvement for blast disease control in Africa: JIRCAS / Y. Sere, A.A. Sy, M. Sie, A. Onasanya, S.K. Akator, B. Kabore. — Tsukuba, Japan: International Research Center for Agriculture Sciences, 2011. — P. 77–90.
- 28 Ishiguro K. Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice blast / K. Ishiguro // Studies in Plant science. — 2001. — Vol. 8. — P. 277–291.
- 29 Guilherme B.B. Potassium Silicate as Foliar spray and Rice Blast Control / B.B. Guilherme, H.K. Gaspar, N. Antonio, C. Lisias // Journal of Plant Nutrition. — 2008. — Vol. 31 (2). — P. 231–237.
- 30 Siregar A.F. Influence of water management and silica application on rice growth and productivity in central Java, Indonesia / A.F. Siregar, I.A. Sipahutar, H. Husnai, H. Wibowo, K. Sato, T. Wakatsuki // J Agric Sci. — 2016. — Vol. 8. — P. 86–96.
- 31 Koutroubas K.S. Blast disease influence on agronomic and quality traits of rice varieties under Mediterranean conditions / K.S. Koutroubas, D. Ntanos, E. Lupotto // Turk. J. Agric. — 2009. — Vol. 33. — P. 487–494.
- 32 Jamal-u-Ddin H. In-vitro evaluation of fungicides, plant extracts and bio-control agents against rice blast pathogen *Magnaporthe oryzae* / H. Jamal-u-Ddin, A.M. Lodhi, M.A. Pathan, M.A. Khanzada, G.S. Shah // Pakistan Journal of Botany. — 2012. — Vol. 44 (5). — P. 1775–1778.
- 33 Varma C. Management of rice blast through new fungicidal formulations / C. Varma, P. Santhakumari // Indian Phytopathol. — 2012. — Vol. 65 (1). — P. 87–88.
- 34 Magar P.B. Use of chemicals for the management of rice blast (*Pyricularia grisea*) disease at Jyotinagar, Chitwan, Nepal / P.B. Magar, B. Acharya, B. Pandey // International Journal of Applied Science and Biotechnology. — 2015. — Vol. 3 (3). — P. 474–478.
- 35 Quazzani T.A. In vitro effect of pH and temperature on the ability of *Trichoderma* spp. to reduce the growth of *Pyricularia oryzae* / T.A. Quazzani, A. Mouria, A. Douira, R. Benkirane, A. Mlaiki, M. El-Yachioui // J. CAB. Direct. — 1998. — Vol. 96. — P. 19–24.
- 36 Li H. Isolation and evaluation of endophytic *Bacillus tequilensis* GYLH001 with potential application for biological control of *Magnaporthe oryzae* / H. Li, Y. Gua, Y. Dong, L. Zhao, S. Rong, W. Che // PLoS ONE. — 2018. — Vol. 13 (10). — P. 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203505>

- 37 Spence C. Natural rice rhizospheric microbes suppress rice blast infections / C. Spence, E. Alff, C. Johnson, C. Ramos, N. Donofrio, V. Sundaresan // BMC Plant Biology. — 2014. — Vol. 14 (130).
- 38 Hyakumachi M. Recent studies on biological control of plant diseases in Japan / M. Hyakumachi, H. Takahashi, Y. Matsubara, N. Someya, M. Shimizu, K. Kobayashi // Journal of General Plant Pathology. — 2014. — Vol. 80 (4). — P. 287–302.
- 39 Miah G. Marker-assisted introgression of broad-spectrum blast resistance genes into the cultivated MR219 rice variety / G. Miah, M.Y. Rafii, M.R. Ismail, A.B. Puteh, H.A. Rahim, M.A. Latif // J. Sci. Food Agric. — 2017. — Vol. 97. — P. 2810–2818.
- 40 Jiang H. Development and evaluation of improved lines with broad-spectrum resistance to rice blast using nine resistance genes / H. Jiang, Z. Li, J. Liu, Z. Shen, G. Gao, Q. Zhang // Rice. — 2019. — Vol. 12(1). — P. 29. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0292-z>
- 41 Jain P. Deciphering signaling network in broad spectrum near isogenic lines of rice resistant to *Magnaporthe oryzae* / P. Jain, H. Dubey, P.K. Singh, A.U. Solanke, A.K. Singh, T.R. Sharma // Sci. Rep. — 2019. — Vol. 9 (1). — P. 16939. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50990-8>
- 42 Wu Y. Comprehensive evaluation of resistance effects of pyramiding lines with different broad-spectrum resistance genes against *Magnaporthe oryzae* in rice (*Oryza sativa* L.) / Y. Wu, N. Xiao, Y. Chen, L. Yu, C. Pan, Y. Li, X. Zhang, N. Huang, H. Ji, Z. Dai, X. Chen, A. Li // Rice. — 2019. — Vol. 12 (1). — P. 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0264-3>
- 43 Yang D. Improving rice blast resistance of Feng39S through molecular marker-assisted backcrossing / D. Yang, J. Tang, D. Yang, Y. Chen, J. Ali, T. Mou // Rice. — 2019. — Vol. 12(1). — P. 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0329-3>
- 44 Wang L. Large-scale identification and functional analysis of NLR genes in blast resistance in the Tetep rice genome sequence / L. Wang, L. Zhao, X. Zhang, Q. Zhang, Y. Jia, G. Wang, S. Li, D. Tian, W.H. Li, S. Yang // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2019. — Vol. 116. — P. 18479–18487. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910229116>
- 45 Ramalingam J. Improvement of stable restorer lines for blast resistance through functional marker in rice (*Oryza sativa* L.) / J. Ramalingam, S. Palanisamy, G. Alagarasan, V.G. Renganathan, A. Ramanathan, R. Saraswathi // Genes. — 2020. — Vol. 11. — P. 1266. <https://doi.org/10.3390/genes11111266>
- 46 Peng M. Characterization and evaluation of transgenic rice pyramided with the Pi Genes Pib, Pi25 and Pi54 / M. Peng, X. Lin, X. Xiang, H. Ren, X. Fan, K. Chen // Rice. — 2021. — Vol. 14(1). — P. 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12284-021-00512-w>
- 47 Devanna N.B. The blast resistance gene Pi54of cloned from *Oryza officinalis* interacts with Avr-Pi54 through its novel non-LRR domains / N.B. Devanna, J. Vijayan, T.R. Sharma // PLoS One. — 2014. — Vol. 9(8). — P. 104–140.
- 48 Kumar K.G. Marker Assisted Backcross Gene Introgression of Major Genes for Blast Resistance in Rice / K.G. Kumar, Sh. Hittalmani, S. Shashidharhe // Advances in Rice Blast Research. — 2000. — P. 43–53.
- 49 Jodon N.E. Two new rice varieties developed at Crowley Station / N.E. Jodon, A.E. Sonnier, W.O. McIlarath // LA Agr. — 1971. — Vol. 14(3). — P. 4–5.
- 50 Мухина Ж.М. Использование ДНК-маркеров для изучения разнообразия растительных ресурсов / Ж.М. Мухина. — Краснодар: Просвещение–Юг, 2008. — С. 48, 49.
- 51 Койшыбаев М. Болезни риса в Казахстане / М. Койшыбаев // Защита и карантин растений. — 2013. — № 12. — С. 34–36.
- 52 Рсалиев А.С. Морфолого-культуральные особенности роста гриба *Pyricularia oryzae* на агаризованных питательных средах / А.С. Рсалиев, Н.Т. Амирханова, Ж.У. Пахратдинова, Г.Ш. Ыскакова // Новости науки Казахстана. — 2015. — № 3. — С. 97–110.

Д.О. Мынбаева, Б.Н. Усенбеков, А.К. Амирова, Ж.К. Жунусбаева

Күріш пирикулярриозы және күресу әдістері

Magnaporthe grisea саңырауқұлағы тудыратын зақымданулар күріш өсіретін барлық елдерде кездесетін негізгі ауру болып табылады. Әлем экономикасында күріштің алатын орны маңызды және жер шары халқының жартысынан астамы үшін күріш негізгі калория көзі. Жылдар бойы эпифитотия пирикулярриозы егіс алқаптарына кері әсерін тигізіп, өнімділіктің азаюына алып келді. Қазіргі таңда бұл патоген-иесімен патогеннің өзара әрекеттесуін зерттеуге арналған жаңашылдық модульдік жүйеге айналды. Аурудың пайда болуы түрлі аймақтардағы ауа-райы және климат жағдайларына тікелей байланысты. Әр елде аурудың пайда болуы мен белгілері әртүрлі. Ауруға сезімталдылық танытатын күріш сорттары жиналатын егіннің айтарлықтай шығынға ұшырауына алып келеді. Күріштің пирикулярриозға төзімділігінің бұзылуының негізгі себебі қоздырғыштың өзгергіштік қабілетінің жоғарылауы болып табылады. Вирулентті патотиптер аурудың ауыр формасын тудырады. Патогенділікті зерттеу барысында, әртүрлі төзімділік гендерін тасымалдайтын және бір-бірінен морфо-физиологиялық сипаттамалары бойынша ерекшеленетін коллекциялық күріш сорттарын пайдаланып қоздырғыш патотиптерін анықтауға болады. Ауруға қарсы төзімділікті зерттеуде, әлем селекционерлері арасында дәстүрлі моногенді емес полигенді (бірнеше генді тасымалдау) төзімділік селекциясы танымал. Әр кезеңде гендер тасымалдануын молекулалық маркерлермен бақылау әдісін қолдана отырып, төзімді сорттарды ауруға сезімтал сорттармен будандастырудан алынған сорттарды өсіру пирикулярриозбен күресудің тиімді әдісіне айналуы мүмкін. Пирикулярриозға төзімділікті

анықтау бойынша күріш генотиптеріне скрининг жүргізу кезінде морфологиялық, фитопатологиялық және молекулалық талдаулар көмегімен *M. Grisea*-ның генетикалық гетерогенділігі ескерілу керек.

Кілт сөздер: *Oryza sativa*, пирикулярриоз, *Magnaporthe grisea*, патоген, қоздырғыш, орнықтылық гендері, сезімталдық, дәнді дақылдар.

D.O. Mynbayeva, B.N. Usenbekov, A.K. Amirova, Zh.K. Zhunusbayeva

Rice blast and control methods

Rice infections caused by *Magnaporthe grisea* are a major disease that wreaks havoc in almost all rice-growing countries. The economic importance of rice is huge, for more than half of the world's population, rice serves as the main source of calories. During epiphytotic years, blast can have a devastating effect on world rice production. Nowadays, this pathogen has evolved into an innovative model system for investigating host-pathogen interactions. The outbreak of the disease depends on the climatic conditions of different regions. The occurrence of the disease and symptoms vary from country to country. Susceptible varieties suffer huge losses in the rice crop. The main reason for the violation of rice resistance to blast is the high ability of the pathogen to variability. Virulent pathotypes cause severe morbidity. When examining the pathogenicity of the pathogen, pathotypes can be determined using a collection of different varieties of rice, which usually differ from each other, carrying different resistance genes. At present, the world's breeders widely practice polygenic (gene pyramiding) resistance instead of the traditional monogenic one. Cultivation of varieties obtained by crossing resistant varieties with susceptible ones using molecular control of gene transfer at each stage, which can serve as a highly effective method for combating blast. The genetic heterogeneity of *M. grisea* should be considered when screening for blast-resistant rice genotypes using morphological, phytopathological and molecular characterization analyses.

Keywords: *Oryza sativa*, pyriculariosis, *Magnaporthe grisea*, pathogen, resistance genes, susceptibility, cereals.

References

- 1 FAO Cereal Supply and Demand Brief. Retrieved from <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/> [in Russian].
- 2 Barnwal, M.K., Singh, V.K., Sharma, R.B. & Singh, B.N. (2012). Field evaluation of rice genotypes for resistance and new fungicides for control of blast (*Pyricularia oryzae*). *Ind. Phytopathol*, 65(1); 56–59.
- 3 Chen, H.L., Chen, B.T., Zhang, D.P., Xie, Y.F. & Zhang, Q. (2001). Pathotypes of *Magnaporthe oryzae* in rice fields of central and southern China. *Plant Disease*, 85; 843–850.
- 4 Dean, R.A., Talbot, N.J., Ebbole, D.J. et al. (2005). The genome sequence of the rice blast fungus *Magnaporthe grisea*. *Nature*, 434; 980–986.
- 5 Srivastava, D., Shamim, M.D., Kumar, D., Pandey, P., Khan, N.A. & Singh, S.N. (2014). Morphological and molecular characterization of *Pyricularia oryzae* causing blast disease in rice (*Oryza sativa*) from North India. *Int. J. Sci. and Res. Publications*, 4 (7); 2250–3153.
- 6 Gashaw, G., Alemu, T. & Tesfaye, K. (2014). Morphological, physiological and biochemical studies on *Pyricularia grisea* isolates causing blast disease on finger millet in Ethiopia. *J. App. Biosci.*, 74; 6059–6071.
- 7 Kim, C.K. & Zeigler, R.S. (1994). Blast management in high input, high yield potential, temperate rice ecosystems. *Rice Blast Disease*. CAB International, Wallingford, 120–131.
- 8 Webster, R.K. & Gunnell, P.S. (1992). Rice blast. *Compendium of rice Diseases*. American phytopathological Society, StPaul MN, 14–17.
- 9 Management of Rice Blast. Agropedia (2019). Retrieved from <http://agropedia.iitk.ac.in/content/management-rice-blast>
- 10 Zelenskii, G.L. & Zelenskaia, O.V. (2022). *Ris: ot rasteniia do dieticheskogo produkta [Rice: from plant until dietary product]*. Kuban: Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I.T. Trubilina [in Russian].
- 11 Kato, Y., Satoshi, H., Akiniko, K., Abe, J., Urasaki, K. & Yamagishi, J. (2014). Enhancing grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) under upland conditions in Japan. *4th International Crop Science Congress*. Brisbane, Australia, 137.
- 12 Manandhar, H.K., Lyngs, J., Simegaardperterson, V. & Marthur, S.B. (1998). Seedborn infection of rice by *Pyricularia oryzae* and its transmission to seedlings. *Plant Disease*, 82; 1093–1099.
- 13 Lee, F.N., Zeigler, R.S., Leong, S. & Teng, P.S. (1994). *Rice breeding programs, blast epidemics and blast management in the United States*. CAB International, Wallingford, UK. In: Rice Blast Disease, 489–500.
- 14 Sasaki, R. (1992). Existence of strains in rice blast fungus. *J. Plant. Protect. Tokyo*, 9; 631–634.
- 15 Mazurin, S.A., Chirkov, V.N., Urmanova, Kh.U., Mazurin, S.A., Mulladzhанov, U., Kogai, M.T., Konovalov, K.I., Pulina, P.A., Sborshchikova, M.P. & Somov, I.A. (1981). *Risovodstvo [Rice growing]*. Tashkent, 180, 181 [in Russian].

- 16 Agrios, G.N. (2006). *Plant pathology*. Elsevier Academic Press, 398–400.
- 17 Wilson, R.A. & Talbot, N.J. (2009). Under pressure: Investigating the biology of plant infection by *Magnaporthe oryzae*. *Nature Review Microbiol*, 7 (3); 185–95.
- 18 De Jong, J.C., McCormack, B.J., Smirnoff, N. & Talbot, N.J. (1997). Glycerol generates turgor in rice blast. *Nature*, 389; 471–483.
- 19 Bonman, J.M. (1992). Durable resistance to rice blast disease—environmental influences. *Euphytica*, 63(1–2); 115–123.
- 20 Tasfia, M. (2017). *Climate changing. Sc Thesis*. Dhaka, Bangladesh.
- 21 Ramesh, S.B. (2015). *Studies on management of rice blast through host plant resistance and fungicides. M.Sc. Thesis*. Hyderabad, India.
- 22 Hajimo, K. (2001). Rice Blast Disease. *Pesticide Outlook*, 1; 23–25.
- 23 Kadeawi, S., Swaruno Nasution, A., Hairmansis, A. et al. (2021). Pathogenicity of isolates of the rice blast pathogen (*Pyricularia oryzae*) from Indonesia. *Plant Disease*, 105(3); 675–683.
- 24 Luong, M.C., Hoang, D., Phan, T., Jiaan, C. & Heong, K.L. (2003). Impacts of nutrition management on insects pests and disease of Rice. *Omon rice*, 11; 93–102.
- 25 Kingsolver, C.H., Barksdale, T.H. & Marchetti, M.A. (1984). Rice blast epidemiology. *Bulletin of the Pennsylvania Agricultural Experimental Station*, 853; 29.
- 26 Long, D.H., Lee, F.N. & Tebeest, D.O. (2000). Effect of nitrogen fertilization on disease progress of rice blast on susceptible and resistant cultivars. *Plant Disease*, 84; 403–409.
- 27 Sere, Y., Sy, A.A., Sie, M., Onasanya, A., Akator, S.K. & Kabore, B. (2011). *Importance of varietal improvement for blast disease control in Africa: JIRCAS. Tsukuba*, Japan: International Research Center for Agriculture Sciences, 77–90.
- 28 Ishiguro, K. (2001). Review of research in Japan on the roles of silicon in conferring resistance against rice blast. *Studies in Plant science*, 8; 277–291.
- 29 Guilherme, B.B., Gaspar, H.K., Antonio, N. & Lisias, C. (2008). Potassium Silicate as Foliar spray and Rice Blast Control. *Journal of Plant Nutrition*, 31 (2); 231–237.
- 30 Siregar, A.F., Sipahutar, I.A., Husnai, H., Wibowo, H., Sato, K. & Wakatsuki, T. (2016). Influence of water management and silica application on rice growth and productivity in central Java, Indonesia. *J Agric Sci*, 8; 86–96.
- 31 Koutroubas, K.S., Ntanos, D. & Lupotto, E. (2009). Blast disease influence on agronomic and quality traits of rice varieties under Mediterranean conditions. *Turk. J. Agric.*, 33; 487–494.
- 32 Jamal-u-Ddin, H., Lodhi, A.M., Pathan, M.A., Khanzada, M.A. & Shah, G.S. (2012). In-vitro evaluation of fungicides, plant extracts and bio-control agents against rice blast pathogen *Magnaporthe oryzae*. *Pakistan Journal of Botany*, 44 (5); 1775–1778.
- 33 Varma, C. & Santhakumari, P. (2012). Management of rice blast through new fungicidal formulations. *Indian Phytopathol.*, 65 (1); 87–88.
- 34 Magar, P.B., Acharya, B. & Pandey, B. (2015). Use of chemicals for the management of rice blast (*Pyricularia grisea*) disease at Jyotinagar, Chitwan, Nepal. *International Journal of Applied Science and Biotechnology*, 3 (3); 474–478.
- 35 Quazzani, T.A., Mouria, A., Douira, A., Benkirane, R., Mlaiki, A. & El-Yachioui, M. (1998). In vitro effect of pH and temperature on the ability of *Trichoderma* spp. to reduce the growth of *Pyricularia oryzae*. *J. CAB. Direct.*, 96; 19–24.
- 36 Li, H., Gua, Y., Dong, Y., Zhao, L., Rong, S. & Che, W. (2018). Isolation and evaluation of endophytic *Bacillus tequilensis* GYLH001 with potential application for biological control of *Magnaporthe oryzae*. *PLoS ONE*, 13 (10); 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203505>
- 37 Spence, C., Alff, E., Johnson, C., Ramos, C., Donofrio, N. & Sundaresan, V. (2014). Natural rice rhizospheric microbes suppress rice blast infections. *BMC Plant Biology*, 14 (130).
- 38 Hyakumachi, M., Takahashi, H., Matsubara, Y., Someya, N., Shimizu, M. & Kobayashi, K. (2014). Recent studies on biological control of plant diseases in Japan. *Journal of General Plant Pathology*, 80 (4); 287–302.
- 39 Miah, G., Rafii, M.Y., Ismail, M.R., Puteh, A.B., Rahim, H.A. & Latif, M.A. (2017). Marker-assisted introgression of broad-spectrum blast resistance genes into the cultivated MR219 rice variety. *J. Sci. Food Agric.*, 97; 2810–2818.
- 40 Jiang, H., Li, Z., Liu, J., Shen, Z., Gao, G. & Zhang, Q. (2019). Development and evaluation of improved lines with broad-spectrum resistance to rice blast using nine resistance genes. *Rice*, 12(1); 29. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0292-z>
- 41 Jain, P., Dubey, H., Singh, P.K., Solanke, A.U., Singh, A.K. & Sharma, T.R. (2019). Deciphering signaling network in broad spectrum near isogenic lines of rice resistant to *Magnaporthe oryzae*. *Sci. Rep.*, 9 (1); 16939. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50990-8>
- 42 Wu, Y., Xiao, N., Chen, Y., Yu, L., Pan, C., Li, Y., Zhang, X., Huang, N., Ji, H., Dai, Z., Chen, X. & Li, A. (2019). Comprehensive evaluation of resistance effects of pyramiding lines with different broad-spectrum resistance genes against *Magnaporthe oryzae* in rice (*Oryza sativa* L.). *Rice*, 12(1); 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0264-3>
- 43 Yang, D., Tang, J., Yang, D., Chen, Y., Ali, J. & Mou, T. (2019). Improving rice blast resistance of Feng39S through molecular marker-assisted backcrossing. *Rice*, 12(1); 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0329-3>
- 44 Wang, L., Zhao, L., Zhang, X., Zhang, Q., Jia, Y., Wang, G., Li, S., Tian, D., Li, W.H. & Yang, S. (2019). Large-scale identification and functional analysis of NLR genes in blast resistance in the Tetep rice genome sequence. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 116; 18479–18487. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910229116>

- 45 Ramalingam, J., Palanisamy, S., Alagarasan, G., Renganathan, V.G., Ramanathan, A. & Saraswathi, R. (2020). Improvement of stable restorer lines for blast resistance through functional marker in rice (*Oryza sativa* L.). *Genes*, 11; 1266. <https://doi.org/10.3390/genes11111266>
- 46 Peng, M., Lin, X., Xiang, X., Ren, H., Fan, X. & Chen, K. (2021). Characterization and evaluation of transgenic rice pyramided with the Pi Genes Pib, Pi25 and Pi54. *Rice*, 14(1); 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12284-021-00512-w>
- 47 Devanna, N.B., Vijayan, J. & Sharma, T.R. (2014). The blast resistance gene Pi54 of cloned from *Oryza officinalis* interacts with Avr-Pi54 through its novel non-LRR domains. *PLoS One*, 9(8); 104–140.
- 48 Kumar, K.G., Hittalmani, Sh. & Shashidharhe, S. (2000). Marker Assisted Backcross Gene Introgression of Major Genes for Blast Resistance in Rice. *Advances in Rice Blast Research*, 43–53.
- 49 Jodon, N.E., Sonnier, A.E. & McIlrath, W.O. (1971). Two new rice varieties developed at Crowley Station. *LA Agr.*, 14(3); 4–5.
- 50 Mukhina, Zh.M. (2008). *Ispolzovanie DNK-markerov dlia izucheniia raznoobrazii rastitelnykh resursov [Use of DNA markers to study diversity of plant resources]*. Krasnodar: Prosveshchenie–Yug, 48, 49 [in Russian].
- 51 Koishybaev, M. (2013). Bolezni risa v Kazakhstane [Rice diseases in Kazakhstan]. *Zashchita i karantin rastenii — Plant Protection and Quarantine*, 12; 34–36 [in Russian].
- 52 Rsaliev, A.S., Amirkhanova, N.T., Pakhratdinova, Zh.U. & Yskakova, G.Sh. (2015). Morfologo-kulturalnye osobennosti rosta griba *Pyricularia oryzae* na agarizovannykh pitatelnykh sredakh [Morphological and cultural features of the growth of the fungus *Pyricularia oryzae* on agarized nutrient media]. *Novosti nauki Kazakhstana — News of Science of Kazakhstan*, 3; 97–110 [in Russian].

А.Б. Мырзабаев¹, А.И. Аманжолов^{1*}, Д.Л. Голованов², М.Т. Бодеев¹, Я. Урбаняк³

¹Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қазақстан;

²М.В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей;

³Жаратылыстану және қоршаған орта университеті, Вроцлав, Польша

*Хат-хабарларға арналған автор: aidyn_1988kz@mail.ru

«Қарқаралы» Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің топырақ түзілу факторлары және үдерістері

Мақалада «Қарқаралы» Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің (МҰТП) топырақ түзілу факторлары және үдерістеріне талдау бойынша жүргізілген жұмыстар нәтижелері берілген. Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің топырақ жамылғысының зерттелген аймағында олардың негізгі екі фактордан — тік зональдылық және аймақтың геологиялық ерекшеліктеріне байланысты әсерінен дамидыны байқалды. Аудан топырағы гранит, диорит және метаморфтық тығыз жыныстардан құралған. Барлық ежелгі жыныстар қуаттылығы әр түрлі төрттік шөгінділерімен жабылған. Атқарылған жұмыстар бақылау нүктелеріне маршруттар және зерттеу бағдарламасын құрастырудан басталған. Осыдан соң бақылау нүктелерін зерделеу; топырақ кесінділерін жасау — топырақтың морфологиялық қасиетін сипаттау, горизонттар бойынша топырақ үлгілерін алу жұмыстары орындалды. Жүргізілген далалық жұмыстар орманды, таулы-орманды және далалық ландшафттарда өтті. Осы жерлердегі сынамалық нүктелердің топырақ кесінділері бойынша олардың түсі Манселл шкаласы бойынша айқындалды. Топырақтың ылғалдылығы мен гранулометриялық құрамы және хлорлы сутектегі кайнауы анықталды.

Кілт сөздер: Мемлекеттік ұлттық табиғи паркі, топырақ омыртқасыздары, биологиялық, физикалық, химиялық үгілу, таулы-орманды, далалық аймақ, топырақ кескіні қабаттары, өсімдіктер бірлестігі.

Kipicne

Дала топырағының негізгі «пайдалы қазбасы» — қарашірік. Қарашірік — қоректік элементтердің қоры, ол өсімдіктер мен олардың гетеротрофтарын жойылып кетуден құтқарады. Қарашіріктің мольнан түзілуі шөптесін өсімдіктердің ерекше қырларына байланысты.

Академик В.И. Вернадскийдің айтуы бойынша, «жер бетінде өзінен кейінгі құдіретті ықпалы жағынан алғанда тірі организмдерден басқа тұрақты әсер жасайтын химиялық күш жоқ» [1]. Топырақ түзілуінің ең басты факторы, тау жыныстарына тірі организмдердің қоныстануынан басталады. Осы үдеріс Жер эволюциясының бастапқы кезеңдері, яғни палеозой эрасының соңы мен мезозой эрасының басынан бастау алған. Топырақтың құралуына оның құрамында болатын өсімдіктер мен олардың тамырлары және шірігіне органикалық қалдықтары, бетіндегі жәндіктер мен жануарлар үлкен әсер етеді. Оны құрайтын қарашірік, мыңдаған ұсақ организмдер мен жүздеген насекомдар.

Топырақ *микрофлорасы* — жоғарғы қабаттағы өсімдіктегі организмдерден тұрады. Олар микроскоптық балдырлар, топырақ саңырауқұлақтары және актиномицеттер немесе сәулелі саңырауқұлақтар және түйнек бактерияларының клеткаларындағы талшықтар мен өсімдіктерден тұрады. Топырақта мекендейтін жануарлар жиынтығын *геобий* деп атайды. Дала топырағының геобийі сол жерде мекендеуге тамаша бейімделген. Бір тамшы топырақ суында жылдам көбеюге бейім бір клеткалы қарапайымдар немесе протистер құжынап жүреді.

Топырақ зоологиясы мектебінің негізін салушы М.С. Гиляров топырақта кездесетін омыртқасыздарды 4 топқа бөлген:

1. Нанофауна — мөлшері 0,16-дан 1,28 мм-ге дейін кездесетін жәндіктер. Олар топырақта кездескенімен физиологиялық қасиеті жағынан су жануарларынан айырмашылығы жоқ (протожа, нематодтар, эхинококктар);

2. Микрофауна — ұсақ; 1,2–2 мм болатын топырақ омыртқасыздары. Топырақтың ұсақ түйіршіктері арасындағы ауа қуыстарында көптеген құйрық аяқтылар мен кенелер, коллемболдар мен нематодтар мекендейді. Бұл организмдердің экологиялық жүйе үшін маңызы аса зор, олар қарашірік түзуге қатысады, топырақты байытады, мысалы: сауытты кенелер (*Oribatei*), құйрық аяқтылар (*Collembola*).

3. Мезофауна — мөлшері 1,28–10,2 мм-ге дейін. Топырақта тіршілік етіп, оның ортасын үңгіп жан-жаққа жылжыта аударыстырып отыратын ірірек омыртқасыз жануарлар — *мезофаунаны* құрайды. Олардың ішінде ең танымалдары буылтық құрттарға — жауын құрттары (*Lumbricidae*), энхитрейдтар (*Enchytraeidae*), көпаяқтылар (кивсаяқ, сүйектек) мен насекомдар дернәсілдері және т.б. жатады.

4. Макрофауна — мөлшері 10,2–81,6 мм-ге дейін болатын топырақ омыртқалылары, олар: жер құрттары, термиттер [2-3].

Топырақ жануарларының ішінде басым көпшілігі омыртқасыздар болып келеді. Олардың биомассасы, омыртқалылар биомассасынан 1000 есе көп. Топырақ фаунасының топырақтың құралуына әсері әр түрлі.

Біріншіден олар топырақтағы органикалық заттарды үгітеді, жейді. Екіншіден олар өз бойында элементтерді, әсіресе азоты бар белокты заттарды шоғырландырады. Тіршілігі аяқталған соң олардың бойындағы заттар мен энергия топыраққа қайтарылады. Топырақ фаунасының қалдықтары микроорганизмдердің қоныстанып, дамуына өте қолайлы орта болып келеді. Табиғат күштерінен, әсіресе, температураның судың, желдің, күн сәулесінің, көшпелі мұздардың топыраққа әсері ерекше.

Үгілудің физикалық, химиялық және биологиялық түрлері бар [4]. Тау жыныстарының физикалық жолмен үгілуі деп оның химиялық құрамы өзгермей, тек әртүрлі механикалық бөлшектерге бөлінуін айтады. Физикалық үгілулерге қатысатын негізгі күштер — температура, жел күші, тасқын сулар мен көшпелі мұздар.

Физикалық және химиялық үгілулердің нәтижесінде таулар бұзылып, шыңдар мүжіледі. Құм мен балшық суға жуылып-шайылып, су күшінің кемуіне және жер бедерінің ыңғайына қарай шөгеді. Жел күшімен ауаға ұшады, шашырайды. Бұл ғасырлар бойы үздіксіз құбылысты ештеңе де тоқтата алмайды. Нөсерлетіп құйған жанбырдан, қатты соққан желден жер беті шамалы өріске түседі. Ескі дәуірде тірі жәндіктер мен өсімдіктер болмаған кезде майда ұнтақталған жыныстарды біріктіріп, желімше ұстап тұратын ештеңе болмаған, топырақ шіріндісі түзілмеген.

Сондықтан топырақта пайда болмады. Физикалық үгітілу болсын, химиялық үгітілу болсын өзінше топырақ түзе алмайды. Топырақ түзілу құбылысы — физикалық та емес, химиялық та емес, биологиялық құбылыс [5]. Үгілу нәтижесінде қатты тау жыныстарынан қопсыған, ылғал сіңіргіштік, су өткізгіштік қасиеті бар ұнтақталған жыныстар пайда болады. Әдетте, физикалық және химиялық үгілу кезінде босаған, суға ерігіш, өсімдіктерге қоректік минерал заттар ауқымды геологиялық заттар айналымына түседі, де әртүрлі су ағыстарымен, өзендерге, теңіздерге, тіпті мұхиттарға қосылып, шөгінді жыныстарға айналады.

Осы қопсыған, ұнтақталған жыныстарға тірі организмдер қоныстана бастаған уақыттан бастап, олардың денесіне керекті заттар өсімдіктер мен микроорганизмдердің таңдамалы сіңірулерінің нәтижесінде көлемді геологиялық айналымға келіп түседі, яғни ауқымды геологиялық зат айналымынан кіші биологиялық зат айналымына көшеді. Органикалық заттар суда ерімейтін болғандықтан, бұл заттардың қоры жыл санап молая береді. Сонымен, құрамында қоректік заттары жоқ тау жынысы тірі организмдер мекендегеннен кейін қоректік биофильді минералды және органикалық азотты заттардың қорына айналады. Басқаша айтқанда, құнарсыз тау жынысының орнына құнарлы топырақ пайда бола бастайды.

Үгітілген тау жыныстарында өсімдіктердің өсе бастауы — топырақ түзілу құбылысының бастамасы. Қопсыған тау жынысында өсімдіктердің мекендей бастауы жалпы физикалық, химиялық үгілулерді шапшандатып, топырақ түзілу құбылысын тездетеді. Ең негізгісі — өсімдіктер өсе бастағаннан кейін олар тау жыныстарынан көптеген биофильді элементтерді өз денелеріне жинап, ал күн сәулесінің күшімен жапырақтары арқылы (фотосинтез) көптеген органикалық заттар түзіп, Жер бетіне, өзінің тамырлары тараған Жер қабатына, олардың қорларын жинайды. Ал ол органикалық заттар ыдырап, шіріп, алғашқы топырақ шіріндісін, қарашірікті (гумусты) түзеді. Бұл құбылыс — топырақ түзілуінің алғышарты.

Биологиялық факторлар. Өсімдіктердің, жануарлардың, микроорганизмдердің және олардың бірлескен қызметінің, олардың қалдықтарының әсерінен топырақ түзілуінің басты буындары — органикалық заттардың құралуы, ыдырауы, биофильді элементтердің таңдалынып шоғырлануы, минералдардың ыдырауы, түзілуі, заттардың шайылуы мен жинақталуы жүреді. Осылардың ықпалымен негізгі қасиеті — құнарлылығы қалыптасады.

Зерттеу жүргізілген аймақ — Қарқаралының таулы-орманды массивтерінің топырағы. Олар екі фактордың әсерінен дамиды: тік зональдылық және аймақтың геологиялық ерекшеліктеріне

байланысты. Аудан топырағы гранит, диорит және метаморфтық тығыз жыныстардан құралған. Барлық ежелгі жыныстар қуаттылығы әр түрлі төрттік шөгінділерімен жабылған.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу нысаны — «Қарқаралы» МҰТП. Мемлекеттік ұлттық табиғат парктің аумағы биологиялық және ландшафттық әртүрлілікті сақтауға, ерекше экологиялық табиғи кешендер мен мемлекеттік табиғи-қорық қорының объектілерін табиғат қорғау, экологиялық-ағарту, ғылыми, туристік және рекреациялық мақсаттарда пайдалануға арналған. Ол республикалық маңызы бар табиғат қорғау және ғылыми мекеме мәртебесі бар ерекше қорғалатын табиғи аумақтарының екінші санатына жатады.

Сонымен қатар МҰТП территориясының топырақ жамылғысында топырақтың мынандай негізгі типтері кездеседі: күңгірт-каштан, каштан, сонымен қатар шабындық-каштан, шабындық, шабындық саздақ топырақ тәрізді интрозональді және сор мен сортаң топыраққа жататын азональді түрлері таралған.

Таулардың күңгірт-каштан және каштан топырақтары шоқы аралық кеңістіктерде таралған. Бұл топырақтар өсімдік жамылғысының көп түрлілігімен және байлығымен ерекшеленбейді. Топырақтың құрамында жалпы салмағының жартысын құрайтын тасшақпа материалы бар.

Таулардың басқа топырағы сияқты күңгірт-каштан топырақтары физикалық-химиялық және генетикалық жағынан біртекті емес, олар гумус қабатының қуаттылығы, төсеніш жыныстардың сипаты, сортаңдау және карбонаттылық дәрежесі жағынан ерекшеленеді [6].

Зерттеу нысаны бойынша бақылау нүктелері алынды (1-сурет, 1-кесте).



1-сурет. Зерттеу ауданы, бақылау нүктелері (Yandex Satellite әуе ғарыштық түсірілімі)

1 - к е с т е

Бақылау нүктелеріндегі далалық жұмыс түрлері және көлемі

Жұмыс түрлері	Жұмыстың көлемі
Бақылау нүктелеріне маршруттар және зерттеу бағдарламасын құрастыру	шамамен 21 км
Бақылау нүктелерін зерделеу: топырақ кесінділерін жасау — топырақтың морфологиялық қасиетін сипаттау, горизонттар бойынша топырақ үлгілерін алу	18 бақылау нүктесі 67 топырақ үлгісі
Қар жамылғысы үлгілерін алу	18 үлгі
Жер беті суларының үлгілерін алу	9 үлгі

Нәтижелер

Жүргізілген далалық жұмыстар негізінде зерттеу аумағы *орманды, таулы-орманды және далалық* деп шартты түрде үш топқа топтастырылды [7].

Орманды алқаптың топырағы. Түлкілі өзені бойынан, яғни академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің оқу базасынан есептегенде, солтүстік батыс бағытта (2-кесте). Теңіз деңгейінен есептегендегі биіктігі — 890 м. Географиялық координаты N 49°26'05", E 75°29'25".

Кар-6-22 сынамалық нүктесінің топырақ кесіндісінің сипаттамасы

Кесінді шифрі	Топырақ кескіні қабаттарының индексі	Топырақ кескіні қабаттарының тереңдігі (см)	Манселл шкаласы бойынша түсі	Ылғалдығы	Гранулометриялық құрамы	10 % HCl Қайнауы (иә, жоқ)
Кар-6-22	A	0-6	10YR-2/2	–	–	–
	АдА1	6-10(11)	10YR-2/1	Ылғалды	Орташа саздақ	Жоқ
	Аgp	10(11)-27(29)	10YR-2/1	Ылғалды	Орташа саздақ	Жоқ
	A1Cg	29-52(57)	10YR-2/1	Сулы	Орташа саздақ	Жоқ

Түлкілі өзенінің алқабында жалпы өсімдіктер жамылғысының 80 %-ын астық тұқымдастар құрайды. Олар әр түрлі шөпті өсімдіктер қауымдастығынан қалыптасады. Осы алқаптағы топырақтың бетінің ерекшелігі — шымның қуатты қабатының болуы, ол бітік өскен шөптесін өсімдіктердің әсерінен пайда болған. Бұл алқаптың өсімдіктерінің биологиялық көптүрлігіне топырақ құрамының қолайлы екендігін көрсетеді. Топырақтың HCl-дан қайнауы байқалмайды. Топырақ кескіні қабаттарының тереңдігі 57 см құрайды. Топырақтың толық атауы: аллювиальды шымды, сортаң аллювиальды түзілістердегі жеңіл саз балшықты топырақ болып есептеледі.

Таулы-орманды топырақ. Қарқаралы таулы жотасы, теңіз деңгейінен есептегендегі биіктігі — 922 метр. Географиялық координаты N49°25'52", E 75°28'28" (3-кесте).

Кар-17-22 сынамалық нүктесінің топырақ кесіндісінің сипаттамасы

Кесінді шифрі	Топырақ кескіні қабаттарының индексі	Топырақ кескіні қабаттарының тереңдігі (см)	Манселл шкаласы бойынша түсі	Ылғалдығы	Гранулометриялық құрамы	10 % HCl Қайнауы (иә, жоқ)
Кар-17-22	A°	0-3	10YR-3/3	–	–	–
	Ад	3-5(6)	10YR-3/2	–	Орташа саздақ	Жоқ
	C	5(6)-12(13)	10YR-2/2	Құрғақ	Орташа саздақ	Жоқ

Осы сынамалық нүкте Қарқаралы қаласынан солтүстік-батысқа қарай орналасқан. Ол төменгі денудациялық жазықтықтың батыс бөлігін алып жатыр және альпілік қатпарлану кезеңінде болған тектоникалық белсенділік нәтижесінде көтерілген ежелгі бет болып табылады. Бұл аймақ байланыстық-метаморфоздық жыныстардан — мүйізтастардан қалыптасқан. Баурайларында бұталы-шөптесін өсімдікті жамылғы және дала өсімдіктерінің бірлестіктері тұтасқан шым түзіледі. Осы жерлерде байқалатын көрініс, ол баурайлық үдерістермен анықталатын — десерпция және желілік эрозия.

Көтеріңкі баурайлар мен төбелерде топырақ жабыны — қызғылт, ал қойнауларында — шалғындық қызғылт топырақ.

Далалық топырақ. Қарамырза тауының етегі. Топырақ кесіндісі Қарқаралы өзенінің бойында, Қарқаралы—Аягөз тас жолынан солтүстік-батысқа қарай шамамен 235 м жердегі нүктеден алынды (4-кесте). Осы аймақтың теңіз деңгейінен есептегендегі биіктігі — 840 м. Географиялық координаты N 49°25'59", E 75°34'00".

Кар-1-22 сынамалық нүктесінің топырақ кесіндісінің сипаттамасы

Кесінді шифрі	Топырақ кескіні қабаттарының индексі	Топырақ кескіні қабаттарының тереңдігі (см)	Манселл шкаласы бойынша түсі	Ылғалдығы	Гранулометриялық құрамы	10 % HCl Қайнауы (иә, жоқ)
1	2	3	4	5	6	7
Кар-1-22	A1ca	0-18(19)	10YR-5/3	Жас	Жеңіл саздақ	иә
	C1ca	18-(19)-41	10YR-5/3	Ылғалды	Орташа саздақ	иә

1	2	3	4	5	6	7
Кар-1-22	[A1(sol)ca]	41–63(64)	10YR-3/3	Жас	Орташа саздақ	Иә
	[C1sol, ca]	63–70(71)	10YR-5/3	Жас	Ауыр саздақ	Иә
	[C2sol, ca]	70(71)-87(88)	10YR-5/3	Жас	Ауыр саздақ	Иә
	C3ca	88–114	10YR-4/2	Жас	Жеңіл саздақ	Иә

Қарамырза тауының етегіндегі далалық жазық аймақтың шөптесін өсімдіктер бірлестігі шамамен 25 %-дан аз бетін жауып жатыр.

Топырақ бетінің ерекшелігі — әлсіз шымданған. НСІ-дан қайнауы тереңдігі 114 см құрайтын толық топырақ кескіні қабаттарында байқалады (2-сурет). Топырақтың толық атауы: аллювиальды шалғындық сортаң аллювиальды түзілістердегі құмайт топырақ.



2-сурет. Кар-6-22, Кар-17-22 және Кар-1-22 сынамалық нүктелерінің топырақ кесіндісі

Қорытынды

«Қарқаралы» Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің топырақ түзілу факторлары және үдерістеріне талдау бойынша жүргізілген жұмыстар нәтижелері бойынша келесідей қорытынды жасауға болады:

Мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің топырақ жамылғысының біз зерттеген аймағында олардың негізгі екі фактордан — тік зональдылық және аймақтың геологиялық ерекшеліктеріне байланысты әсерінен дамיתыны байқалды. Аудан топырақ қабаттары гранит, диорит және метаморфтық тығыз жыныстардан құралған. Барлық ежелгі жыныстар қуаттылығы әртүрлі төрттік шөгінділерімен жабылған.

Осы табиғи парктің территориясының топырақ жамылғысында топырақтың негізгі типтері — күңгірт-каштан, каштан, сонымен қатар шабындық-каштан, шабындық, шабындық саздақ топырақ тәрізді интрозональді және сор мен сортаң топыраққа жататын азональді түрлері таралған.

Таулардың күңгірт-каштан және каштан топырақтары шоқы аралық кеңістіктерде таралған. Бұл топырақтар өсімдік жамылғысының көп түрлілігімен және байлығымен ерекшеленбейді. Топырақтың құрамында жалпы салмағының жартысын құрайтын тасшақпа материалы бар.

Далалық жұмыстар орманды, таулы-орманды және далалық ландшафттарда өтті. Осы жерлердегі сынамалық нүктелердің топырақ кесінділері бойынша олардың түсі Манселл шкаласы бойынша анықталды. Топырақтың ылғалдылығы мен гранулометриялық құрамы және хлорлы сутектегі қайнауы анықталды.

Түлкілі өзені алқабындағы топырақ беті шымның қуатты қабатының болуымен ерекшеленді, ол бітік өскен шөптесін өсімдіктердің әсерінен қалыптасқан. Осы жағдай бұл алқаптың өсімдіктерінің биологиялық көптүрлілігіне топырақ құрамының қолайлы екендігін көрсетеді. Ал, таулы-ормандық топырақ қабаттары осы аймақтың байланыстық-метаморфоздық жыныстардан — мүйізтастардан

калыптасқандығын көрсетті. Тау баурайларында бұталы-шөптесін өсімдікті жамылғы және дала өсімдіктерінің бірлестіктері тұтасқан шым түзеді. Осы жерлерде ол, баурайлық үдерістермен анықталатын — десерпция және желілік эрозия көрінісі байқалады.

Далалық аймақ Қарамырза тауының етегіндегі жазықта шөптесін өсімдіктер бірлестігі шамамен 25 %-дан аз бетін жауып жатыр, бұл ауданда сортаң аллювиальды құмайит топырақ қалыптасқан.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Вернадский В.И. Биосфера / В.И. Вернадский. — М.: Мысль, 1967. — 376 с.
- 2 Брагина Т.М. Почвенная зоология. Курс лекций: учеб. пос. / Т.М. Брагина. — Костанай: КГПИ, 2016 — 196 с.
- 3 Куликов Я.К. Почвенные ресурсы: учеб. пос. / Я.К. Куликова. — Минск: Высш. шк., 2013. — 320 с.
- 4 Жамалбеков Е. Топырактану және топырақ географиясы мен экологиясы. Оқулық / Е. Жамалбеков, Р. Білдебаева. — Алматы: Қазақ университеті, 2006. — 246 б.
- 5 Қабышева Ж.К. Топырактану / Ж.К. Қабышева. — Алматы: Дәуір, 2013. — 416 б.
- 6 Каркаралинский государственный национальный природный парк. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://karkaralinskpark.kz/about>.
- 7 Кабжанова Г.Р. Топырактану: зертханалық жұмыстарды орындау және жүргізу бойынша әдістемелік нұсқаулар / Г.Р. Кабжанова, У.Д. Буркитбаева. — Павлодар: Кереку, 2011. — 44 б.

А.Б. Мырзабаев, А.И. Аманжолов, Д.Л. Голованов, М.Т. Бодеев, Я. Урбанияк

Факторы и процессы почвообразования Каркаралинского государственного национального природного парка

В статье изложены результаты проведенной работы по анализу факторов и процессов почвообразования Каркаралинского государственного национального природного парка. В исследуемой зоне почвенного покрова Национального парка отмечено, что они развиваются из-за двух основных факторов — вертикальной зональности и геологической специфики региона. Почвы района состоят из гранита, диорита и метаморфических плотных пород. Все древние породы покрыты четвертичными отложениями различной мощности. Проведенная работа началась с составления маршрутов к контрольным точкам и исследовательской программы. После этого были выполнены работы по изучению контрольных точек: созданию почвенных разрезов — описанию морфологических свойств почв, получению образцов почв по горизонтам. Проводимые полевые работы проводились в лесных, горно-лесных и степных ландшафтах. По почвенным разрезам пробных точек в этих местах их окраску определяли по шкале Манселла. Определены влажность и гранулометрический состав почвы и кипение хлористого водорода.

Ключевые слова: Каркаралинский государственный национальный природный парк, почвенные беспозвоночные, биологическое, физическое, химическое выветривание, горно-лесная, степная зона, почвенные горизонты, растительные сообщества.

A.B. Myrzabaev, A.I. Amanzholov, D.L. Golovanov, M.T. Bodeyev, J. Urbaniak

Factors and processes of soil formation of the Karkaraly State National Natural Park

The article presents the results of the work carried out on the analysis of factors and processes of soil formation of the Karkaraly State National Natural Park. In the studied area of the soil cover of the national park, it was noted that they develop due to two main factors — vertical zoning and geological specificity of the region. The soils of the area consist of granite, diorite and metamorphic dense rocks. All ancient rocks are covered with quaternary deposits of varying thickness. The work done began with the preparation of routes to control points and a research program. After that, work was carried out on the study of control points: the creation of soil sections — the description of morphological properties of soils, obtaining soil samples along the horizons. The field work was carried out in forest, mountain-forest and steppe landscapes. According to the soil sections of the test points in these places, their color was determined on the Mansell scale. The moisture and granulometric composition of the soil and the boiling of hydrogen chloride were determined.

Keywords: Karkaraly State National Natural Park, soil invertebrates, biological, physical, chemical weathering, mountain forest, steppe zone, soil horizons, plant communities.

References

- 1 Vernadskii, V.I. (1967). *Biosfera [Biosphere]*. Moscow: Mysl [in Russian].
- 2 Bragina, T.M. (2016). *Pochvennaia zoologiya. Kurs leksii: uchebnoe posobie [Soil zoology. Lecture course: tutorial]*. Kostanai: Kostanaiskii gosudarstvennyi pedagogicheskoi institut [in Russian].
- 3 Kulikov, Ya.K. (2013). *Pochvennye resursy: uchebnoe posobie [Soil Resources: tutorial]*. Minsk: Vysshaia shkola [in Russian].
- 4 Zhamalbekov, E. & Bildebaeva, R. (2006). *Topyraqtanu zhane topyraq geografiasy men ekologiyasy. Oqulyq [Soil science and geography and soil ecology. Textbook]*. Almaty: Qazaq universiteti [in Kazakh].
- 5 Qabyшева, Zh.K. (2013). *Topyraqtanu [Soil science]*. Almaty: Dauir [in Kazakh].
- 6 *Karkaralinskii gosudarstvennyi natsionalnyi prirodnyi park [Karkaraly State National Natural Park]*. Retrieved from <https://karkaralinskpark.kz/about> [in Russian].
- 7 Kabzhanova, G.R. & Burkitbaeva, U.D. (2011). *Topyraqtanu: zertkhanalyq zhymystardy oryndau zhane zhurgizu boiynsha adistemelik nusqaular [Soil Science: Methodological Guidelines for the Performance and Performance of Laboratory Work]*. Pavlodar: Kereku [in Kazakh].

V.V. Protas^{1*}, G.P. Pogossyan¹, K.G. Li¹, M.P. Danilenko²¹Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan;²Ben-Gurion University of the Negev, Beersheba, Israel

*Corresponding author: akimasix@mail.ru

Frequency of rs2228570 single nucleotide polymorphism of Vitamin-D Receptor (VDR) gene among the Kazakh ethnic group

The article presents the results of the study of vitamin D receptor (VDR) gene rs2228570 single nucleotide polymorphism (SNP) genotypes and individual alleles frequency among the Kazakh ethnic group representatives living in the Karaganda region. This SNP was determined by real-time polymerase chain reaction using TaqMan technology. The study relevance is due to the fact that genetic variations in rs2228570 affect the synthesis of the VDR protein and its activity as a transcription factor that regulates the expression of other genes. This mechanism determines the association of individual rs2228570 genotypes or alleles with susceptibility, course, and outcomes of various diseases. The polymorphism frequency may be depending on ethnicity. According to the study results, the most common genotypes of rs2228570 SNP among the Kazakhs were AG (32.8 %) and GG (25.2 %). The rarest are homozygotes TT (1.7 %) and CC (0.8 %). The frequency of all rs2228570 alleles was detected simultaneously in the present study for the first time. G became the predominant allele (51.3 %), less common was A (31.0 %), and the C and T alleles were the rarest (11.8 % and 5.9 %, respectively). The potential value of this SNP further study as a possible factor influencing the body's susceptibility to various diseases, including COVID-19, is shown.

Keywords: vitamin D receptor (VDR) gene, VDR gene single nucleotide polymorphism, rs2228570, genotype frequency, allele frequency, Kazakh ethnic group, vitamin D, vitamin D receptor.

Introduction

Vitamin D is well known for its role in maintaining calcium and phosphorus homeostasis. It enters the human body in two ways: through exogenous intake of food rich in vitamin D, or through its endogenous synthesis in the skin under the influence of ultraviolet B (UVB) radiation. Both forms of vitamin D are inactive, so its two-step activation follows: first in the liver (forming 25(OH)D or calcidiol) and then in the kidneys (forming 1.25-dihydroxyvitamin D; 1.25(OH)₂D₃ or calcitriol) [1].

Calcitriol is a hormonally active form of vitamin D and has a wide range of extraskeletal biological responses, including inhibition of the progression of breast, large intestine and prostate cancer cells, protection against a number of autoimmune diseases, including multiple sclerosis and inflammatory bowel disorder [2]. Also, there are many studies that prove the participation of vitamin D in the control of blood pressure, reducing the risk of type I and II diabetes, multiple sclerosis, rheumatoid arthritis, heart disease and infectious diseases, as well as in the regulation of immune responses [3]. All biological extraskeletal effects of calcitriol are mediated by the nuclear vitamin D receptor (VDR), which belongs to the family of steroid receptors. After binding to calcitriol, VDR heterodimerizes with the retinoid X receptor (RXR) and moves to the nucleus, where it binds to the VDR sensitive element (VDRE) in target genes and controls the expression of more than 500 genes [4]. At the same time, the activity and functioning of VDR depends on the structure of the VDR gene located on chromosome 12q13.1 [5].

The VDR gene is polymorphic, with over 470 single nucleotide polymorphisms (SNPs) identified. One of the most common and studied SNPs of the VDR gene is rs2228570 [6]. A number of studies have revealed the association of individual genetic variations in rs2228570 with diseases such as dengue, bronchial asthma, hepatitis B, Parkinson's disease and tuberculosis [7–12]. There are also suggestions about its role in susceptibility to COVID-19 [13, 14]. These facts make rs2228570 an important potential object for study.

Thus, in this study, for the first time, the frequencies of genotypes and all four alleles of the VDR gene rs2228570 among representatives of the Kazakh ethnic group were studied.

Experimental

In total, 119 samples of biological material (blood) taken from adult representatives of the Kazakh ethnic group living in the city of Karaganda and the Karaganda region were examined. The age range was 18–77 years old (mean age is 43). The gender distribution was 39 men and 80 women.

Blood was withdrawn into an EDTA tube. The extraction of DNA from the blood samples was performed by “RIBO-prep” (Amplisens, Russia) according to the kit manufacturer’s protocol. Genotyping of VDR gene SNP rs2228570 was carried out by real-time polymerase chain reaction (Real-Time PCR) using TaqMan probes (Lumiprobe, Russia). The sequences of primers and probes, as well as the PCR conditions, are shown in Table 1. All samples were analyzed on a Real-Time PCR DTlite instrument (DNA-Technology, Russia).

Table 1

The corresponding data for rs2228570 genotyping

		Sequence (5'–3')	PCR protocol (denaturation, cycles, extension)
Primers	<i>forward</i>	5'- TCCACACACCCCACAGATCC-3'	94 °C / 3 min (94 °C / 15 sec, 62 °C / 30 sec) × 40
	<i>reverse</i>	5'- GTGGGTGGCACCAAGGATG-3'	
TaqMan	<i>probe A</i>	5'-CCGCCATTGCCTCCATCCCTGTAAGAA-3'	
	<i>probe C</i>	5'-CCGCCATTGCCTCCCTCCCTGTAAGAA-3'	
	<i>probe G</i>	5'-CCGCCATTGCCTCCGTCCCTGTAAGAA-3'	
	<i>probe T</i>	5'-CCGCCATTGCCTCCTTCCCTGTAAGAA-3'	

The categorical variables are described as percentages. The chi-square test (χ^2 test) was used to compare categorical data. $P < 0.05$ was considered statistically significant. All genotypes were tested for Hardy–Weinberg equilibrium using chi-squared test. The statistical analyses were carried out by the GraphPad Prism 8.0 program (Graph-Pad Software, CA, USA).

Results and Discussion

Previously, in review article, we compared rs2228570 frequency alleles and genotypes submitted in dbSNP NCBI (National Center for Biotechnology Information, USA) with data published in peer-reviewed publications [15]. It was found that rs2228570 is four-allelic, with a predominance of G (0.611257) and A (0.388743) alleles [16]. However, most researchers simultaneously analyzed the occurrence of only two of the four alleles in the following combinations: C>T or A>G [7–12]. In the present study, we simultaneously determined all possible variants of the rs2228570 genotypes. The observed rs2228570 genotype frequencies were consistent with Hardy–Weinberg equilibrium with p values greater than 0.05 ($p = 0.9638$).

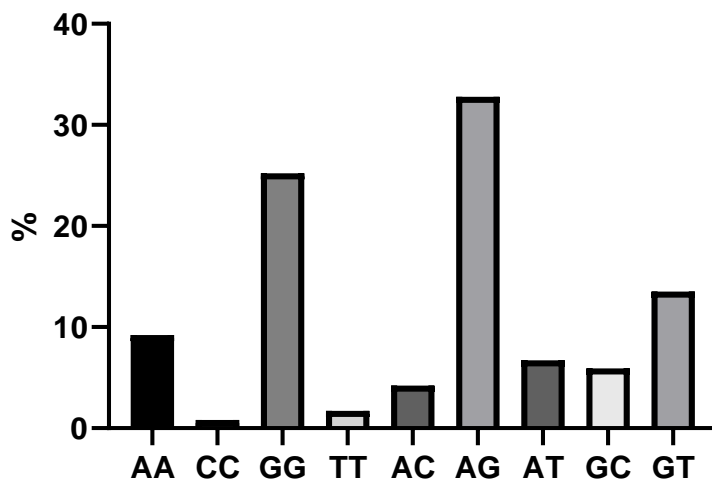


Figure 1. Frequency of rs2228570 genotypes in the Kazakh population

As can be seen from Figure 1, the most common genotypes among representatives of the Kazakh ethnic group are AG (32.8 %) and GG (25.2 %). Frequencies vary from 13.5 % to 4.2 % in GT, AA, AT and GC genotypes. The rarest were TT and CC homozygotes (1.7 % and 0.8 %, respectively). The obtained data coincide with dbSNP in that genotypes with G and A alleles predominate [16].

Despite the large number of publications that studied the occurrence of CC, CT and TT genotypes [7–11], it was not possible to compare them with the data obtained, since the frequency of these genotypes in the Kazakh population is critically low. At the same time, data on the frequency of AC, AT, GC and GT genotypes is practically absent in the literature.

Therefore, only the frequencies of the AA, AG, and GG genotypes (in % of the total number of occurrences; $n = 80$) could be compared with the results of other authors (Table 2).

Table 2

Comparative analysis of AA/AG/GG genotypes frequency of the VDR gene rs2228570

Ethnicity / country	Genotype (%)			P-value	Reference
	AA	AG	GG		
<i>KZ</i>	14	49	37		
UAE	27	42	31	NS	Osman et al. [6]
UK	48	41	11	****	Bid et al. [17]
French	43	47	10	****	Zmuda et al. [18]
Japan	37	51	12	****	Bhanushali et al. [19]
North Indian	44	49	7	****	Tokita et al. [20]
India	59	36	5	****	Bid et al. [17]

**** = $p < 0.0001$; NS = not significant.

Table 2 presents the comparative data on three rs2228570 genotypes between the Kazakh population and others. It can be seen that a statistically significant difference was not found only in comparison with the UAE population [6], in all other cases it was maximum ($p < 0.0001$).

The results of the analysis of individual rs2228570 alleles frequency is shown in Figure 2.

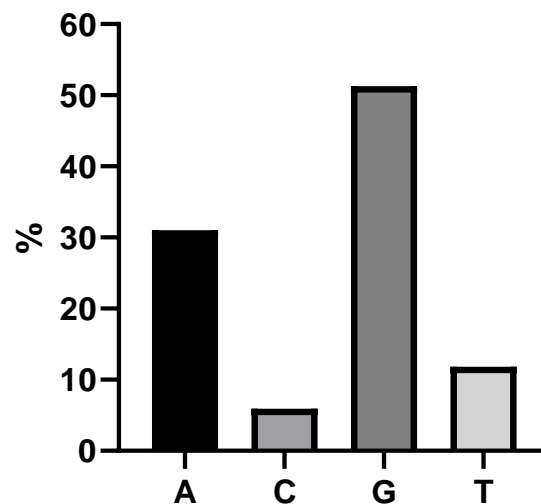


Figure 2. Frequency of rs2228570 alleles in the Kazakh population

It was found that the most common allele among the Kazakh population is G (51.3 %), and the A allele is 20 % less common (31.0 %). The data obtained for two alleles are fully consistent with dbSNP (assembly 155 dated April 9, 2021, aggregated data with sampling of 236272 samples) [16]. The occurrence of T and C alleles was 11.8 % and 5.9 %, respectively, which is significantly higher than the dbSNP data ($T=0.000000$, $C=0.000000$) [16], but inferior to the results of other studies [7, 11]. The comparative analysis of the occurrence of A and G major alleles (in % of the total number of occurrences; $n = 196$) is presented in Table 3.

Comparative analysis of A and G alleles frequency of VDR gene rs2228570

Ethnicity / country	Alleles (%)		P-value	Reference
	A	G		
KZ	37.8	62.2		
dbSNP total	38.9	61.1	NS	[16]
dbSNP European	38.7	61.3	NS	[16]
dbSNP Asian	43.8	56.2	NS	[16]
UAE	48.04	51.96	NS	Osman et al. [6]
UK	68.50	31.50	****	Bid et al. [17]
French	66.50	33.50	****	Zmuda et al. [18]
Japan	62.50	37.50	****	Bhanushali et al. [19]
North Indian	68.50	31.50	****	Tokita et al. [20]
India	77.00	23.00	****	Bid et al. [17]

**** = $p < 0.0001$; NS = not significant

As it can be seen from the Table 3, the data on the prevalence of individual rs2228570 alleles obtained in this study do not have statistically significant differences with the generalized dbSNP NCBI data, as well as separate results for European and Asian ethnic groups [16]. Also, the results are commensurate with those for the population of the United Arab Emirates [6]. At the same time, there is a fundamental discrepancy with the results of individual studies [17–20]. This can be explained by errors in these studies due to the fact that they did not take into account two more possible alleles of rs2228570 (C and T).

Thus, this paper presents unique data on the overall prevalence of VDR gene rs2228570 genotypes and four alleles among representatives of the Kazakh ethnic group.

Conclusions

After examination of the DNA samples of 119 Kazakhs living in the Karaganda region, it was found that the most common genotypes of the rs2228570 single nucleotide polymorphism of the VDR gene are AG and GG. The rarest genotypes are TT and CC. Accordingly, G became the predominant allele, A allele was slightly less common, and the C and T alleles were the rarest. The results obtained are of interest as a general population study and as a material for comparison. In addition, in the future, it is possible to predict the likelihood and course of diseases associated with certain genetic variations of VDR gene rs2228570 SNP among Kazakhs. It is also planned to test the potential impact of this SNP for susceptibility to COVID-19.

References

- 1 Bouillon, R., Marcocci, C., Carmeliet, G., Bikle, D., J. & White H. (2019). Skeletal and extraskeletal actions of vitamin D: current evidence and outstanding questions. *Endocr. Rev.*, 40, 1109–1151. <https://doi.org/10.1210/er.2018-00126>
- 2 Christakos, S., Dhawan, P., Verstuyf, A., Verlinden, L. & Carmeliet, G. (2016). Vitamin D: Metabolism, Molecular Mechanism of Action, and Pleiotropic Effects. *Physiol Rev.*, 96(1), 365–408. <https://doi.org/10.1152/physrev.00014.2015>
- 3 Hewison, M. (2010). Vitamin D and the intracrinology of innate immunity. *Mol Cell Endocrinol.*, 321, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2010.02.013>
- 4 Bradley, R., Schloss, J., Brown, D., Celis, D., Finnell, J. & Hedro, R., (2020). The effects of vitamin D on acute viral respiratory infections: A rapid review. *Adv Integr Med.*, 7(4), 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.aimed.2020.07.011>
- 5 Taymans, S.E., Pack, S., Pak, E., Orban, Z., Barsony, J., Zhuang, Z. & Stratakis, C.A. (1999). The human vitamin D receptor gene (VDR) is localized to region 12cen-q12 by fluorescent in situ hybridization and radiation hybrid mapping: Genetic and physical VDR map. *J Bone Miner Res.*, 14 (7), 1163–1166. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1999.14.7.1163>
- 6 Osman, E., Al Anouti, F., El Ghazali, G., Haq, A., Mirgani, R. & Al Safar, H. (2015). Frequency of rs731236 (TaqI), rs2228570 (FokI) of Vitamin-D Receptor (VDR) gene in Emirati healthy population. *Meta Gene.*, 6, 49–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mgene.2015.09.001>
- 7 Alagarasu, K., Honap, T., Mulay, A.P., Bachal, R.V., Shah, P.S. & Cecilia, D. (2012). Association of vitamin D receptor gene polymorphisms with clinical outcomes of dengue virus infection. *Human Immunology.*, 73(11), 1194–1199.
- 8 Hu, W., Wang, L., Chen, B., & Wang, X. (2020). Vitamin D receptor rs2228570 polymorphism and Parkinson's disease risk in a Chinese population. *Neuroscience Letters.*, 717, 134–152. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2019.134722>

- 9 Kresfelder, T.L., Janssen, R., Bont, L., Pretorius, M. & Venter, M. (2011). Confirmation of an association between single nucleotide polymorphisms in the VDR gene with respiratory syncytial virus related disease in South African children. *J Med Virol*, 83 (10), 1834–1840. <https://doi.org/10.1002/jmv.22179>
- 10 Grzegorzewska, A.E., Ostromecki, G., Zielińska, P., Mostowska, A. & Jagodziński, P.P. (2014). T-cell cytokine gene polymorphisms and vitamin D pathway gene polymorphisms in end-stage renal disease due to type 2 diabetes mellitus nephropathy: comparisons with health status and other main causes of end-stage renal disease. *J Diabetes Res*, 2014, 1203–1217. <https://doi.org/10.1155/2014/120317>
- 11 Bahrami, A., Parsania, M., Pourfathollah, A.A., Haghghat, A. & Sharifi, Z. (2020). Association of VDR (rs2228570, rs731236, rs7975232, rs1544410) and DBP (rs7041) genes polymorphisms with chronicity of hepatitis B in Iranian patients. *Gene Reports*, 19, 1006–1015.
- 12 Lee, S.W., Chuang, T.Y., Huang, H.H., Liu, C.W., Kao, Y.H. & Wu, L.S. (2016). VDR and VDBP genes polymorphisms associated with susceptibility to tuberculosis in a Han Taiwanese population. *J Microbiol Immunol Infect*, 49 (5), 783–787. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2015.12.008>
- 13 Jafarpoor, A., Jazayeri, S.M., Bokharaei-Salim, F., Ataei-Pirkooh, A., Ghaziasadi, A. & Soltani, S. (2022). VDR gene polymorphisms are associated with the increased susceptibility to COVID-19 among Iranian population: A case-control study. *Int J Immunogenet.*, 49(4), 243–253. <https://doi.org/10.1111/iji.12585>
- 14 Apaydin, T., Polat, H., Dincer Yazan, C., Ilgin, C. & Elbasan, O. (2022) Effects of vitamin D receptor gene polymorphisms on the prognosis of COVID-19. *Clin Endocrinol (Oxf)*, 96(6), 819–830. <https://doi.org/10.1111/cen.14664>
- 15 Protas, V.V., Pogossyan, G.P., Li, K.G., & Danilenko M.P. (2021) Vitamin D receptor gene polymorphisms characteristic. *Bulletin of the Karaganda University. Series "Biology. The medicine. Geography"*, 4(104), 60–70. <https://doi.org/10.31489/2021BMG4/60-70>
- 16 Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/snp/rs2228570?horizontal_tab=true#frequency_tab
- 17 Bid, H.K., Mishra, D.K. & Mittal R.D. (2005). Vitamin-D receptor (VDR) gene (Fok-I, Taq-I and Apa-I) polymorphisms in healthy individuals from north Indian population. *Asian Pac J Cancer Prev*, 6 (2), 147–152.
- 18 Zmuda, J.M., Cauley, J.A., Danielson, M.E., Wolf, R.L. & Ferrell R.E. (1997) Vitamin D receptor gene polymorphisms, bone turnover, and rates of bone loss in older African-American women. *J. Bone Miner. Res.*, 12 (9), 1446–1452. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1997.12.9.1446>
- 19 Bhanushali, A.A., Lajpal, N., Kulkarni, S.S., Chavan, S.S. & Bagadi, B.R. (2009) Das Frequency of fokI and taqI polymorphism of vitamin D receptor gene in Indian population and its association with 25-hydroxyvitamin D levels. *Indian J. Hum. Genet.*, 15 (3), 108–113. <https://doi.org/10.4103/0971-6866.60186>
- 20 Tokita, A., Matsumoto, H., Morrison, N.A., Tawa, T., Miura, Y. & Fukamauchi, K. (1996) Vitamin D receptor alleles, bone mineral density and turnover in premenopausal Japanese women. *J. Bone Miner. Res.*, 11 (7), 1003–1009. <https://doi.org/10.1002/jbmr.5650110718>

В.В. Протас, Г.П. Погосян, К.Г. Ли, М.П. Даниленко

Қазақ этникалық тобының өкілдері арасында бірнуклеотидті полиморфизмнің rs2228570 D дәрумені рецепторы генінің (VDR) кездесу жиілігі

Мақалада Қарағанды облысында тұратын қазақ этникалық тобының өкілдері арасында бірнуклеотидті полиморфизмнің (SNP) rs2228570 генотиптерімен жекелеген аллельдерінің D дәрумені рецепторы генінің (VDR) жиілігін зерттеу нәтижелері келтірілген. Берілген SNP-ді анықтау ТақМан технологиясын қолдана отырып, нақты уақыт режимінде полимеразды тізбекті реакция әдісімен жүзеге асырылды. Зерттеудің өзектілігі rs2228570 генетикалық вариациялары D дәрумені рецепторы ақуызының синтезіне және оның басқа гендердің экспрессиясын реттейтін транскрипциялық фактор ретіндегі белсенділігіне әсер ететіндігіне байланысты. Бұл механизм rs2228570 жеке генотиптерінің немесе аллельдерінің әртүрлі аурулардың сезімталдығымен, ағынымен және нәтижелерімен байланысын анықтайды. Осы полиморфизмнің кездесу жиілігі этникалық ерекшеліктеріне байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Зерттеу нәтижелері бойынша қазақтар арасында VDR генінің rs2228570 бірнуклеотидті полиморфизмінің ең жиі кездесетін генотиптері AG (32,8 %) және GG (25,2 %) болды. Ең сирек кездесетіні — TT (1,7 %) және CC (0,8 %) гомозиготалары. Осы зерттеуде rs2228570 барлық төрт аллельдің таралуы алғаш рет бір уақытта анықталды. Басым аллель G (51,3 %) болды, A (31,0 %) — сирек кездеседі, ал C және T аллельдері ең сирек кездеседі (сәйкесінше 11,8 % және 5,9 %). Rs2228570 ағзаның әртүрлі ауруларға, соның ішінде COVID-19-ға бейімділігіне әсер ететін ықтимал фактор ретінде одан әрі зерттеудің ықтимал маңыздылығы көрсетілген.

Кілт сөздер: D дәрумені рецепторының (VDR) гені, VDR генінің бірнуклеотидті полиморфизмі, rs2228570, генотиптердің кездесу жиілігі, аллельдердің кездесу жиілігі, қазақ этникалық тобы, D дәрумені, D дәрумені рецепторы.

В.В. Протас, Г.П. Погосян, К.Г. Ли, М.П. Даниленко

Частота встречаемости однонуклеотидного полиморфизма rs2228570 гена рецептора витамина D (VDR) среди представителей казахской этнической группы

В статье представлены результаты исследования частоты встречаемости генотипов и аллелей однонуклеотидного полиморфизма (SNP) rs2228570 гена рецептора витамина D (VDR) среди представителей казахской этнической группы, проживающих в Карагандинской области. Генотипирование данного SNP осуществлялось методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени с использованием технологии TaqMan. Актуальность исследования обусловлена тем, что генетические вариации rs2228570 влияют на синтез белка-рецептора витамина D и его активность как транскрипционного фактора, регулирующего экспрессию других генов. Данный механизм обуславливает ассоциацию отдельных генотипов или аллелей rs2228570 с восприимчивостью, течением и исходами различных заболеваний. Частота встречаемости данного полиморфизма может сильно варьироваться в зависимости от этнической принадлежности. По результатам исследования, наиболее часто встречаемыми генотипами однонуклеотидного полиморфизма rs2228570 гена VDR среди казахов стали AG (32,8 %) и GG (25,2 %). Самыми редкими — гомозиготы TT (1,7 %) и CC (0,8 %). Следует отметить, что в настоящем исследовании впервые была одновременно выявлена распространенность всех аллелей rs2228570. Преобладающей аллелью стала G (51,3 %), менее распространенной — A (31,0 %), а аллели C и T — наиболее редко встречаемые (11,8 % и 5,9 % соответственно). Показано потенциальное значение дальнейшего изучения rs2228570 как возможного фактора, влияющего на восприимчивость организма к различным заболеваниям, в том числе и COVID-19.

Ключевые слова: ген рецептора витамина D (VDR), однонуклеотидный полиморфизм гена VDR, rs2228570, частота встречаемости генотипов, частота встречаемости аллелей, казахская этническая группа, витамин D, рецептор витамина D.

З.З. Саякова¹, А.Б. Есжанов^{2*}¹Государственный природный резерват «Иле-Балхаш», Баканас, Казахстан;²Институт зоологии, Алматы, КазахстанАвтор для корреспонденции: aidyn.eszhanov@gmail.com**О находке клещей *Rhipicephalus leporis* (Arai, Ixodidae) в Южном Прибалхашье**

Иксодовые клещи являются переносчиками многих трансмиссивных инфекций, в том числе особо опасных. Хотя медицинское и ветеринарное значение этой группы кровососущих членистоногих трудно переоценить, тем не менее, известно, что интенсивное изучение фауны иксодовых клещей Казахстана пришлось на советский период, а после распада СССР исследования фауны и систематики иксодовых клещей носили лишь эпизодический характер. Сегодня фауна иксодовых клещей Республики Казахстан насчитывает 42 вида кровососущих паукообразных, при этом зачастую сведения по некоторым видам клещей носят фрагментарный характер. Так, авторами в результате обследования, проведенного на территории Иле-Балхашского резервата на флаг, всего было собрано 65 экземпляров иксодовых клещей. В ходе идентификации удалось установить, что собранные клещи принадлежали к роду *Rhipicephalus*, а при видовой дифференциации все собранные клещи оказались *Rh. leporis*. Клещи концентрировались в основном вокруг жилых помещений, но наибольшая численность была отмечена около вольера, где содержались бухарские олени (*Cervus elaphus bactrianus*). Примечательным является тот факт, что ранее этот вид клеща для данной территории не указывался, и обнаружен авторами здесь впервые. Получение новых сведений о фауне иксодовых клещей, обитающих на территории резервата «Иле-Балхаш», может иметь важную роль для планируемой интродукции амурского тигра (*Panthera tigris tigris*), поскольку иксодовые клещи переносят большое количество зоонозных заболеваний. Таким образом, это будет способствовать комплексной оценке рисков для интродукции тигра и может повысить успех планируемого мероприятия.

Ключевые слова: клещи, эктопаразиты, беспозвоночные, вид, ареал, инфекции, переносчик, интродукция, биологические риски.

Введение

Кровососущие членистоногие являются широко распространенными эктопаразитами. Питаясь кровью, эти кровососы наносят значительный вред здоровью человека и животных, вызывая аллергические реакции, истощение и снижение роста молодняка, а при массовом поражении и смерть. Кроме того, эктопаразиты являются переносчиками возбудителей многих инфекционных и инвазионных заболеваний. В природных очагах они являются резервуарами и переносчиками вирусов, риккетсий, бактерий, спирохет, трипаносом, филярий, пироплазмид [1]. При питании кровью кровососы способны воспринимать, длительное время сохранять в своем организме и передавать потомству возбудителей таких опасных заболеваний, как Конго-крымская геморрагическая лихорадка, колорадская клещевая лихорадка, Тогото, Повассан, кьясанурская лесная болезнь, клещевой энцефалит, клещевой боррелиоз, или болезнь Лайма, Ку-риккетсиоз, Астраханская риккетсиозная пятнистая лихорадка, сыпной клещевой тиф, возвратный клещевой тиф, эрлихиоз, бабезиоз, анаплазмоз, лихорадка Цуцугамуши, Североазиатский клещевой риккетсиоз, везикулезный риккетсиоз, пятнистая лихорадка скалистых гор, Марсельская лихорадка, туляремия и многие другие [2, 3].

Заболевания, возбудителей которых переносят иксодовые клещи, также наносят значительный ущерб и здоровью животных. На млекопитающих паразитирует 511 видов иксодовых клещей, многие из них являются специфическими в отношении каких либо систематических категорий. Большинство видов клещей питается кровью диких животных, среди них есть несколько видов, адаптировавшихся к паразитированию на домашних животных [4]. В Казахстане обитает 180 видов млекопитающих, из которых порядка 40 видов находятся под охраной государства [5, 6]. Причиной сокращения или исчезновения некоторых видов животных послужило усиленное использование человеком природных ресурсов, а также возникновение среди них опасных инфекционных и инвазионных болезней, часто приводящих к гибели животных. Заражение и распространение этих болезней среди домашних и ди-

ких млекопитающих, где могут находиться носители возбудителей заболеваний и их переносчики, может происходить при контакте на пастбищах [7].

На большей части Казахстана в настоящее время функционируют природные очаги таких заболеваний как чума, сибирская язва, бруцеллез, туляремия, бешенство, пироплазмидозы, спирохетозы, риккетсиозы и др. [8]. Естественными носителями возбудителей этих заболеваний в природных очагах являются дикие животные, в основном, грызуны, а переносчиками — их эктопаразиты (кровососущие насекомые и клещи).

Для сохранения видов животных, находящихся под угрозой исчезновения, и восстановления исчезнувших видов на территории республики организованы природоохранные организации.

В 2018 г. Постановлением Правительства Республики Казахстан в дельте реки Иле, в южной части озера Балхаш был создан Государственный природный резерват «Иле-Балхаш» с целью сохранения этого уникального природного комплекса, а также последующей интродукции бухарского оленя (*Cervus elaphus bactrianus*) и амурского тигра (*Panthera tigris tigris*), генетически сходного с обитавшим на этой территории до середины прошлого столетия туранским тигром (*Panthera tigris virgata*).

В связи с чем возникает необходимость в проведении научно-исследовательских работ, связанных с мониторингом и контролем за популяциями переносчиков в этом регионе, расположенном на территории тугайного очага туляремии и Среднеазиатского природного пустынного очага чумы.

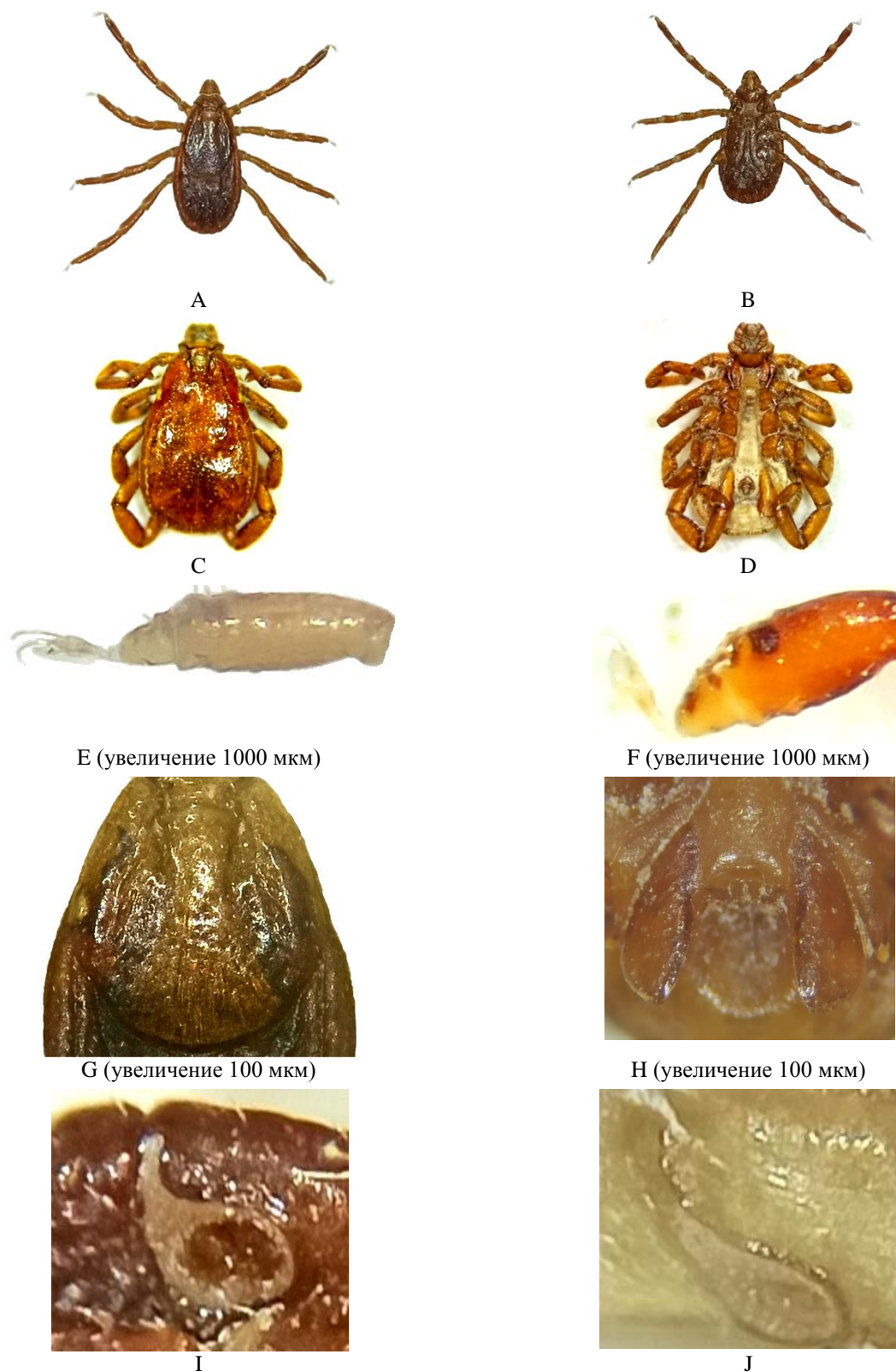
Материалы и методы

Материалом для настоящих исследований послужили иксодовые клещи, собранные на территории Иле-Балхашского резервата с 13–16 сентября 2021 года. Нами были обследованы окрестности кордонов Когалы, Корыс и Карамерген. Клещи были собраны с растительности на флаг, согласно общепринятой методике по сбору и исследованию клещей [9]. Собранный материал отдельно с каждого места сбора был помещен в пластиковые пробирки с винтовыми крышками, объемом 10 мл, и фиксировался в 70 %-ном растворе спирта-ректификата. Определение видовой принадлежности клещей проводили по морфологическим признакам при помощи микроскопа бинокулярного стереоскопического с применением определительных ключей [10, 11]. Кроме того, для сравнения нами были изучены 1147 экз. клещей *Rh. leporis* Rom. из коллекционного фонда РГП «Институт зоологии» КН МНВО РК. Всего на исследованной территории нами было собрано и изучено 65 экземпляров иксодовых клещей (37♀♀ и 28♂♂).

Результаты и обсуждение

Первоначально при видовой идентификации собранные клещи были определены нами как *Rhipicephalus pumilio* Shulze (1935), ввиду сильной схожести по морфологическим признакам. Однако при более тщательном изучении и сравнении клещей с коллекционными экземплярами оказалось, что все они принадлежат другому виду — *Rhipicephalus leporis* Pomerantzev (1946) (рис. 1а, б). В отличие от *Rh. pumilio* у самок, обнаруженных нами клещей, боковые борозды поверхностные с перерывами, не достигают заднего края скутума (рис. 1е). Генитальное отверстие широкое. Перитрема с длинным и узким дорсальным отростками (рис. d). Длина вершинного конуса меньше ширины (рис. 1с). Следует отметить, что ранее при исследованиях, проводимых в Балхашском районе, в сборах нам попадались только *Rh. pumilio*.

Rh. leporis впервые был описан Б.И. Померанцевым по клещам, снятым с зайца из Узбекистана в 1936, 1938 и 1939 гг. [11], который также указывает на схожесть этих двух видов. Единичные экземпляры могут встречаться на ежах и больших песчанках. Г.В. Колонин, ссылаясь на Hoogstraal (1973), указывает на обитание этого вида на зайце-толае, волке, лисице, хорьке, перевязке, ежах, грызунах, копытных в глинистых и песчаных пустынях Афганистана [12]. Вид обнаружен на зайцах, лисицах и краснохвостых песчанках в Западном Туркменистане [13]. В Узбекистане клещи вида паразитируют на ежах, полуденной и гребенщиковой песчанках, ласке, барсуке, козах и овцах в придельтовой части р. Амударья [14, 15]. В Казахстане единственный экземпляр был снят с азиатского муфлона в урочище Карамая, близ Западного чинка Устюрта. В Талды-Курганской (ныне Алматинской) области клещи обнаружены в 145 км северо-восточнее г. Алматы [16, 17]. В Кызылординской области клещи *Rh. leporis* были собраны с большой песчанки и ее нор, малого тушканчика, зайца толая, волка, степного хоря, перевязки, ласки [18].



А — самка, вид сверху; В — самка, вид снизу; С — самец, вид сверху; D — самец, вид снизу;
Е — лапка I самки; F — перитрема; G — скутум самки; H — аданальные щитки самца;
I — перитрема самки; J — перитрема самца

Рисунок 1. *Rhipicephalus leporis*, отловленные вблизи вольера с бухарскими оленями

Из Коллекционного фонда Института зоологии КН МОН РК нами изучены 1147 экз. клещей *Rh. leporis*, добытых академиком Е.В. Гвоздевым (определены до вида академиком И.Г. Галузо), с ушастого ежа в 1941 г. в окр. пос. Чиили (ныне Щиели) Кызылординской области — 3 экз., в 1944 г. — 32 экз. с зайца-толая в окр. пос. Баканас Алматинской области и в 1945 г. — 1112 экз. с зайца-толая, верблюда, козы, человека, ушастого ежа, добытых там же. Находки 1945 г. *Rh. leporis* в пойме р. Иле дали нам основание предполагать об обитании этого вида и в дельте реки.

Результаты исследований клещей *Rh. leporis* из Коллекционного фонда Института зоологии приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

**Численность *Rh. leporis* на *Lepustibetanus* из Балхашского района, собранные в 1945 г.
(Коллекционный фонд Института зоологии МОН РК)**

Месяц исследований	Количество собранных клещей								Всего, экз.
	♀		♂		N		L		
	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	Экз.	%	
Май	72	25,4	89	31,4	121,0	42,8	1,0	0,4	283,0
Июнь	178	47,7	172	46,1	11,0	2,9	12,0	3,2	373,0
Июль	163	46,0	185	52,3	5,0	1,4	1,0	0,3	354,0
Август	22	28,2	8	10,3	5,0	6,4	43,0	55,1	78,0
Сентябрь					1,0	25,0	3,0	75,0	4,0
Октябрь	4	57,1	3	42,9					7,0

Судя по данным таблицы 1, все возрастные фазы клещей паразитировали на зайцах с мая по октябрь, причем максимальная численность взрослых клещей была отмечена в июне–июле. В мае в сборах преобладали нимфы (N), в августе — личинки (L), в сентябре с двух зайцев были собраны только личинки и нимфы, а в октябре с одного зайца были собраны только имаго. Ввиду низкой численности обследованных в сентябре и октябре зайцев, мы не можем представить полную картину по зараженности их в этот период. По литературным данным, в песчаной пустыне Восточных Каракумов взрослые клещи паразитируют на зайце-песчаннике с марта по сентябрь, с пиком численности в июне [18]. В глинистых и песчаных пустынях Афганистана взрослые клещи паразитируют на *Lepustolai* с апреля по август с максимальным пиком численности в мае, а личинки и нимфы — с конца апреля до конца июля [12].

Сбор клещей мы проводили в середине августа 2021 года вокруг помещений, где находились сотрудники резервата в радиусе 3 км и вокруг вольера, где содержались бухарские олени. Отлов и осмотр животных не проводился. Клещи, в основном, единичные экземпляры, попадались на флаг в вечернее время, в 18.00–19.00 ч, когда спадала дневная жара, не дальше километра от жилых построек.

Как показано в таблице 2 на флаг нам попадались исключительно взрослые клещи. Наибольшее количество клещей было собрано вблизи вольера, где содержались бухарские олени.

Т а б л и ц а 2

Результаты сбора клещей *Rh. leporis* в Иле-Балхашском резервате

Место сбора	Количество собранных клещей, экз.					Дата сбора
	♀	♂	N	L	Всего	
Когалы	4	5	–	–	9	14.08.2021
Корые	5	8	–	–	13	15.08.2021
Вольер	28	15	–	–	43	16.08.2021

Заключение

Эпизоотологическое значение *Rh. leporis* до сих пор не изучено. В экспериментах, проводимых в Каракалпакии, на зараженность клещей возбудителем лихорадки Ку положительных результатов на носительство возбудителя у *Rh. leporis* выявлено не было [19].

На территории Иле-Балхашского резервата в настоящее время отмечено обитание 44 видов млекопитающих, которые являются прокормителями для иксодовых клещей на разных стадиях их разви-

тия, последние же могут быть резервуарами ряда инфекционных заболеваний [20]. Скопление *Rh. leporis* вблизи вольера, где содержатся бухарские олени, имеет немаловажное эпизоотологическое значение и в последующем может иметь негативные последствия для успеха интродукции амурского тигра. Поскольку достоверно известно об интенсивном контакте благородных оленей (*Cervuselaphus*) с возбудителями клещевого энцефалита, клещевого и Ку-рикетсиозов, лептоспирозов и туляремии в Горно-Алтайской автономной области [21], а в Таджикистане установлена роль этого оленя как прокормителя клещей, которые переносят пироплазмидоз крупного рогатого скота [7].

Данная работа была выполнена в рамках проекта ИРН OR11465437 «Разработка национального электронного банка данных по научной зоологической коллекции Республики Казахстан, обеспечивающего их эффективное использование в науке и образовании».

Список литературы

- 1 Балашов Ю.С. Кровососущие клещи (*Ixodoidea*) — переносчики болезней животных и человека / Ю.С. Балашов. — Л., 1967. — 320 с.
- 2 Балашов Ю.С. Иксодовые клещи — паразиты и переносчики инфекций / Ю.С. Балашов. — СПб., 1998. — 284 с.
- 3 Гражданов А.К. Иксодовые клещи — переносчики опасных инфекций на юге Западно-Казахстанской области / А.К. Гражданов, В.А. Танитовский, Ф.Г. Бидашко, Л.Б. Белоножкина, Р.Р. Рахманкулов, В.В. Андрищенко, С.М. Сатыбаев // Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане. — 2007. — № 1–2 (15–16). — С. 88–92.
- 4 Колонин Г.В. Млекопитающие как хозяева иксодовых клещей (*Acarina, Ixodidae*) / Г.В. Колонин // Зоолог. журн. — 2007. — Т. 86, № 4. — С. 421–433.
- 5 Книга Генетического фонда фауны Казахской ССР. — Ч. 1. Позвоночные животные. — Алма-Ата, 1989. — 108 с.
- 6 Красная книга Республики Казахстан. — Т. I. Животные. — Ч. 1. Позвоночные. — Алматы, 2010. — 322 с.
- 7 Манилова Е.А. Паразитофауна диких и домашних животных заповедника «Тигровая балка» / Е.А. Манилова, Г.Н. Шахматов // Изв. АН Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. — 2008. — № 3(164). — С. 50–56.
- 8 Атшабар Б.Б. Атлас распространения особо опасных инфекций в Республике Казахстан / Б.Б. Атшабар, Л.А. Бурделов, В.П. Садовская и др. — Алматы, 2012. — 232 с.
- 9 Филиппова Н.А. Иксодовые клещи подсем. *Ixodinae* / Н.А. Филиппова. — Т. 4, Вып. 4. — СПб., 1977. — 396 с.
- 10 Галузо И.Г. Кровососущие клещи Казахстана / И.Г. Галузо. — Т. 3. — Алма-Ата, 1948. — 371 с.
- 11 Померанцев Б.И. Иксодовые клещи / Б.И. Померанцев // Фауна СССР. Паукообразные. — 1950. — Т. IV. Вып. 2. — 223 с.
- 12 Колонин Г.В. Распространение иксодовых клещей / Г.В. Колонин. — М.: Наука, 1984. — 93 с.
- 13 Бахаева А.В. Фауна клещей Западной Туркмении / А.В. Бахаева // Научная конференция по природной очаговости и эпидемиологии особо опасных заболеваний. — Саратов, 1957. — С. 36, 37.
- 14 Сержанов О.С. Размещение клещей надсемейства *Ixodoidea* по различным ландшафтам Каракалпакии / О.С. Сержанов, С.Г. Боровский, Б.К. Куцанов, Д.К. Карабалаев, А.У. Утенов // Материалы IV науч. конф. по природной очаговости и профилактике чумы. — Алма-Ата, 1965. — С. 241–243.
- 15 Куклина Т.Е. Фауна иксодовых клещей Узбекистана / Т.Е. Куклина. — Ташкент, 1976. — 145 с.
- 16 Филиппова Н.А. Иксодовые клещи подсем. *Amblyomminae* / Н.А. Филиппова // Фауна России и сопредельных стран. Паукообразные. — 1997. — Т. IV. Вып. 5. — 434 с.
- 17 Ушакова Г.В. Роль диких животных в циркуляции иксодовых клещей (*Parasitiformes, Ixodidae*) в природе / Г.В. Ушакова, В.А. Фадеев, Е.Ф. Савинов // Паразитические клещи и насекомые Казахстана. — Алма-Ата, 1976. — С. 91–99.
- 18 Лосева Е.И. Иксодовые клещи Кызыл-Ординской области / Е.И. Лосева // Труды Ин-та зоологии. — 1963. — Т. XIX. — С. 180–190.
- 19 Сержанов О.С. Иксодовые клещи Каракалпакии как возможные хранители возбудителя лихорадки Ку в природе / О.С. Сержанов, Н.П. Максименко, Н.А. Адунц, А.Е. Чурбакова, Н.П. Лиманский // Материалы IV науч. конф. по природной очаговости и профилактике чумы. — Алма-Ата, 1965. — С. 244–246.
- 20 Галузо И.Г. Дикие животные как носители возбудителей заразных болезней сельскохозяйственных животных и природный источник заражения / И.Г. Галузо // Тр. Ин-та ветеринарии. — 1954. — Т. VI. — С. 301–313.
- 21 Коренберг Э.И. Изучение благородных оленей (*Cervus elaphus*) в сопряженных очагах клещевого энцефалита, рикетсиозов, лептоспирозов и туляремии / Э.И. Коренберг, А.А. Пчелкина, И.З. Солошенко, Т.Н. Дунаева // Зоолог. журн. — 1975. — Т. LIV. Вып. 7. — С. 1057–1065.

3.3. Саякова, А.Б. Есжанов

Оңтүстік Балқаш маңында *Rhipicephalus leporis* (Arai, Ixodidae) кенелерін табу туралы

Иксодид кенелер көптеген трансмиссивті инфекциялардың, соның ішінде әсіресе қауіпті инфекциялардың тасымалдаушысы болып табылады. Қансорғыш буынаяқтылардың осы тобының медициналық және ветеринарлық маңыздылығын бағалау аса қиын болғанымен, Қазақстанның иксодидті кенелерінің фаунасын қарқынды зерттеу кеңестік кезеңде болғандығы белгілі, ал КСРО ыдырағаннан кейін иксодидті кенелердің фаунасы мен таксономиясын зерттеу тек эпизодтық сипатта ғана болды. Бүгінгі таңда Қазақстан Республикасындағы иксодидті кенелердің фаунасы осы қансорғыш өрмекшітәрізділердің 42 түрін қамтиды, ал кенелердің кейбір түрлері туралы ақпарат көбінесе фрагменттік сипатта кездеседі. Мәселен, Іле-Балқаш табиғи қорғалымының жалаушасына дейінгі жүргізілген зерттеу нәтижесінде авторлар барлығы 65 иксодид кене үлгісін жинаған. Сәйкестендіру барысында жиналған кенелердің *Rhipicephalus* тұқымдасына жататынын анықтауға мүмкіндік туды, ал түрді саралау кезінде барлық жиналған кенелер *Rh. leporis* түріне жатады. Кенелер негізінен тұрғын үй-жайлардың айналасында шоғырланған, бірақ ең көп саны кермаралдар (*Cervus elaphus bactrianus*) ұсталған қора маңында байқалды. Бір қызығы, кененің бұл түрі осы аумақта бұрын көрсетілмеген және оны авторлар алғаш рет осы жерден тапқан. Іле-Балқаш табиғи қорғалымының аумағында мекендейтін иксодидті кенелердің фаунасы туралы жаңа мәліметтер алу үшін амур жолбарысын (*Panthera tigris tigris*) жоспарлы интродукциялау маңызды болуы мүмкін, өйткені иксодидті кенелер зооноздық аурулардың көп мөлшерін тасымалдайды. Осылайша жолбарыстарды интродукциялау үшін кешенді тәуекелді бағалауға ықпал етеді және жоспарланған қызметтің табыстылығын арттыруы мүмкін.

Кілт сөздер: кенелер, эктопаразиттер, омыртқасыздар, түрлер, таралу аумағы, инфекциялар, таратушы, интродукция, биологиялық қауіптер.

Z.Z. Sayakova, A.B. Yeszhanov

About the finding of mites *Rhipicephalus leporis* (Arai, Ixodidae) in the southern Balkhash region

Ixodid mites are vectors of many transmissible infections, including especially dangerous ones. Although the medical and veterinary significance of this group of blood-sucking arthropods can hardly be overestimated, nevertheless, it is known that intensive study of the fauna of ixodid mites in Kazakhstan fell on the Soviet period, and after the collapse of the USSR, studies of the fauna and taxonomy of ixodid mites were only episodic. Today, the fauna of ixodid mites of the Republic of Kazakhstan includes 42 species of these blood-sucking arachnids, while information on some species of mites is often fragmentary. So, as a result of a survey conducted on the territory of the Ile-Balkhash reserve for the flag, the authors collected 65 specimens of ixodid mites in total. In the course of identification, it was possible to establish that collected mites belonged to the genus *Rhipicephalus*, and upon species differentiation, all the collected mites turned out to be *Rh. leporis*. Mites concentrated mainly around living quarters, but the largest number was noted near the enclosure where Bukhara deer (*Cervus elaphus bactrianus*) were kept. Noteworthy there is the fact that earlier these species of mite was not indicated for this territory and was discovered by the authors here for the first time. Obtaining new information about the fauna of ixodid mites living on the territory of the Ile-Balkhash reserve may be important for the planned introduction of the Amur tiger (*Panthera tigris tigris*), since ixodid mites carry a large number of zoonotic diseases. Thus it will contribute to a comprehensive risk assessment for tiger introductions and may enhance the success of the planned activity.

Keywords: mites, ectoparasites, invertebrates, species, range, infections, vector, introduction, biological risks.

References

- 1 Balashov, Yu.S. (1967). *Krovososushchie kleshchi (Ixodoidea) — perenoschiki boleznei zivotnykh i cheloveka [Blood-sucking mites (Ixodoidea) — carriers of animal and human diseases]*. Leningrad [in Russian].
- 2 Balashov, Yu.S. (1998). *Iksodovye kleshchi — parazity i perenoschiki infektsii [Ixodic mites — parasites and carriers of infections]*. Saint Petesburg [in Russian].
- 3 Grazhdanov, A.K., Tanitovskii, V.A., Bidashko, F.G., Belonozhkina, L.B., Rakhmankulov, R.R., Andriushchenko, V.V. & Satybaev, S.M. (2007). *Iksodovye kleshchi — perenoschiki opasnykh infektsii na yuge Zapadno-Kazakhstanskoi oblasti [Ixodic*

mites — carriers of dangerous infections in the South of the West Kazakhstan region]. *Karantinnye i zoonoznye infektsii v Kazakhstane — Quarantine and zoonotic infections in Kazakhstan*, 1–2 (15–16), 88–92 [in Russian].

4 Kolonin, G.V. (2007). Mlekopitaiushchie kak khoziaeva iksodovykh kleshchei (*Acarina*, *Ixodidae*) [Mammals as hosts of ixodic mites (*Acarina*, *Ixodidae*)]. *Zoologicheskii zhurnal — Zoological journal*, 86 (4); 421–433 [in Russian].

5 (1989). *Kniga Geneticheskogo fonda fauny Kazakhskoi SSR. Ch. 1. Pozvonochnye zhivotnye [Book of the genetic fund of the fauna of the Kazakh SSR. Part 1. Vertebrates]*. Alma-Ata [in Russian].

6 (2010). *Krasnaia kniga Respubliki Kazakhstan. T.I. Zhivotnye. Ch. 1. Pozvonochnye [Red Book of the Republic of Kazakhstan. Vol. I. Animals. Part 1. Vertebrata]*. Almaty [in Russian].

7 Manilova, E.A. & Shakhmatov, G.N. (2008). Parazitofauna dikikh i domashnikh zhivotnykh zapovednika “Tigrovaia balka” [Parasitofauna of wild and domestic animals of the Tiger Beam Reserve]. *Izvestiia AN Respubliki Tadzhikistan. Otdelenie biologicheskikh i meditsinskikh nauk — Proceedings of AS of Republic Tajikistan. Department of biological and medical sciences*, 3(164); 50–56 [in Russian].

8 Atshabar, B.B., Burdelov, L.A., & Sadovskaia, V.P. et al. (2012). *Atlas rasprostraneniia osobo opasnykh infektsii v Respublike Kazakhstan (Atlas of Especially Dangerous Infections in the Republic of Kazakhstan)*. Almaty [in Russian].

9 Filippova, N.A. (1977). *Iksodovye kleshchi podsemeistva Ixodinae [Ixodic mites of subfamily Ixodinae]*. Saint Petersburg, 4 (4); 396 [in Russian].

10 Galuzo, I.G. (1948). *Krovososushchie kleshchi Kazakhstana [Blood-sucking mites of Kazakhstan]*. Alma-Ata, 3; 371 [in Russian].

11 Pomerantsev, B.I. (1950). Iksodovye kleshchi [Ixodic ticks]. *Fauna SSSR. Paukoobraznye — Fauna of USSR. Arachnid*, 4, 2 [in Russian].

12 Kolonin, G.V. (1984). *Rasprostranenie iksodovykh kleshchei [Distribution of ixodic mites]*. Moscow: Nauka [in Russian].

13 Bakhaeva, A.V. (1957). Fauna kleshchei Zapadnoi Turkmenii [Fauna of mites of Western Turkmenistan]. *Nauchnaia konferentsiia po prirodnoi ochagovosti i epidemiologii osobo opasnykh zabolevanii — Scientific Conference on Natural Focus and Epidemiology of Especially Dangerous Diseases*, 36–37 [in Russian].

14 Serzhanov, O.S. Borovskii, S.G., Kushchanov, B.K., Karabalaev, D.K. & Utenov, A.U. (1965). Razmeshchenie kleshchei nadsemeistva *Ixodoidea* po razlichnym landshaftam Karakalpakii [Placement of *Ixodoidea* superfamily mites across different landscapes of Karakalpakia]. *Materialy IV nauchnoi konferentsii po prirodnoi ochagovosti i profilaktike chumy — Proceedings of the IV Scientific Conference on Natural Foci and Plague Prevention*. Alma-Ata, 241–243 [in Russian].

15 Kuklina, T.E. (1976). *Fauna iksodovykh kleshchei Uzbekistana [Fauna of ixodic mites of Uzbekistan]*. Tashkent [in Russian].

16 Filippova, N.A. (1997). Iksodovye kleshchi podsemeistva *Amblyomminae* [Ixodic mites of subfamily *Amblyomminae*]. *Fauna Rossii i sopredelnykh stran. Paukoobraznye — Fauna of Russia and neighboring countries. Arachnoid*, IV (5); 434 [in Russian].

17 Ushakova, G.V., Fadeev, V.A. & Savinov, E.F. (1976). Rol dikikh zhivotnykh v tsirkulatsii iksodovykh kleshchei (*Parasitiformes*, *Ixodidae*) v prirode [Role of wildlife in the circulation of ixodic mites (*Parasitiformes*, *Ixodidae*) in nature]. *Paraziticheskie kleshchi i nasekomye Kazakhstana — Parasitic mites and insects of Kazakhstan*. Alma-Ata, 91–99 [in Russian].

18 Loseva, E.I. (1963). Iksodovye kleshchi Kyzyl-Ordinskoi oblasti [Ixodic mites of the Kyzyl-Orda region]. *Trudy Instituta zoologii — Proceedings of Zoology Institute*, XIX; 180–190 [in Russian].

19 Serzhanov, O.S. Maksimenko, N.P., Adunts, N.A., Churbakova, A.E. & Limanskii, N.P. (1965). Iksodovye kleshchi Karakalpakii kak vozmozhnye khraniteli vzbuditelii likhoradki Ku v prirode [Ixodic mites of Karakalpakia as possible guardians of the causative agent of Ku fever in nature]. *Materialy IV nauchnoi konferentsii po prirodnoi ochagovosti i profilaktike chumy — Proceedings of the IV Scientific Conference on Natural Foci and Plague Prevention*. Alma-Ata, 244–246 [in Russian].

20 Galuzo, I.G. (1954). Dikie zhivotnye kak nositeli vzbuditelei zaraznykh boleznei selskokhoziaistvennykh zhivotnykh i prirodnyi istochnik zarazheniia [Wild animals as carriers of infectious diseases of farm animals and a natural source of infection]. *Trudy Instituta veterinarii — Proceedings of the Institute of Veterinary Medicine*, VI; 301–313 [in Russian].

21 Korenberg, E.I., Pchelkina, A.A., Soloshenko, I.Z. & Dunaeva, T.N. (1975). Izuchenie blagorodnykh olenei (*Cervus elaphus*) v sopriazhennykh ochagakh kleshchevogo entsefalita, rickettsiozov, leptospirozov i tuliaremii [Study of red deer (*Cervus elaphus*) in conjugate foci of tick-borne encephalitis, rickettsioses, leptospirosis and tularemia]. *Zoologicheskii zhurnal — Zoological Journal*, LIV (7); 1057–1065 [in Russian].

S.S. Tulakpayeva*, A.M. Aitkulov, G.O. Zhuzbaeva

Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan

**Corresponding author: tsalltanat123@gmail.com*

Overview of health-saving skills developing technologies

The article reviews and compares the diversity of health-saving skills developing technologies in different studies of educational process, that provide knowledge and skills to maintain well-being of students. First year students face challenges that are threatening their physical and mental health, and undergo the new self-destroying habits like smoking, drinking, alcohol, depravation of sleep, bad nutrition etc. First year students' adaptation should be followed with attention to develop independent health-saving skills. The technologies developing health-saving skills, like researched-based programs, theoretical base and skills are reviewed and widely examined. The article contains analyzed information on health-saving skills, methods of developing health-saving skills, socioeconomic status and health-related quality of life, and use health-related quality of life (HRQOL) as criteria to differentiate level of impact on academic success of students. The role of efficient and promising technologies of developing health-saving skills on changing attitude about wellbeing and health, bringing understanding among freshman students about influence of health on academic success and other aspects of life is overviewed. Compared technologies developing health-saving skills affect academic success of students on the different level of approach, and it concludes that for a great change, it is better to use skill-based method.

Keywords: health-saving skills, skilled-based education, research-based programs, theory-based education, physical and mental health, first year students.

Introduction

Young people of age 16 to 21-year-old have to face life-changing transitions, between the two most important educational institutes – school and university. Provided with huge stress from the new environment, studying processes, and change in social status, high school graduates are going through a lot of difficulties. Studying at the university opens opportunities that were closed to first-year students, due to status and age. The opportunities not only include new social encounters, more traveling and working, but also easier access to smoking, drinking alcohol, and other self-destructing activities, that before were prevented by parental supervision, for example, daily regime, constant both mental and physical examination, nutrition, etc. In research of USA Mid-Western youth by M. Nichter, students in their first year of college start smoking and drinking alcohol, even though the majority of first-year students hadn't reached the legal age to buy cigarettes or alcohol. They have fewer physical activities, first exams, and the necessity of learning a big amount of information in a short time, resulting in stress, insomnia, and problems with mental and physical health.

The research was based on counting the number of times that students were exposed to cigarettes and alcohol, and the times they drink and smoke in a month. Reaching numbers, 60 % were students, part-time smokers, with the habit to drink when it's not necessary, revealing pressure not only from student mates but from the intense studying process too [1]. Health-saving technologies are one measuring system that connects factors in the educational environment. Health-saving technologies are methods that include a special function approach for physical and mental health, in the pedagogical process of the educational organizations.

As a result, students create critical knowledge about their health and how to maintain their well-being. But researchers who only focus on mental health are not providing full reasoning and outcomes of the stress and pressure that first-year students are going through. Excluding physical health damage often promotes specific mental health agenda. Braun-Lewensohn and Mayer's work, which specialized on the issue of stress and coping mechanisms provides salutogenesis strategies for educators to create the best socioeconomic status (SES) for students [2].

Chunyan Fan provides the studies about the measurement of physical health problems of young adults in China and concludes that examination of students' physical health over the long distance (800 m for women, 1000 m for men), compared to short distance run (20 m), negatively effect on the value of inhaled oxygen, within running measured data and physical health status. Given examples of Japan and Russia, Fan also

emphasized that these countries prioritize physical health over mental health by creating the best environment for physical activities [3].

The overall connection between students' health and academic success is very complex. The topic of studies highlights broad relations between health and academic success by the World Health Organization and many other official science groups. For example, associations between students' poor nutrition and unstable sleep regimes give quick and immediate results, and without extended aims and health-saving methods it could lead to obesity and sleep deprivation [4]. This paper will review different strategies for evaluating health-saving knowledge and skills to define the operated one.

Experimental

Analysis of strategies to evaluate health-saving skills included literature sources, scientific studies measured mostly in SES that indicates occupation measurement and physical health and in health-related quality of life (HRQOL) that affected by educational level on physical, mental, emotional, and social gratitude of young people [5, 6]. Reviewed methods: researched-based programs, theoretically based and skill-based, represent the most studied and researched strategies for developing health-savings skills in educational organizations.

Results and discussion

Participation and learning about health is the traditional way to integrate health-saving skills and knowledge, democratic participation, and learning methods about health. Organize health-saving seminars and exercises to increase physical activity among students. Use agitation about mental health that focuses on the upfront connection from educational organizations (school, etc.) and students are not obliged to participate in the activities. Theoretical-based methods are used in the educational system very often, do not specify for smaller groups of students, and exclude the factor of "the participation tyranny". The token participation also was a result of obligatory participation, caused focusing participants on information about health, consequences, and effects of misconduct wellbeing, and made them ready to immediately change on lifestyle to healthier behavior only for some individuals. Instead, genuine participation made known the process behind the behavior, understood the personal meaning of the durable responsibility for health, and criticized social constructs of health in specific topics. L.M. Buffart studied the genuine participation in health-related events was different, depended on the theme of the event, and showed that general topics about health were the most participated in daily activities, such as homework, lectures, were preventing students to go to these events. And HRQOL of participants was low reached for men ($p = 0.04$) and for women ($p = 0.02$) is average for people 45–55 years old, and for young adults [7–10].

One of the newest technologies of the health-saving knowledge includes creating and programming research-based methods for one university campus, with students' medical data provided by admission papers, and additional medical data that will be updated in the future. Arranging and planning-based methods rely on information in the database but meet a shortage of qualified staff to work with a program. Information on the well-being and academic success of students should be saved, referenced, and divided into groups. This approach is very inclusive and targeted at specific groups of students with different health issues. The information should be saved in the database, calculated, and monitored, and after that, the department of health of a particular university should plan special events for these specific groups of students. Then, based on the university's recourses and professional ability to arrange those special events, it will change the SES of students. The organizers of the program should update the information regularly. But most of the time, an efficient way to program and model the setting of HQROL, is usually made by students as part of the research, and self-made databases and programs expire their novelty pretty soon for lack of professionally focused staff. The following advance requires data and instruments to supply the information to organizers for course adjustment and to record the effect. Whitman, in her review, emphasized that while being the new technology in the late 90s and early 2000s, programed base health-saving modeling was showing decreased saturated fat and cholesterol of both young men and women, but only focusing on the impact on physical health in HQROL [11–14].

The theoretical base for skills-based health education is focused on the implementation and creation of health-saving skills in the pedagogical process by creating an environment of need to learn communication, coping, self-management and critical thinking skills to prevent some self-destroying habits and provide for stoic knowledge of the importance of health, by regulating academic process (Fig.). The main goal of the theoretical base method is the development of student who can recognize self-destructing activities and con-

nect to not only their academic success but also long term health status. S. Nazarpour compares the skills-based education and practice randomized trial health study, notes that skill-based education was more progressing among participants and more viable than just addressing information. Observed groups of teenage girls in Tehran, showed a significant difference in the amount of knowledge, making the skill-based method more efficient. The following increase from $p = 0.002$ to $p = 0.045$ in the skill-based group and $p = 0.002$ to $p = 0.034$ of HQROL in the lecture-based group. After the experiment, it has shown that both methods were making progress in informing students, but with different periods and quality of gained skills. For example, small-focused tasks with specific involvement are more reliable than stated facts about the well-being of young people. The lectures were similar to the most of the previous examples of events, where information would be explained in facts and statements, resulting in some skill knowledge, yet weren't effective as non-direct learning seminars to teach about the health-saving skills [15–16].

Technologies developing health-saving skills	Advantages	Disadvantages
theoretical base	<ul style="list-style-type: none"> classical organization of educational lectures needed minimum resources wide broad audience of listeners 	<ul style="list-style-type: none"> relied on genuine participation, that based on general image of health loose amount of participants uncertain method result
researched-based programs	<ul style="list-style-type: none"> Creates a 4-5 year-long of an organize data-base, that contains medical information Includes planned interactive events Can be regulated by students themselves Approach inclusive and targeted groups 	<ul style="list-style-type: none"> heavy relied on additional sponsorship in need of qualified specialist to create programmed data-base; and constant examination of data-base in need of specific accesses to the medical information
skill-based	<ul style="list-style-type: none"> needed minimum resources teaches self-management and critical thinking develops critical thinking skills towards self-destructing behavior exclusive involvement of specific groups of students 	<ul style="list-style-type: none"> heavy relied on methodical work of teachers not effective with non-direct learning ineffective with wide broad audience of listeners

Figure. Major advantages and disadvantages of the three developing health-saving skills technologies

In the deep dive of integration assessments for skill-based health education, Francisca Chika Anyanwu gave informal examples of bad and good assignments to promote better understatement of HIV/AIDS in Nigerian schools. She emphasized the importance of personal experience through the humanization questions that students answer with themselves and their close people in mind. But it should be short, without double-barreled meaning. Different types of assessments provide: involving, demonstration, observation, or conversation are necessary to create health-saving skills. But take into consideration that not every topic student can experience, so often teachers use self-report instruments or assessments of learning knowledge or attitude, mixing them up or using more than one. Developing attitudes and skills towards health importance is a complicated system, where primal is skill-based education. In consideration, the perception of one student about smoking can be revealing to his classmates, with acknowledgment towards the possibility of a compromised response. Though, shared experiences and information through conversations can give students a base for following behavioral choices [17–20].

Conclusion

It is important to create and develop health-saving skills for young adults, who are changing their environment, and social circles and have no access to alcohol, cigarettes, etc. The reviewed health-saving technologies in this paper have advantages and disadvantages in the organizational, practical, and theoretical

fields of the research. Some of them are outdated in the perspective of the renewed educational system we have right now. Comparatively, skill-based technology to programmed and theory-base are sufficient to use with first-year students. It involves students in self-development and self-learning skills that were originally presented in unrelated topics to health but eventually create habits and beliefs that help students take care of their health. Therefore, educators should integrate skill-based technology into their pedagogical process to create a better understanding of health, especially among first-year students.

References

- 1 Nichter, M., Nichter, M., Carkoglu, A. & Lloyd-Richardson, E. (2009). The Tobacco Etiology Research Network (TERN). Smoking and drinking among college students: "It's a package deal". *Drug and Alcohol Dependence*, 106(1); 16–20. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2009.07.025>
- 2 Braun-Lewensohn, O. & Mayer, C-H. (2020). Salutogenesis and Coping: Ways to Overcome Stress and Conflict. *Int J Environ Res Public Health*, 17 (18); 6667. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186667>
- 3 Fan, C. (2021). The Physical Health Evaluation of Adolescent Students Based on Big Data. *Hindawi. Mobile Information Systems*, 2021 (1); 1–6. <https://doi.org/10.1155/2021/2356869>
- 4 Matingwina, T. (2018). Health, Academic Achievement and School-Based Interventions. *Health and Academic Achievement*, 1; 143–157. <https://doi.org/10.5772/intechopen.76431>
- 5 Matthews, K. A., & Gallo, L.C. (2011). Psychological Perspectives on Pathways Linking Socioeconomic Status and Physical Health. *Annual Review of Psychology*, 62; 501–530. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.031809.130711>
- 6 Gil-Lacruz, M., Gil-Lacruz, A.I. & Gracia-Perez, M.L. (2020). Health-related quality of life in young people: the importance of education. *Health and Quality of Life Outcomes*, 18 (1); 187. <https://doi.org/10.1186/s12955-020-01446-5>
- 7 Simovska, V. (2005). Participation and Learning about Health. *The Health Promoting School: International Advances in Theory, Evaluation and Practice*; 173–192.
- 8 Buffart, L.M., van den Berg-Emons, R.J. G., van Meetere, J., Stam, H.J. & Roebroek, M.E. (2009). Lifestyle, participation, and health-related quality of life in adolescents and young adults with myelomeningocele. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 51 (11); 886–894. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03293.x>
- 9 Buffart, L.M. (2008). Physical Activity and Fitness in Adolescents and Young Adults with Myelomeningocele. *Optima Grafische Communicatie, Rotterdam, The Netherlands*; 31–48.
- 10 Fryback, D.G., Dunham, N.C., Palta, M., Hanmer, J., Buechner, J., Cherepanov, D. & Herrington, S. (2007). U.S. Norms for Six Generic Health-Related Quality-Of- Life Indexes From The National Health Measurement Study. *Medical Care*, 45 (12); 1162–1170. <https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e31814848f1>
- 11 Whitman, C.V. (2005). Implementing Research-based Health Promotion Programmes in School: Strategies for Capacity Building. *The Health Promoting School: International Advances in Theory, Evaluation and Practice*; 107–135.
- 12 Chilton, R., Wyatt K. & Abraham C. (2015). Implementing health promotion programmes in schools: a realist systematic review of research and experience in the United Kingdom. *Implement Sci.*, (10); 149. <https://doi.org/10.1186/s13012-015-0338-6>
- 13 Mashamba, J., Mohamed S. & Onya H. (2022). Building Competency for Health Promoting Schools Development in Resource-Limited Settings: Case Studies from South Africa. *Health Promotion. IntechOpen*, 2022. <https://doi.org/10.5772/intechopen.104863>
- 14 Marcus, B. (2017). Using Theory and Technology to Promote Physical Activity to Promote Physical Activity Adoption and Maintenance. *Keynote Presented at the American College of Sports Medicine Health & Fitness Summit*. Electronic resource. Regime of access: <https://www.youtube.com/watch?v=Ipz8jk9YDE8>
- 15 Aldinger, C. & Whitmann, C.V. (2005). Skills for Health: Skills-Based Health Education to Teach Life Skills. *The Health Promoting School: International Advances in Theory, Evaluation and Practice*; 151–171.
- 16 Nazarpour, S., Arabi, Z., Simbar, M. & Keshavarz, Z. (2020). A Comparison Between the Skills-Based Education with a Lecture-Based Education on Female Adolescents' Knowledge, Attitude and Practice about Health in Puberty: A Randomized Trail Study. *Advances in Nursing and Midwifery*, 29 (3); 15–23. <https://doi.org/10.29252/anm-29565>
- 17 Anyanwu, F.Ch. & Reuben, O.S. (2016). Retooling Assessment Procedures for Skill-based Health Education for Young People in Nigeria: Implications for 21st Century Educational Assessment. *Universal Journal of Educational Research*, 4 (1); 58–64.
- 18 Darling-Hammond, L. & Adamson, F. (2010). Beyond Basic Skills: The Role of Performance Assessment in Achieving 21st Century Standards of Learning. *Stanford, CA: Stanford University, Stanford Center for Opportunity Policy in Education*.
- 19 Nuha, I. (2017). Using Performance Task-GRASPS to Assess Student Performance in Higher Education Courses. *American Journal of Educational Research*, 5(5); 552–558. <https://doi.org/10.12691/education-5-512>
- 20 Akhmedova, E.M., Petrova, N.F., Pashina, S.A., Uvarova, N.N. & Dudaev, G.S. -H. (2020). Moral and Psychological State of the Student's Personality During End-of-Term Exams. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 25(5). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3984195>

С.С. Тулакпаева, А.М. Айткулов, Г.О. Жузбаева

Денсаулық сақтау дағдыларын қалыптастыру технологияларына шолу

Мақалада білім алушылардың әл-ауқаты мен оқу жетістіктерін қолдау үшін білім мен дағдыларды қамтамасыз ететін оқу үдерісін әртүрлі зерттеулерде біліктілік пен дағдыларды дамытуға арналған денсаулық сақтау технологияларының алуан түрлілігі талқыланған және салыстырылған. Оқуға келген кезде бірінші курс студенттері өздерінің физикалық және психикалық денсаулығына қауіп төндіретін мәселелерге тап болады, сонымен қатар темекі шегу, ішімдік ішу, ұйқының дұрыс болмауы, дұрыс тамақтанбау және т.б. сияқты өзін-өзі бұзатын жаңа әдеттерге ұшырайды. Зерттеу бағдарламалары, теориялық негіз және дағдылар сияқты денсаулық сақтау дағдыларын дамыту технологиялары қарастырылып, кеңінен зерттелген. Мақалада денсаулық сақтау дағдылары, денсаулық сақтау дағдыларын қалыптастыру әдістері, әлеуметтік-экономикалық мәртебе және денсаулыққа байланысты өмір сапасы, сондай-ақ білім алушылардың академиялық жетістіктеріне әсер ету деңгейін саралау критерийлері ретінде денсаулыққа байланысты өмір сапасын (HRQOL) пайдалану туралы талданған ақпарат берілген. Бірінші курс студенттерінде салауаттылық пен денсаулыққа деген көзқарасты өзгерту, денсаулықтың оқу үлгеріміне және өмірдің басқа да аспектілеріне әсері туралы түсінікті қалыптастыруда денсаулықты сақтау дағдыларын қалыптастырудың тиімді және перспективалы технологияларының рөлі қарастырылған. Салыстырылған денсаулық дағдыларын дамыту технологиялары студенттердің оқу жетістіктеріне көзқарастың әртүрлі деңгейінде әсер етеді және үлкен өзгерістер үшін дағдыға негізделген әдісті қолданған дұрыс деген қорытынды жасалған.

Кілт сөздер: денсаулық сақтау дағдылары, дағдыға негізделген әдістер, зерттеуге негізделген бағдарламалар, теориялық білім, физикалық және психикалық денсаулық, бірінші курс студенттері.

С.С. Тулакпаева, А.М. Айткулов, Г.О. Жузбаева

Обзор технологий формирования здоровьесберегающих навыков

В статье рассмотрено и сравнено многообразие здоровьесберегающих технологий развития умений и навыков в различных исследованиях образовательного процесса, дающих знания и умения для поддержания благополучия и академического успеха студентов. Студенты-первокурсники сталкиваются с проблемами, которые угрожают их физическому и психическому здоровью, и подвергаются новым саморазрушающим привычкам, таким как курение, употребление алкоголя, лишение сна, плохое питание и т.д. Адаптация студентов-первокурсников должна сопровождаться вниманием к развитию самостоятельных здоровьесберегающих навыков. Технологии развития здоровьесберегающих навыков, такие как исследовательские программы, теоретическая база и навыки, рассматриваются и широко исследуются. В статье приведена информация о здоровьесберегающих навыках, методах формирования здоровьесберегающих навыков, социально-экономическом статусе и связанном со здоровьем качестве жизни, а также использование качества жизни, связанного со здоровьем (HRQOL), в качестве критериев дифференциации уровня воздействия, на академические успехи учащихся. Рассмотрена роль эффективных и перспективных технологий формирования здоровьесберегающих навыков в изменении отношения к благополучию и здоровью, формировании у первокурсников понимания влияния здоровья на успеваемость и другие стороны жизни. Сравнимые технологии развития здоровьесберегающих навыков влияют на академическую успешность студентов на разном уровне подхода. Кроме того, сделан вывод о том, что для больших изменений лучше использовать метод, основанный на навыках.

Ключевые слова: здоровьесберегающие навыки, методы, основанные на навыках, программы, основанные на исследованиях, теоретическое образование, физическое и психическое здоровье, студенты-первокурсники.

Б.А. Туралин^{1*}, Г.М. Атаева¹, И.Ж. Молдекова¹, С.Т. Сырымбетов¹,
А. Абдукаримов¹, К.Т. Абидкулова², Н.В. Курбатова², Ә.Қ. Сәскебай³

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актюбе, Казахстан;

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

³Иргиз-Тургайский государственный природный резерват, Иргиз, Казахстан

*Автор для корреспонденции: bauke_1982@mail.ru

Сравнение анатомического строения двух популяций реликтового вида *Populus pruinosa* Schrenk (*Salicaceae* Mirb.), произрастающего в Актюбинской области

В статье представлены результаты исследования анатомии вегетативных органов (побеги, почки, листовые пластинки и черешки) *Populus pruinosa* Schrenk. Изучаемый вид входит в состав уязвимых, третьичных реликтовых, имеет статус 2 (U) во флористическом комплексе Актюбинской области. Исследовательский материал был собран в двух популяциях *Populus pruinosa* Schrenk: первая популяция — растет в Иргизском районе, в 10 км на юго-востоке с. Тауип, 143 м над ур. м., 48,11267° с. ш., 62,11620° в. д.; вторая — в Иргизском районе в 35 км (местность Жыланды) на южной части с. Нура 167 м над ур. м., 48,74523° с. ш., 62,51491° в. д. Произрастает вид по пескам и галечникам, на солончаках, одиночно или рошицами вдоль рек, которые подверглись анатомо-морфологическому исследованию на микро- и макрокопическом уровнях. Выбор темы был произведен в соответствии с учетом эндемичности, значимости и актуальности вопросов по сохранению биоразнообразия, а именно *Populus pruinosa* Schrenk для флоры Актюбинской области. Природные популяции имеют особое значение для исследования, потому что отражают многие аспекты, интересные для науки, такие как жизненный цикл, анатомическое строение, продолжительность жизни. Полученная информация об особенностях анатомического строения вегетативных органов *Populus pruinosa* Schrenk будет использована в дальнейшем для диагностики этого вида, при изучении его фитохимического состава.

Ключевые слова: тополь сизый, побеги, почки, листовые пластинки и черешки, анатомическое исследование, анатомическое строение, морфологическое строение.

Введение

Проблема охраны и рационального использования генофонда растений, в том числе реликтовых видов, в настоящее время приобрела актуальное значение. Для сохранения видов растений, состояние которых в природе вызывает серьезные опасения, требуется учет всех видов растений, нуждающихся в охране. Для сохранения природных степных экосистем, биоразнообразия, охраны редких видов флоры и поддержания их устойчивой биологической продуктивности необходимы общие мероприятия по международным и национальным стратегиям сохранения ландшафтного и биологического разнообразия. Например, требуется выявление ценных участков, территорий, которые послужат эталонами биопродуктивности, флористического состава и структуры степных сообществ нашей области. Также необходимо развивать в Актюбинской области систему охраны местообитаний узкоареальных видов, таких как *Populus pruinosa* Schrenk [1]. Природная популяция имеет особое значение для исследования, потому что отражает многие аспекты, интересные для науки, такие как жизненный цикл, анатомическое строение, продолжительность жизни, степень развития вегетативных и генеративных органов, количество образовавшихся семян и проростков, состояние почв и экология, в целом. Так, тополь размножается вегетативно (черенками, корневыми отпрысками), но в природе размножение происходит семенами, поэтому степень их распространения и всхожесть имеют большое значение в научных экспериментах.

Объектами исследования были две популяции реликтового вида *Populus pruinosa* Schrenk, произрастающие в Актюбинской области. Нами на территории Актюбинской области были найдены типичные популяции реликтового вида *Populus pruinosa* Schrenk, которые подверглись анатомо-морфологическому исследованию. При этом проводилась оценка абиотических факторов, а именно: состав почвы, засоленность, температура, влажность, кислотность; оценивали их влияние на габитус и анатомическое строение на клеточном уровне [2, 3].

Объектом изучения является тополь сизый, или туранга сизолистная, — *Populus pruinosa* Schrenk семейства *Salicaceae* Mirb. Цель исследования — определение анатомо-морфологического строения, которое может послужить основой для биоиндикаторного анализа и оценки состояния окружающей среды [4, 5].

Материалы и методы исследований

Материал был собран в период полевых исследований маршрутным методом по общепринятой методике в сочетании с методом выборных проб [1]. В результате маршрутных обследований в Актюбинской области были обнаружены две популяции *Populus pruinosa* Schrenk:

1) первая популяция — растет в Иргизском районе, в 10 км на юго-востоке с. Тауип, 143 м над ур. м., 48,11267° с. ш., 62,11620° в. д.;

2) вторая популяция — в Иргизском районе в 35 км (Жыланды) на южной части с. Нура 167 м над ур. м., 48,74523° с. ш., 62,51491° в. д.

Ареал вида приходится на Центральную Азию. Деревья растут на песках и солончаках одиночно или рощами вдоль рек, по речным долинам. Изучаемый вид входит в состав уязвимых, третичных реликтов, имеет статус 2 (U) во флористическом комплексе Актюбинской области [6].

Populus pruinosa относится к галофилам, псаммофитам по эколого-биологической классификации растений. Представляет собой деревья средней высоты, от 7 до 12 м, с неровным стволом, крона средней густоты в форме шара или шатра, кора толстая, побеги желто-буро-войлочные, листья крупные, до 5 см [7, 8].

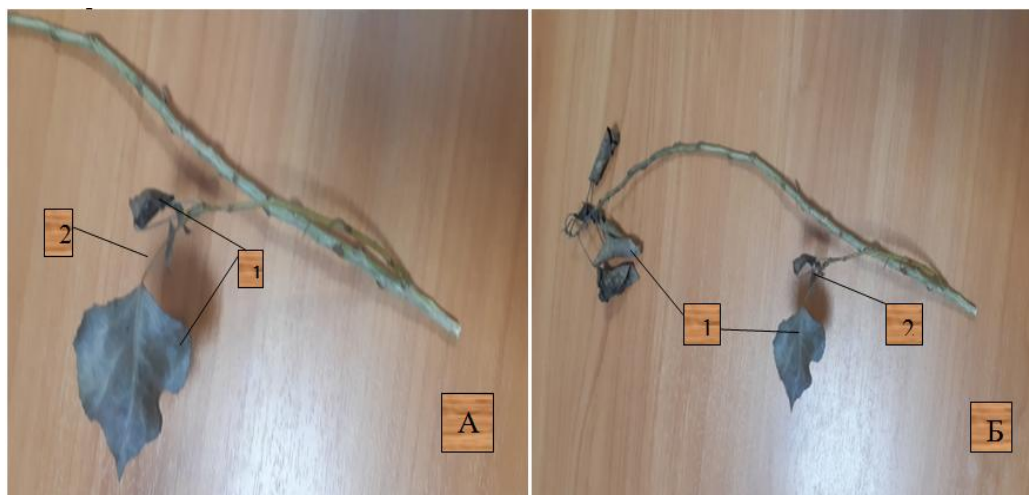
Образцы растений брали из гербарного материала. Анатомические препараты фиксировали в смеси спирта, глицерина и воды (в соотношении 1:1:1). При изготовлении препаратов использовались принятые в анатомии растений методы [9]. Анатомические препараты были изготовлены вручную — с помощью обыкновенных бритв. Микроскопический анализ произведен с помощью микроскопа с объективами 10×, 20× с последующим фотографированием полученных препаратов. При описании анатомии уделяли внимание развитию тканей, коре, паренхиме, мезофиллу и т.д.

Результаты и их обсуждение

В первой популяции деревья высотой от 10 до 12 м, во второй — деревья ниже, высота от 7 до 10 м. Оба этих показателя в пределах нормы и ботанического описания вида [10]. Стоит отметить, что климат в Иргизском районе засушливый и континентальный, с умеренно холодной зимой, жарким и сухим летом, высота снежного покрова достигает 40 см. Рельеф местности представлен чередованием плосковершинных холмов и глинистых равнин, двумя озерами и речкой. Растительность пустынная, представлена травами и кустарниками, деревья редки и растут рощами. Иргизский район относится к степи, переходящей в полупустыню, климат континентальный, рельеф холмистый, встречаются озера и река [11, 12]. Почва представлена солончаками и меловыми отложениями малопродуктивными для растительности.

Популяции тополя в обоих случаях образуют небольшие рощи вдоль рек, где почва становится лучше и достаточно влажная в период засухи летом. Внешне обе популяции не имеют сильных различий, есть небольшая ростовая динамика, проявляющаяся в формировании побегов и общего роста дерева. Все деревья в популяциях имеют неровный ствол с искривлениями, крона негустая, развесистая, шатровидная [13]. Кора толстая, сероватая, рыхлая, с трещинами. Побеги желто-буро-войлочные, однолетние зеленого или светло-желтоватого цвета, в верхней части нередко опушены. Листья почковидные у коротких побегов с листовой пластинкой в длину около 5 см, шириной от 3 до 4 см. Листья с развитой кутикулой, кожистые, цельнокрайние, волнистые или слегка зубчатые, на конце обычно остроконечные, покрытые сизым налётом [14].

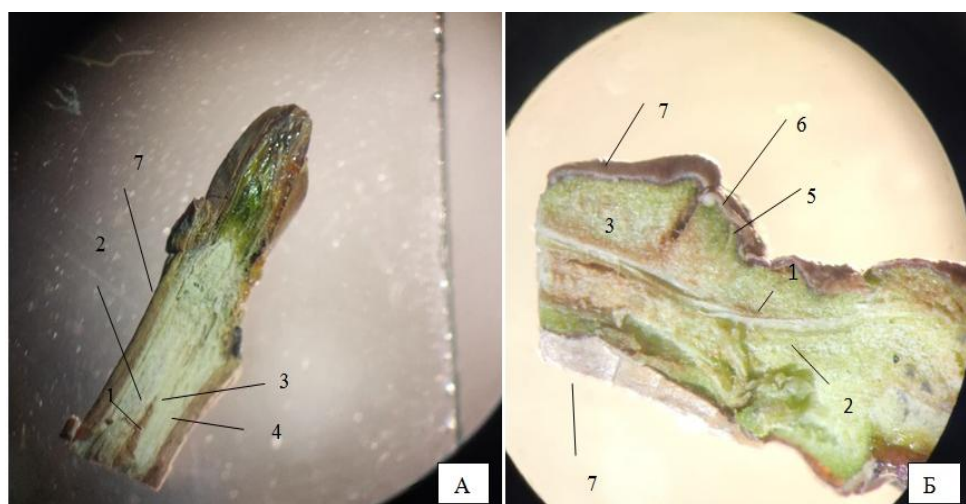
Листья длинных побегов приобретают ланцетную форму, черешки имеют форму цилиндра (рис. 1).



А — 1-ая популяция; Б — 2-ая популяция; 1 — листовая пластинка; 2 — черешки

Рисунок 1. Ботаническое строение *Populus pruinosa*

Проведённое анатомическое исследование вегетативных органов туранги сизолистной при увеличении $\times 10$, $\times 20$ показало следующие результаты: анатомическое строение побегов — в основании заметны рубцы, длина междоузлий 1–2 мм, в пазухах обнаруживаются редуцированные почки. Перидерма состоит из 2–3 слоев, эпидерма целостная, клетки вытянуты. Первичная кора состоит из 6–7 рядов округлых клеток (рис. 2).

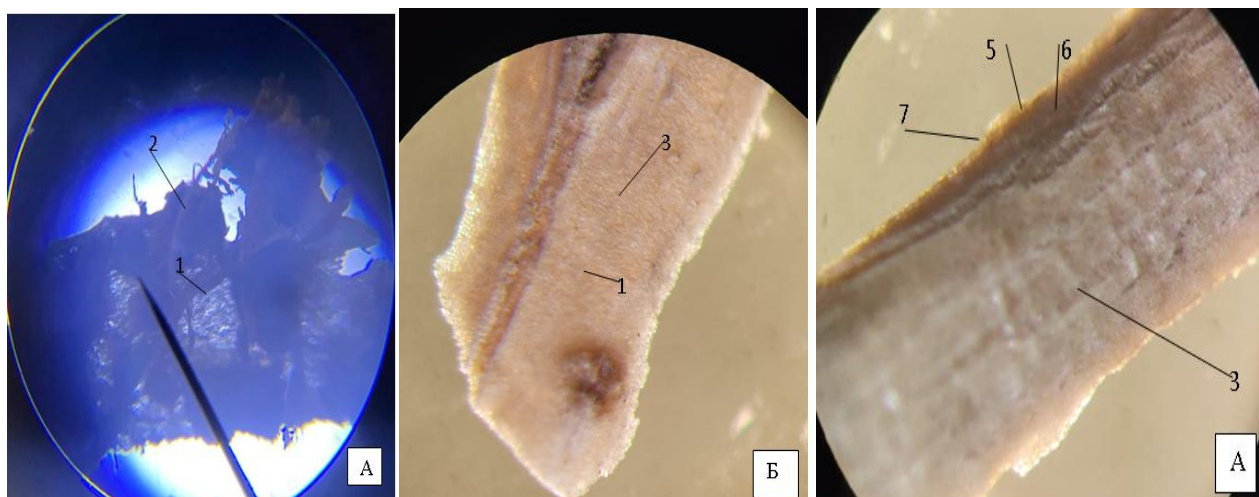


1 — сердцевина; 2 — ксилема; 3 — флоэма; 4 — древесина; 5 — колленхима; 6 — склереиды; 7 — кора

Рисунок 2. Анатомический срез побегов

При рассмотрении анатомической структуры побега следует обратить внимание на кору, как периферическую часть, в которой находятся следы влияния окружающей среды и климата, в целом. На участках коры, прилегающих к колленхиме, дифференцируются группы склереид. В верхней части побега оболочки слабо утолщены. От остальных клеток коры склереиды отличаются размерами и оболочкой. Ксилема и флоэма — это многокомпонентные ткани из разных элементов: проводящих, механических, паренхимных. Они расположены тяжами, составляющими проводящие пучки. Пространства между тканями заполнены паренхимой. Паренхима состоит из клеток изодиаметрической формы. Запасающая паренхима представлена тонкостенными живыми клетками с крупными вакуолями, в которых содержатся углеводы, белки, жиры [15].

Во вторичной флоэме много больших паренхимных клеток. К периферии от проводящих элементов флоэмы расположены группы первичных лубяных волокон (рис. 3).



1 — паренхима; 2 — волокна; 3 — древесина; 5 — кожица; 6 — пробка; 7 — кора

Рисунок 3. Анатомический срез побегов

Было выявлено, что популяция 1 характеризуется некоторыми отличиями. Так, клетки паренхимы первичной коры имеют более округлую форму и расположены упорядоченно по сравнению с популяцией 2. Количество рядов периферических клеток меньше у 1-ой популяции, расположены они плотно. Следовательно, экзодерма образуется более плотная в засушливых местах, вероятно, для уменьшения транспирации и газообмена. Запасающая паренхима явных отличий в клеточном строении не имеет.

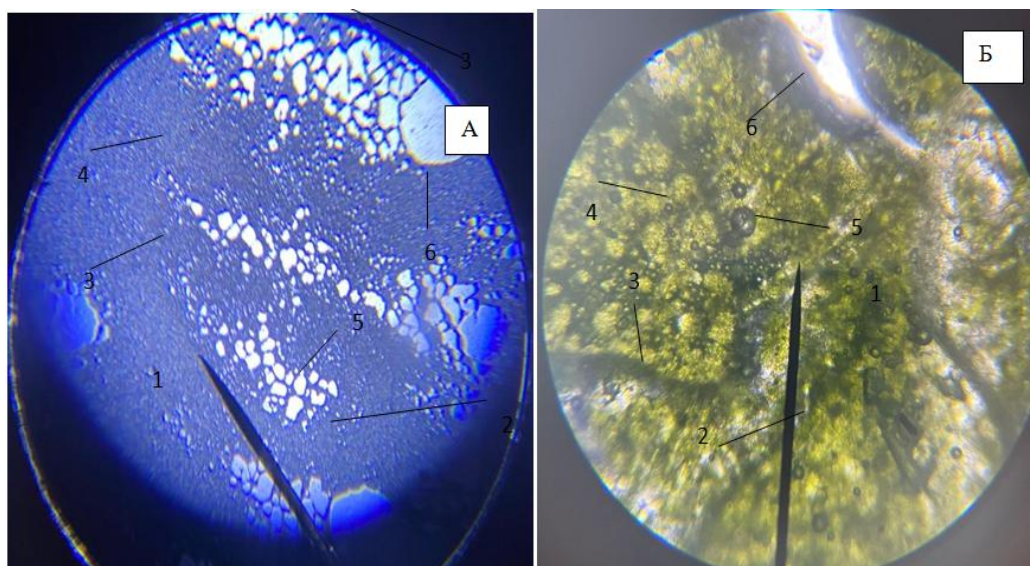
На рисунке 3 отражено анатомическое строение стеблей *Populus pruinosa*, с двух участков природного произрастания. Стебель снаружи покрыт эпидермой в 2 или 3 слоя, под которой располагается первичная кора. Снаружи стебель имеет выраженную ребристость, трещинки и исчерченность коры, которая выражена в большей степени у 2-ой популяции. Под эпидермой расположена колленхима и несколько слоев паренхимных клеток. Механическая ткань представлена группами клеток, которые наиболее чётко прослеживаются в уголках ребристости стеблей. Проводящие пучки явно выражены. Между флоэмой и ксилемой располагается слой камбия с мелкими округлыми клетками. Количество ксилемных сосудов увеличено у растений 2-ой популяции. В самом центре стебля находится сердцевинная паренхима, которая имеет четкую структуру в виде округлых клеток. По развитию годичных колец можно судить о степени увлажненности почвы, ее качестве, природных условиях, влияющих на рост растения. Данные показывают, что наблюдаются лучшие условия для развития *Populus pruinosa* у 1-ой популяции [13].

Листья тополя небольшие, средние. Мезофилл рыхлый. Палисадная ткань двухслойная, у края листа трехслойная. Губчатый мезофилл рыхлый, из 4–5 слоев. В некоторых участках губчатого мезофилла клетки верхнего слоя, примыкающего к столбчатой ткани, приобретают палисадную форму. Нижняя эпидерма содержит устьица. Верхняя эпидерма мелкоклеточная, с группами волосков. Наружная поверхность клеток эпидермы листовой пластинки утолщена за счет толстого слоя кутикулы. Механическая ткань представлена группами клеток, которые заметны к краю листовых пластинок. Черешок в 3 раза меньше по длине листовой пластинки. На поперечном срезе он округлый, по бокам выступы из колленхимы (рис. 4).

Боковые почки побегов мелкие, наружная почечная чешуя из 7–8 рядов, закрывает всю почку. Верхушечные почки крупнее (рис. 5). Меристемы состоят из мелких, слегка угловатых по форме клеток, между которыми отсутствуют межклетники. Оболочки таких клеток тонкие, цитоплазма вязкая, зернистая. В центре клетки расположено крупное ядро. Клетки активно делятся. Верхушечные (апикальные) меристемы, находящиеся в конусе нарастания побега, за их счет осуществляется рост побега в длину.

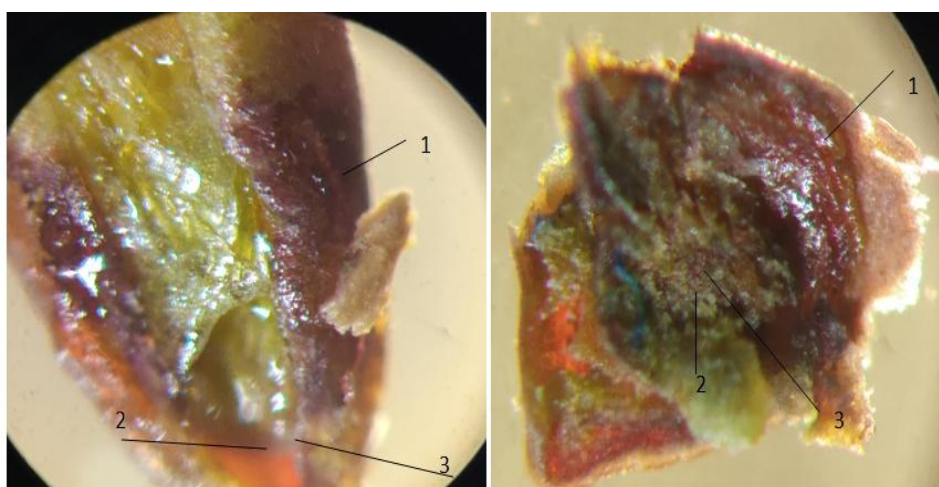
Почки снаружи покрыты 2–3 слоями эпидермы, или почечной чешуей, под которой располагается конус нарастания, образовательная ткань — мелкие и круглые клетки меристемы. Слабое развитие пазушных почек укороченных побегов хорошо согласуется с тем, что эти побеги не ветвятся. В нескольких случаях на побегах с поврежденными терминальными почками наблюдалось увеличение

размеров самой верхней пазушной почки. Эти почки составлены 7–8 двухрядно расположенными почечными покровами. Под их защитой находится обычно 1–2 мелких зачатка листа (их длина 0,05–0,2 мм). Первый из них крупнее второго.



1 — мезофилл; 2 — губчатый мезофилл; 3 — столбчатый мезофилл;
4 — паренхима; 5 — проводящие пучки; 6 — воздушные полости

Рисунок 4. Анатомический срез листа



1 — наружная почечная чешуя; 2 — конус нарастания; 3 — апикальные меристемы

Рисунок 5. Верхушечные почки под микроскопом

При сопоставлении полученных данных из двух популяций были отмечены схожие особенности анатомического строения вегетативных органов вида *Populus pruinosa*. Например, многослойность ксилемы и флоэмы, развитая кора, паренхима, при этом обнаруживаются различия в размерах клеток у первой популяции, которая прорастает в лучших условиях, чем вторая.

В строении листа тополя выявлены черты ксероморфности: наличие утолщенной кутикулы, с густым опушением, утолщение наружных стенок эпидермы, малый объем межклетников, клетки имеют протоплазму, очень устойчивую к высоким концентрациям солей. Листья, развивающиеся на ярком свете, имеют более высокую степень ксероморфизма. Наряду с этим, выявлена черта строения, характерная для мезофитов: преобладание губчатой ткани над палисадной. Листья и стебли обладают мясистой. Эти признаки также характеризуют *Populus pruinosa* как галофил и псаммофит [14].

Заключение

Из проведенного исследования можно сделать выводы, что каждое растение имеет свой предел адаптивных возможностей, что определяется морфологической особенностью вида и пределами раскрытия генетических зачатков, вариативный ряд тополя не имеет сильной ротации и определяется генотипом без сильных модификаций. *Populus pruinosa* характеризуется хорошей адаптивной способностью к степным условиям и положительной специализацией к засушливому региону с неблагоприятной почвой. При этом обнаружены некоторые различия в анатомической структуре надземных и подземных вегетативных органах разных популяций. Были выявлены различия в строении проводящих пучков, клеток первичной коры, клеток эпидермиса; изменения связаны с количеством, толщиной, размерами клеток.

Установлено, что популяция *Populus pruinosa*, произрастающая в с. Тауип Иргизского района, развита лучше, чем в Жыланды, южной части с. Нура.

Были выявлены черты ксероморфности, мезофитности, галофильности у растений. В строении листа тополя выявлены черты ксероморфности: наличие утолщенной кутикулы, с густым опушением, утолщение наружных стенок эпидермы, малый объем межклетников, клетки имеют протоплазму, очень устойчивую к высоким концентрациям солей. Листья, развивающиеся на ярком свете, имеют более высокую степень ксероморфизма. Наряду с этим выявлена черта строения, характерная для мезофитов: преобладание губчатой ткани над палисадной. Листья и стебли обладают мясистостью.

Список литературы

- 1 Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений / Л.И. Лотова. — М.: Эдиториал, 2001. — 528 с.
- 2 Огарь Н.П. Критерии оценки степени трансформации степной и пустынной растительности / Н.П. Огарь, Г.М. Атаева, Н.Н. Сквирская, Е.Х. Мендыбаев // Вестн. Семипалат. гос. ун-та им. Шакарима. — 2010. — № 3 (51). — С. 50–53.
- 3 Атаева Г.М. Характеристика почвенного покрова степной зоны Северного Прикаспия / Г.М. Атаева, Е.Х. Мендыбаев // Материалы 5 Междунар. симпоз. «Степи Северной Евразии». — Оренбург, 2009. — Т. 1. — С. 133–136.
- 4 Мендыбаев Е.Х. Сезонная динамика продуктивности фитомассы и мортмассы основных биогеоценозов сухих степей Актюбинской области / Е.Х. Мендыбаев, Г.М. Атаева // Горизонты географии: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию Западно-Казахстанского географического общества. — Уральск, 2006. — С. 57–59.
- 5 Атаева Г.М. Влияние микроклиматических факторов на продуктивность пустынных степей Западного Казахстана / Г.М. Атаева // Изв. НАН РК. Сер. биол. и мед. — 2010. — № 4. — С. 9–13.
- 6 Утарбаева Н.А. Ақтөбе қаласының урбанолорасы / Н.А. Утарбаева. — Ақтөбе, 2021. — С. 83–96.
- 7 Айпеисова С.А. Редкие и исчезающие растения Актюбинской области / С.А. Айтпеисова. — Ақтөбе, 2011. — С. 8–94.
- 8 Минаков И.А. Экономика сельского хозяйства / И.А. Минаков, Н.П. Касторнов, Р.А. Смыков. — М.: Колос, 2015. — 400 с.
- 9 Preston A. The Study of Botany. Reading / A. Preston, J.J.W. Baker, G.E. Allen. — ME: Addison-Wesley, 2012. — 281 p.
- 10 Adams R.M. Native Lilies, American Horticulturist / R.M. Adams. — ME: Addison-Wesley, 2015. — P. 28–31.
- 11 Alexopoulos C.J. Introductory Botany / C.J. Alexopoulos. — New York: John Wiley & Sons, 2016. — 450 p.
- 12 Bailey L.H. Hortus Third, A Concise Dictionary of Plants Cultivated in the United States and Canada / L.H. Bailey, E.Z. Bailey. — New York, 2017. — 58 p.
- 13 Glimn-Lacy J. Botany Illustrated. Introduction to Plants, Major Groups, Flowering Plant Families / J. Glimn-Lacy, P. Kaufman. — New York, 2016. — 179 p.
- 14 Batyrova K.I. Introduction to biology / K.I. Batyrova. — Almaty, 2016. — 316 p.
- 15 Imankulova S.K. Botany: Textbook / S.K. Imankulova, L.B. Seilova, K.I. Shalabaev. — Almaty: Association of higher educational institutions of Kazakhstan, 2016. — 280 p.

Б.А. Туралин, Г.М. Атаева, И.Ж. Молдекова, С.Т. Сырымбетов,
А. Абдукаримов, К.Т. Абидкулова, Н.В. Курбатова, Ә.Қ. Сәскебай

Ақтөбе облысында өсетін *Populus pruinosa* Schrenk (*Salicaceae* Mirb.) реликті түрінің екі популяциясының анатомиялық құрылысын салыстыру

Мақалада *Populus pruinosa* Schrenk өсімдігінің вегетативті мүшелерінің (өркен, бүршік, жапырақ тақтасы (алақаны) және сағағы) анатомиялық құрылымының зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттелетін түр жойылуға қауіп төніп тұрған түр, үшінші реттік реликті түр құрамына кіретін, Ақтөбе облысының флористикалық кешенінің 2 (U) статусына ие. Зерттеу материалдары *Populus pruinosa* Schrenk-тің екі популяциясына байланысты жинақталды: бірінші популяциясы — Тәуіп ауылының оңтүстік батысының 10-шы км-де, теңіз деңгейінен 143 биіктікте, N 48,11267° солтүстік ендікте, E 62,11620° шығыс бойлықта, Ырғыз ауданында өседі; екінші популяциясы — Нұра ауылының оңтүстік бөлігінің (Жыланды жерінде) 35-ші км-де, теңіз деңгейінен 167 метр биіктікте, N 48,74523° солтүстік ендікте, E 62,51491° шығыс бойлықта Ырғыз ауданында, құмдармен қиыршық тастарда, тұзды батпақтарда және өзендер бойындағы тоғайларда, өзен аңғарларында өседі, оларға микроскопиялық және макроскопиялық деңгейде анатомия-морфологиялық зерттеу жұмыстары жүргізілді. Тақырыпты тандау, зерттелетін түр эндемикалық түр өкілі және биоалуантүрлілікті сақтау маңыздылығынан туындады. Табиғи популяциялар зерттеу үшін ерекше маңызға ие, өйткені олар тіршілік кезеңі, анатомиялық құрылым, өмір сүру ұзақтығы сияқты ғылымды қызықтыратын көптеген аспектілерді бейнелейді. *Populus pruinosa* Schrenk-тің вегетативті мүшелерінің анатомиялық құрылысының ерекшеліктері туралы алынған мәліметтер болашақта осы түрдің фитохимиялық құрамын зерттеу кезінде диагностикалау үшін пайдаланылады.

Кілт сөздер: көк терек, өркен, бүршік, жапырақ тақтасы (алақаны) және сағағы, анатомиялық зерттеу, анатомиялық құрылым, морфологиялық құрылым.

B.A. Turalin, G.M. Ataeva, I.Zh. Moldekova, S.T. Syrymbetov,
A. Abdugarimov, K.T. Abidkulova, N.V. Kurbatova, A.K. Saskebay

Comparison of the anatomical structure of two populations of the relict species *Populus pruinosa* Schrenk (*Salicaceae* Mirb.) growing in the Aktobe region

The article presents the results of a study of the anatomy of the vegetative organs (shoots, buds, leaf blades, and petioles) of *Populus pruinosa* Schrenk. The studied species are part of the vulnerable, tertiary relict species has status 2 (U) in the floristic complex of the Aktobe region. The research material was collected in two populations of *Populus pruinosa* Schrenk: the first population grows in the Irgiz region, 10 km southeast of the village. Tauip, 143 m a.s.l., N 48.11267°, E 62.11620° the second population is in the Irgiz region, 35 km (Zhylandy area) in the southern part of the village. Nura 167 m a.s.l., N 48,74523°, E 62,51491° the species grows on sands and pebbles, solonchaks singly or in groves along rivers, which have undergone anatomical and morphological studies at the microscopic and macroscopic levels. The choice of the topic was made in accordance with the endemicity, significance, and relevance of biodiversity conservation issues. Natural populations are of particular importance for research because they reflect many aspects of interest to science, such as the life cycle, anatomical structure, and life expectancy. The obtained information about the features of the anatomical structure of the vegetative organs of *Populus pruinosa* Schrenk will be used in the future for the diagnosis of this species when studying its phytochemical composition.

Keywords: Blue poplar, shoots, buds, leaf blades and petioles, anatomical study, anatomical structure, morphological structure.

References

- 1 Lotova, L.I. (2001). *Morfologiya i anatomiya vysshikh rastenii [Morphology and anatomy of higher plants]*. Moscow: Editorial [in Russian].
- 2 Ogar, N.P., Ataeva, G.M., Skvirskaya, N.N. & Mendybaev, E.Kh. (2010). Kriterii otsenki stepeni transformatsii stepnoi i pustynnoi rastitelnosti [Criteria for assessing the degree of transformation of steppe and desert vegetation]. *Vestnik Semipalatinskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Shakarima — Bulletin of Semipalatinsk State University named after Shakarim*, 3 (51); 50–53 [in Russian].

- 3 Ataeva, G.M. & Mendybaev, E.Kh. (2009). Kharakteristika pochvennogo pokrova stepnoi zony Severnogo Prikaspiia [Description of the soil cover of the steppe zone of the Northern Caspian]. *Materialy 5 Mezhdunarodnogo simpoziuma "Stepi Severnoi Evrazii"* — *Materials of the fifth international symposium "Steppes of Northern Eurasia"*. Orenburg, 1; 133–136 [in Russian].
- 4 Mendybaev, E.Kh. & Ataeva, G.M. (2006). Sezonnaia dinamika produktivnosti fitomassy i mortmassy osnovnykh biogeotsenozov sukhikh stepei Aktiubinskoi oblasti [Seasonal dynamics of phytomass and mortmass productivity of the main biogeocenoses of dry steppes of Aktobe region]. *Gorizonty geografii: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 60-letiiu Zapadno-Kazakhstanskogo geograficheskogo obshchestva* — *Horizons of geography: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 60th anniversary of the West Kazakhstan Geographical Society*. Uralsk, 57–59 [in Russian].
- 5 Ataeva, G.M. (2010). Vliianie mikroklimaticheskikh faktorov na produktivnost pustynnykh stepei Zapadnogo Kazakhstana [Influence of microclimatic factors on productivity of desert steppes of Western Kazakhstan]. *Izvestiia NAN RK. Seriya Biologiya i meditsina* — *Proceedings of National Academy of Science, series biology & medicine*, 4; 9–13 [in Russian].
- 6 Utarbaeva, N.A. (2021). *Aktobe kalasynyn urbanoflorasy* [Urban flora of Aktobe city]. Aktobe; 83–96 [in Kazakh].
- 7 Aipeisova, S.A. (2011). *Redkie i ischezaiushchie rasteniia Aktiubinskoi oblasti* [Rare and endangered plants of Aktobe region]. Aktobe; 8–94 [in Russian].
- 8 Minakov, I.A., Kastornov, N.P. & Smykov, R.A. (2015). *Ekonomika selskogo khoziaistva* [Rural economics]. Moscow: Kolos [in Russian].
- 9 Preston, A., Baker, J.J.W. & Allen, G.E. (2012). *The Study of Botany*. Reading, ME: Addison-Wesley.
- 10 Adams, R.M. (2015). *Native Lilies, American Horticulturis*. ME: Addison-Wesley.
- 11 Alexopoulos, C.J. (2016). *Introductory Botany*. New York: John Wiley & Sons.
- 12 Bailey, L.H. & Bailey, E.Z. (2017). *Hortus Third, A Concise Dictionary of Plants Cultivated in the United States and Canada*. New York.
- 13 Glimn-Lacy, J. & Kaufman, P. (2016). *Botany Illustrated. Introduction to Plants, Major Groups, Flowering Plant Families*. New York.
- 14 Batyrova, K.I. (2016). *Introduction to biology*. Almaty.
- 15 Imankulova, S.K., Seilova, L.B. & Shalabaev, K.I. (2016). *Botany: Textbook*. Almaty: Association of higher educational institutions of Kazakhstan.

У.Н. Кожаниязова^{1,3*}, С.Н. Абдрешов^{1,2}, Г.А. Демченко¹,
Н.П. Бгатова⁴, Ш.С. Шыныбекова³

¹Генетика және физиология институты, Алматы, Қазақстан;

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

⁴Клиникалық және эксперименттік лимфология институты, Новосібір, Ресей

*Хат-хабарларға арналған автор: ulbossin_88@mail.ru

Тәжірибелік гипотиреоз кезіндегі қалқанша безінің құрылымын қалпына келтірудің жаңа жолдары

Мақалада тәжірибелік гипотиреоз кезінде және қалпына келтіру жағдайында қалқанша безінің морфо-функционалды жағдайы мен құрылымы туралы мәліметтер берілген. Тәжірибелер этикалық стандарттарға сәйкес салмағы 250±3 г болатын 45 дана Sprague Dawley (SD) аталық егеуқұйрықтарына жүргізілді. Зерттеу нәтижелері, эксперименттік гипотиреозбен ауыратын егеуқұйрықтарға ұнтақтағы «Қара шипа плюс» бальзамы және құрамында йоды бар аққазтабан биоактивті қолданғанда қалқанша безінің фолликулаларында жасушалардың кластерлерінің (аралшықтарының) пайда болуын көрсетті, бұл қалқанша безі тінінің қалпына келуі. Қалқанша безінің перифериялық бөлігінде фолликула ішілік коллоидты фолликулдар және қалыпты қан толтырылған қан капиллярлары анықталады. Бірақ бұл аймақта фолликулярлық эпителий анықталмады. Биоактивті композицияны қолданғаннан кейін фолликулярлық эпителийдің пролиферациясы фолликулдың саңылаулы секрециямен немесе фолликул қабырғасында сопақша тәрізді өсімділердің пайда болуы түрінде сақталады. Бұл белсенді жұмыс істейтін тиреоциттердің санының артуын көрсетеді және компенсаторлық сипатқа ие. Жануарларда түзетуден кейін әртүрлі мөлшерде тироглобулин бар фолликулдар анықталып, фолликулярлық құрылымның қалпына келуі байқалды. Тәжірибелік гипотиреозды түзету кезінде қолданылған ұнтақтағы «Қара шипа плюс» бальзамы және құрамында йоды бар аққазтабан биоактивті қалқанша безінің құрылымдарына оң әсерін көрсетті.

Кілт сөздер: қан, егеуқұйрықтар, түзету, қалқанша безі, тироксин, трийодтиронин.

Kipicne

Қалқанша безі — адам ағзасындағы ең үлкен ішкі секреция безі [1], ол жоғары тамырланған, қоңыр қызыл түсті, мойынның алдыңғы жағындағы төменгі бөлігінде орналасқан, 5-ші мойын деңгейінен 1-ші кеуде омыртқаларына дейін созылып, бір-бірімен байланысқан симметриялы екі бөліктен тұрады [2].

Қалқанша безінің аурулары эндокриндік патологиялар арасында маңызды орын алады. Олар гипотиреоздың немесе тиреотоксикоз синдромының дамуымен қалқанша без гормондары өндірісінің бұзылуымен бірге жүреді [3-4]. Бүкіл әлемде эндокриндік патологияның өсуіне байланысты қалқанша безінің морфологиясына үлкен көңіл бөлінуде. Қалқанша безінің патологиясы қант диабетінен кейін екінші орында [5]. Ол гипотиреоз синдромының немесе тиреотоксикоздың дамуымен қалқанша безінің гормондарын өндірудің бұзылуымен бірге жүреді.

Гипотиреоз қалқанша безі ағзаның қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жеткілікті түрде гормон өндірімегенде пайда болатын ауру. Бұл жүрек ауруына, бедеулікке және мидың нашар дамуына әкелуі мүмкін. Қалқанша безінің барлық ауруларының себебі бүкіл әлеммен қоршаған ортадағы йод тапшылығы болып табылады [6]. Гипотиреоз қалқанша безі гормондарының тапшылығы, жалпы патологиялық жағдайын білдіреді [7].

Қазіргі уақытта қалқанша без ауруларының фармакотерапиясы медицина ғылымының және практикалық денсаулық сақтаудың өзекті мәселесі болып табылады. Қоршаған ортаның қолайсыз факторларының әсерінен және топырақта, суда, азық-түлікте йод тапшылығына байланысты қалқанша безі ауруларының көбеюі байқалады [8].

Қалқанша безі ауруларының үздіксіз өсуіне байланысты тиреотропты әсері бар шөптік препараттарды пайдалану қазіргі таңда өзекті болып отыр. Бұл жағдайда биоактивті қоспалар, оның ішінде аққазтабан (*Potentilla alba L.*) қайнатпасын жасау тиімді әдіс [9].

Түзеткіш заттар қалқанша бездегі строма-паренхималық байланыстарды, фолликулалардың параметрлерін және тиреоциттердің ультрақұрылымдарын қалпына келтіруді қамтамасыз етеді. Қалқанша безінің тіндерінің және аймақтық лимфа түйіні құрылымдарының құрылымдық және функционалды бейімделуін ынталандырудан тұратын фитокоррекция әсерінің морфологиялық дәлелі гипотиреоздың зақымдаушы әсерінің қайтымдылығымен келтірілген.

Жұмыстың мақсаты емдеу нәтижелерін жақсарту негізінде эксперименталды гипотиреоз кезінде биоактивті қоспаның қалқанша безінің құрылымдарына әсерін зерттеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Тәжірибелер этикалық стандарттарға сәйкес салмағы 250 ± 3 г болатын 45 сызықтық Sprague Dawley (SD) аталық егеуқұйрықтарында жүргізілді. Егеуқұйрықтарды күтіп-баптау, тәжірибелерді ұйымдастыру және оларды экспериментке алу, қайта өңдеу, биоэтика принциптеріне сай, зертханалық тәжірибе ережелері негізінде жүзеге асырылды. Зерттеуді Қазақ ұлттық медицина университетінің жергілікті этикалық комиссиясы мақұлдады (Хаттама № 7 (71), 11.06.2019).

Егеуқұйрықтар 3 топқа бөлінді: 1-топ (10 егеуқұйрық) бақылау егеуқұйрықтарынан тұрды; 2-ші (15 егеуқұйрық) топтар эксперименталды гипотиреозға алынды; ал 3-ші (20 егеуқұйрық) топ жануарлары гипотиреозды алдын-алу негізінде түрлі биологиялық белсенді заттарды қабылдады. Тәжірибелік гипотиреозды дамыту үшін жануарлар 100 г дене салмағына 20 мг дозада мерказолилді ауыз сумен 21 күн бойы қабылдады. Қалқанша безінің бұзылыстарын түзету үшін тәжірибенің 22-ші күнінен бастап 3-ші топтағы жануарларға 30 күн бойы 2 мкг/100 г дене салмағына ұнтақ түріндегі йоды бар биологиялық белсенді қоспа «Қара шипа плюс» бальзамы және ауыз сумен тәулігіне 100 г-ға 50 мл аққазтабан (*Potentilla alba* L.) тамырының қайнатпасы берілді. 2-ші топтың егеуқұйрықтары йоды бар биологиялық белсенді қоспаларды қабылдамады. «Қара шипа плюс» ұнтақ-бальзамы калий йодатымен бірге витаминдерді, микроэлементтерді, органикалық қышқылдарды қамтиды, иммуномодуляциялық, радиопротекторлық, қабынуға қарсы, антиоксиданттық, детоксикацияға бағытталған [10].

Морфологиялық, гистологиялық зерттеулерде жарық микроскопиясы пайдаланылды, ол үшін қалқанша безі 10 % бейтараптанған формалинге салынды. Жоғары концентрациядағы спирттерде гистологиялық зерттеуден кейін материал ксилолда тазартылады және парафинге ендіріледі. Қалыңдығы 5–7 мкм қалқанша безінің гистологиялық кесінділері гематоксилинмен және эозинмен боялады. Гистологиялық зерттеу кезінде микроскоп «МикМед-1»-ға «Микроскан» құрылғысымен және морфометриялық әдістерді жартылай автоматты түрде қолдануға мүмкіндік беретін Image-ProPlus бағдарламасы пайдаланылды:

а) фолликула қуысындағы, фолликулярлық және фолликулярлық эпителийдегі, интерстицийдегі, қан және лимфа тамырларындағы коллоидтың көлемдік тығыздығын анықтауға арналған нүктелік санау әдісі;

б) окулярлық-микрометрия фолликуланың ішкі және сыртқы диаметрін, фолликулярлық эпителий жасушаларының биіктігі (қабырға қалыңдығы), содан кейін орташа диаметрді есептеу, фолликуланың жалпы ауданын, коллоидтың ауданын және фолликулярлық эпителий есептеулері белгілі формулалар бойынша жүргізілді;

в) тироцит ядросының диаметрін өлшеу және оның ауданын немесе көлемін есептеу кариометрия әдісі арқылы;

г) қалқанша безінің паренхимасының функционалдық белсенділігінің интегралдық көрсеткіштерін және гетерогенді-фолликулярлық ұйымдасу индексін есептеу [11].

Зерттеу нәтижелері

Қалқанша безді зерттеу көрсеткендей, гипотиреоз кезінде онда әртүрлі өзгерістер пайда болады және фолликулярлық жасушалардың органеллаларының саны мен құрылымында ауытқулар байқалады. Қалқанша безінің функционалдық белсенділігінің төмендеуі оның фолликуласында білінеді. Фолликулдың құрылымдық реакциясы бақылаумен салыстырғанда диаметрінің, жалпы көлемінің, коллоидты және фолликулярлық эпителий көлемінің төмендеуімен көрінеді. Фолликулярлық қабырғаның қалыңдығы әртүрлі фолликулаларда біркелкі емес. Фолликул қабырғасының қалыңдауы (1, 34 есе) жасушаішілік коллоидтың түзілуімен байланысты. Фолликулдар әрқашанда бір мезгілде жоғарылау белгілерімен де, функционалдық белсенділіктің төмендеуімен де байқалады.

Біздің түзетуші заттарды қолданғаннан кейін, қалқанша безі құрылымында фолликулярлық эпителийдің қатынасында коллоидтың көлемдік тығыздығының өзгерістері байқалады. Бақылау және гипотиреоз кезіндегі фолликулярлық кеңістіктік аралық саңлаулар көрсеткіші түзетуші заттарды қабылдау кезеңінде жалпы аумақтың 6,5–8,1 %-ын құрады.

Түзеткіш заттарды қабылдағаннан кейінгі қалпына келтіру кезеңінде, мерказолилді енгізу барысында қалқанша безі белгілі бір өзіндік қасиеттерін сақтап қалады.

Қан тамырларының көлемдік тығыздығы бақылау тобына қарағанда 1,21–1,73 есе азайғандығы, және бірте-бірте төмендегені байқалады. Сонымен қатар, бұл гипотиреозға қарағанда 1,1–2,06 есе жоғары. Лимфа тамырларының көлемдік тығыздығы зерттеудің барлық кезеңдерінде бақылау деңгейінде сақталады және ол көрсеткіш бойынша гипотиреоз жағдайына ұқсас 1,4–1,5 есе жоғары екендігін көрсетті (1-кесте).

Түзету нәтижесінде пайда болатын қалқанша безінің өзгерістері функционалдық белсенділіктің интегралды көрсеткіштерінің динамикасын анықтайды.

1 - кесте

Тәжірибелік гипотиреоз кезіндегі егеуқұйрықтарды қалпына келтіру барысында қалқанша безінің функционалдық белсенділігінің интегралды көрсеткіштері

Индекс	Бақылау	Гипотиреоз	Түзету жұмыстарынан кейін
ҚБ (ФКИ)	0,18 ± 0,001	0,71 ± 0,006*	0,33 ± 0,005*
ФИ (ТЭИ)	10,77 ± 0,32	3,62 ± 0,41*	12,56 ± 0,36*
КЖИ	5,39 ± 0,41	1,81 ± 0,02*	6,59 ± 0,07*
СИ	0,56 ± 0,06	0,74 ± 0,04*	0,62 ± 0,09*
$V_{эф}/V_{ифэ}$	6,53 ± 0,45	5,77 ± 0,40	5,29 ± 0,61
$V_{фэ}/V_k$	0,24 ± 0,04	0,67 ± 0,08*	0,33 ± 0,01*

Ескерту: ҚБ — Қалқанша безінің белсенділігінің индексі (немесе ФКИ — фолликулярлық-коллоидтық индекс); ФИ — функция индексі (немесе ТЭИ — тазарту-эпителиальды индекс), КЖИ — коллоидты жинақтау индексі; СИ — «склероз» көрсеткіші; $V_{эф}/V_{ифэ}$ — фолликулярлық және интерфолликулярлық эпителийдің көлемдік тығыздығының қатынасы; $V_{фэ}/V_k$ — фолликулярлық эпителий мен коллоидтың көлемдік тығыздығының қатынасы, басқа белгілеулер мәтінде көрсетілген; мұнда * — бақылау тобының сәйкес көрсеткішінің мәнінен айырмашылығы (эутиреоз) $p < 0,05$ кезінде статистикалық маңызды.

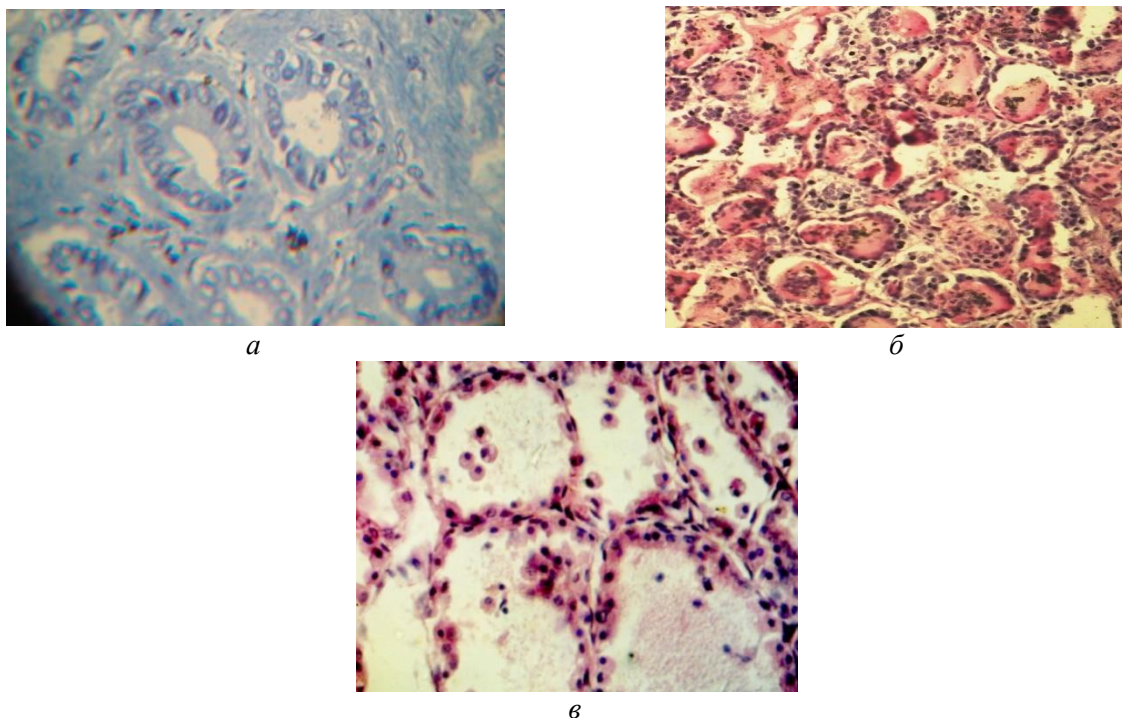
Коррекциялық заттарды қабылдаған 3-ші топтағы жануарларда қалқанша бездің орталық және шеткі бөліктерінде де аздаған деструктивті өзгерістер болды. Көптеген фолликулаларда коллоид бар. Қалқанша безінің бұл аймақтарында қан айналым торы көптігімен сипатталады, бұл фолликулалардың васкуляризациясының жоғарылауын көрсетеді.

Қалқанша безінің фолликулаларында биоактивті композицияны қолдану кезінде қалқанша безінің ұлпасының регенерациясын көрсететін жасушалардың жинақталуының (аралдарының) пайда болуы байқалады. Қалқанша безінің перифериялық бөлігінде фолликулдар интрафолликулярлы коллоидты және капиллярларда біршама қалыпты қанның толуы анықталады. Бірақ бұл аймақта аралық фолликулярлық эпителий байқалмайды.

Түзету әдістері қалпына келтіру кезінде (3-топ) егеуқұйрықтардың қалқанша безінің гистокұрылымына оң әсер етті, бірақ деструктивті өзгерістердің сақталуы байқалған. Жеке тироциттер базальды мембранадан ажыраған және бөлінген жасушалар фолликулалардың қуысында еркін орналасады. Жануарларда түзетуден кейін әртүрлі мөлшерде тироглобулин бар фолликулдар анықталады, фолликулярлық құрылымның қалпына келуі байқалады. Фолликулалардың көпшілігінде коллоидтар болмайды, ал кейбіреулері әртүрлі мөлшердегі тироглобулинмен толтырылған. Қалқанша безінің бұл аймақтарында фолликулалардың васкуляризациясының күшеюін көрсететін, қан тамырларында қанның толуымен сипатталады (1-сурет).

Фолликул: гипотиреоздың салдарын түзетуші агенттер кезеңінде фолликулдардағы өзгерістерді бағалау кезінде әртүрлі дәрежеде олардың архитектуралық құрылымын, пішіні мен өлшемдерін қайта құрылымдау байқалды. Оңалту сатысында түзетуші заттарды қабылдау фолликулалардың мөлшерін және олардың қалқанша безінің құрылымында таралуын өзгертеді (1-сурет). Фолликулалардың өлшемдері бойынша таралуын талдау кезінде қалқанша безінің құрылымында кіші және үлкен фолликулдар мөлшерінің жоғарылауы анықталды. Түзету кезінде кішкентай фолликулдардың басым болуы қалқанша безінің паренхимасында морфогенетикалық процестердің белсендірілуін көрсетеді.

Гетерогенділік көрсеткіші бақылауға оның мәніндегі түзету және тәсілдер фонында артады. Түзету кезінде гетерогенділік көрсеткіш жоғарылап бақылау мәніне жақындайды.



Белгілері: Қалқанша безінің аралас фолликулярлы-коллоидты түрі. Гематоксилин-эозинмен боялған. Ұлғайтқан Ок. $10 \times 0,25$; Об. 10×20 ; *A* — бақылау тобы; *B* — гипотиреоз кезеңі; *C* — түзетуден кейін

1-сурет. Қалыпты, эксперименталды гипотиреоз кезіндегі және оларды түзетуден кейінгі егеуқұйрықтардың қалқанша безінің гистологиялық құрылымы

Тәжірибелік гипотиреоз кезеңінде егеуқұйрықтарда «орташа» фолликулдың диаметрі $43,93 \pm 2,28$ мкм дейін төмендеді, ал биологиялық белсенді қоспалармен түзету кезеңінде «орташа» фолликул мөлшері $94,91 \pm 1,43$ мкм-ден $100,89 \pm 10,0$ мкм-ге дейін өсті. Гипотиреоз жағдаймен салыстырғанда, коррекциядан кейін фолликул қабырғасының қалыңдығының өзгеруі байқалады, көптеген тиреоциттердің апикальды бөлігінде, әсіресе тәжірибе соңында коллоидтың ұсақ тамшылары анық көрінеді. Олардың тиреоциттердің биіктігінің ұлғаюымен бірге пайда болуы олардың қызметінің жоғарылауының белгісі болып табылады. Фолликулярлық қабырғаның мөлшері бақылау деңгейінде қалады және түзетуден кейін 1,5 есе артады. Бұл өз кезегінде біздің тәжірибелік гипотиреоз кезінде алдын-алу жұмыстары барысында пайдаланылған биологиялық белсенді қоспалардың қалқанша безінің қызметін біршама қалпына келтіретін әсері бар екендігі анықталды.

Талқылаулар

Тәжірибелік гипотиреозда қалқанша безде фолликулалардың созылған және ұлғайғанын анықтадық, эпителий жасушалары жалпақ және ұзартылған, фолликулалардың қабырғалары анық емес, үлкейген, ісінген, әлсіз түсті. Қалқанша безінің тілімдерінде коллоидты мөлшері аз жалғыз фолликулдар болады. Қан тамырлары, әсіресе веноздық тамырлар кеңейіп, қанның көптігі мен тоқырауымен сипатталады.

Қалқанша безінің ең маңызды морфофизиологиялық құрылымы фолликулалар тобын және фолликуляр аралық кеңістікті қан және лимфа айналымының автономды жүйесімен біріктіретін ұлпалық микроаудан болып табылады. Патогендік факторлар қалқанша безге әсер еткен кезде ең көп зардап шегетінде осы ұлпалық микроауданның құрылымдары, оның ұлпалары мен мүшелеріндегі морфологиялық және метаболикалық өзгерістерді қамтамасыз етудегі рөлін төмендетеді. Бұл гипотиреоз кезіндегі қалқанша безінің микроциркуляциялық ұлпалық жүйелерін бағалаудағы тиімді тәсілі [12–14].

Біздің зерттеулерімізде қолданылған ұнтақ түріндегі «Қара шипа плюс» бальзамы және оның (йод, калий йодиді, кальций, магний) құрамы, фолликула тазалығы мен фолликулярлық эпителийдің пролиферациясы және фолликуланың қабырғасында папиллярлы өсінділердің пайда болуын сақтайды. Бұл белсенді жұмыс істейтін тироциттердің санының ұлғаюын көрсетеді және компенсаторлық сипатқа ие. Құрамында йод бар заттарды қолданғаннан кейін фолликулдың параметрлері, атап айтқанда, жалпы ауданы, коллоидтың ауданы, фолликулярлық эпителийдің көлемі бақылау деңгейіне жақындады. Осы биоактивті композицияны қолданғаннан кейін жүйке өрімдерінің контурлары мен варикоздық қалыңдауы қалпына келіп және олардың қалқанша безінде, лимфа тамыр мойны мен түйінінде флуоресценциясы анық байқалды [11].

Гипотиреоздан кейінгі түзетуде фолликул қабырғасының қалыңдығының өзгеруі байқалады, көптеген тироциттердің апикальды бөлігінде, әсіресе тәжірибе соңында коллоидтың ұсақ тамшылары анық көрінеді. Олардың тироциттердің биіктігінің ұлғаюымен бірге пайда болуы олардың қызметінің жоғарылауының белгісі болып табылады. Фолликулярлық қабырғаның мөлшері бақылау деңгейінде қалады және түзетуден кейін 1,5 есе артады.

Тәжірибелік гипотиреоз кезінде, біздің зерттеулер бойынша аққазтабанның айқын фармакотерапиялық әсері анықталды. Аққазтабаннан жасалған шөптік дәріні енгізгенде қалқанша безінің гормондарының деңгейі және морфометриялық параметрлері, бездің қызметі мен құрылымын бақылау тобының деңгейіне дейін қалпына келтіруге ықпалын тигізді. Бұл әсер фенолдық қосылыстардың, сондай-ақ йод пен йодид анионының, микроэлементтер (селен, кобальт, кремний, мыс және мырыш) құрамына байланысты, олардың болуы организмдегі қалқанша безінің гормондарының физиологиялық жұмыс істеуі үшін қажет. Аққазтабанды (*Potentilla alba*) қабылдаған егеуқұйрықтарды бақылау тобымен салыстырғанда қалқанша безінде строма өсуінің төмендеуі, диаметрінің ұлғаюы, тироциттердің орташа биіктігінің төмендеуі байқалады. Сонымен қатар, бақылау тобындағы тироциттердің орташа ауданының төмендеуі байқалады. Қалқанша безінің белсенділігінің индексі бақылаумен салыстырғанда 1,3 есе төмендейді, бұл қалқанша безі ұлпаларындағы тироциттердің пролиферациясының төмендеуін көрсетеді. Бұл көрсеткіштер бақылау тобындағы жануарлардың қалқанша безінің көрсеткіштеріне жақын. Қалқанша безінің белсенділік индексінің төмендеуі және коллоидты жинақтау индексінің бақылау жануарлар деңгейіне дейін жоғарылауы байқалады, бұл фолликулярлық эпителий белсенділігінің төмендеуін көрсетеді. Зерттеу жұмыстары көрсеткендей, қалқанша бездің қызметі төмендеген жағдайында строма азаяды, ал фолликулдар дөңгелектенген қалыпты пішінге ие болады, бұл өз кезегінде басқада зерттеушілердің жұмыстарымен сәйкес келетіндігін байқаймыз [15].

Осылайша, жануарлардың қалқанша безінің функционалдық және морфологиялық өзгерістері гипотиреоздың салдарын түзегеннен кейін олардың безге әсер етуінің жалпы бағытын анықтады, параметрлерін қалпына келтіру жағдайында оның функционалдық белсенділігінің жоғарылауымен байланысты. Ұнтақтағы «Қара шипа плюс» йодты бальзамы мен аққазтабан сығындысы фолликулярлық эпителий есебінен қалқанша безінің паренхимасындағы және фолликулалардың ісіктерінің пролиферативті процестерін күшейтеді.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері, эксперименттік гипотиреоз кезіндегі егеуқұйрықтарға ұнтақтағы «Қара шипа плюс» бальзамы құрамында йоды бар және аққазтабан биоактивті қолданғанда қалқанша безінің фолликулаларында жасушалардың кластерлерінің (аралшықтарының) пайда болуын көрсетті, бұл өз кезегінде қалқанша безі ұлпасының қалпына келуін сипаттайды. Қалқанша безінің перифериялық бөлігінде фолликула ішілік коллоидты фолликулдар және қалыпты капиллярлардың қанық толуымен анықталады. Бірақ бұл аймақта фолликулярлық эпителий анықталмады. Биоактивті композицияны қолданғаннан кейін фолликулярлық эпителийдің пролиферациясы фолликулдың саңылаулы секрециясы немесе фолликул қабырғасында сопақша тәрізді өсінділердің пайда болуы түрінде сақталады. Бұл белсенді жұмыс істейтін тироциттердің санының артуын көрсетеді және компенсаторлық сипатқа ие. Жануарларда түзетуден кейін әртүрлі мөлшерде тироглобулин бар фолликулдар анықталып, фолликулярлық құрылымның қалпына келуі байқалды. Тәжірибелік гипотиреозды түзету кезінде қолданылған ұнтақтағы «Қара шипа плюс» бальзамы және құрамында йоды бар аққазтабан биоактив қалқанша безінің құрылымдарына оң әсерін көрсетті.

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің АР05132991 жобасы бойынша гранттық қаржыландыру шеңберінде орындалды.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Moore K.L. Clinically oriented anatomy / K.L. Moore, A.F. Dalley. — Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. — P. 1083–1087.
- 2 Berkovitz B.K. Neck and upper aerodigestive tract / B.K. Berkovitz, S. Standring, H. Ellis, J.C. Heally, D. Johnson, A. Williams, P. Collins, C. Wigeley // Gray's Anatomy: The anatomical basis of clinical practice. 39th ed. — Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone, 2005. — P. 560–564.
- 3 Стадник Н.А. Морфология щитовидной железы при экспериментальном тиреотоксикозе / Н.А. Стадник, В.С. Боташева // Кубан. науч. мед. вестн. — 2014. — № 3(145). — С. 102–108.
- 4 Abdreshov S.N. Features of morphofunctional condition of the thyroid gland and regional lymph node in normal and in hypothyroidism / S.N. Abdreshov, U.N. Kozhanyazova, G.A. Demchenko, Sh.S. Shynybekova, U.B. Nauryzbay // Reports of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. — 2020. — No. 4. — P. 11–18. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1483.82>
- 5 Горчакова О.В. Морфологическая характеристика тканевого микрорайона щитовидной железы при экспериментальном гипотиреозе / О.В. Горчакова, В.Н. Горчаков, Г.А. Демченко, С.Н. Абдрешов // Сиб. науч. мед. журн. — 2019. — № 39(4). — С. 46–54.
- 6 Luca Ch. Hypothyroidism in Context: Where We've Been and Where We're Going / Ch. Luca, M. Flavia, C. Allan // Adv Ther. — 2019. — Vol. 36 (2). — P. 47–58. <https://doi.org/10.1007/s12325-019-01080-8>
- 7 Chaker L. Hypothyroidism / L. Chaker, A.C. Bianco, J. Jonklaas, R.P. Peeters // Lancet. — 2017. — Vol. 390 (10101). — P. 1550–1562. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30703-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30703-1)
- 8 Архипова Э.В. Влияние экстракта сухого лапчатки белой на течение экспериментального гипотиреоза / Э.В. Архипова, А.М. Водопьянова, В.К. Колхир // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2011. — № 1 (77). — Ч. 2. — С. 116–118.
- 9 Архипова Э.В. Фармакотерапевтическая эффективность комплексного растительного средства «тиреотон» при экспериментальном гипотиреозе / Э.В. Архипова, И.Г. Етобаева, Л.Н. Шантанова, А.Г. Мондодоев // Фундаментальные исследования. — 2015. — № 1. — С. 901, 902.
- 10 Abdreshov S.N. Condition of adrenergic innervation apparatus of the thyroid gland, blood and lymphvessels, and lymph nodes during correction of hypothyrosis / S.N. Abdreshov, G.A. Demchenko, A.T. Mamataeva, G.K. Atanbaeva, S.A. Mankibaeva, N.A. Akhmetbaeva, U.N. Kozhanyazova, U.B. Nauryzbay // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. — 2021. — Vol. 171, № 2. — P. 281–285. <https://doi.org/10.1007/s10517-021-05212-5>
- 11 Мельникова Е.В. Структура лимфатического узла щитовидной железы при приеме тироксина и мерказолила и на фоне фитокоррекции / Е.В. Мельникова, В.Н. Горчаков, Н.Н. Чевапша, О.В. Горчакова // Морфология, лимфология, клиника: сборник научных трудов. — Новосибирск: НГМУ, 2009. — С. 344–353.
- 12 Яглова Н.В. Цитофизиологические особенности популяции тучных клеток щитовидной железы при воздействии липолисахарида / Н.В. Яглова // Морфология ведомости. — 2008. — № (3–4). — С. 94–98.
- 13 Verheesen R.H. Iodine deficiency, more than cretinism and goiter / R.H. Verheesen, C.M. Schweitzer // Med. Hypotheses. — 2008. — Vol. 71 (5). — P. 645–648.
- 14 Tice L.W. Electron microscopic identification of adrenergic nerve endings on thyroid epithelial cells / L.W. Tice, C.R. Creveling // Endocrinology. — 2011. — Vol. 97, № 5. — P. 1123–1129.
- 15 Архипова Э.В. Влияние «Тиреотона» на морфофункциональное состояние щитовидной железы при экспериментальном гипотиреозе / Э.В. Архипова, Г.Х. Дамдинова // Бюлл. ВСНЦ СО РАМН. — 2012. — № 6 (88). — С. 55–59.

У.Н. Кожаниязова, С.Н. Абдрешов, Г.А. Демченко,
Н.П. Бгатова, Ш.С. Шыныбекова

Новая композиция для коррекции структур щитовидной железы при экспериментальном гипотиреозе

В статье приведены данные о морфофункциональном состоянии и микроструктуре щитовидной железы при экспериментальном гипотиреозе и в условиях коррекции. Эксперименты проведены на 45 линейных Sprague Dawley (SD) крысах-самцах массой 250 ± 3 г в соответствии с этическими нормами. Результаты исследований показали у животных с экспериментальным гипотиреозом при применении биоактивной композиции, состоящей из Лапчатки белой и йодсодержащего бальзама «Возрождение плюс» в порошке, в фолликулах щитовидной железы отмечается появление скоплений (островков) клеток, свидетельствующих о регенерации ткани щитовидной железы. В периферической части щито-

видной железы выявляются фолликулы с интрафолликулярным коллоидом и кровеносные капилляры умеренного кровенаполнения. Однако межфолликулярный эпителий в этой зоне не выявлен. После применения биоактивной композиции сохраняется пролиферация фолликулярного эпителия с секретацией в просвет фолликула или в виде появления сосочковых выростов в стенке фолликула. Это отражает возрастание количества активно функционирующих тиреоцитов и носит компенсаторный характер. У животных после коррекции выявляются фолликулы, содержащие различное количество тироглобулина, наблюдается восстановление интерфолликулярной структуры. Показано положительное действие примененных веществ на структуры щитовидной железы при экспериментальном гипотиреозе.

Ключевые слова: кровь, крысы, коррекция, щитовидная железа, тироксин, трийодтиронин, экспериментальный гипотиреоз.

U.N. Kozhaniyazova, S.N. Abdreshov, G.A. Demchenko,
N.P. Bgatova, Sh.S. Shynybekova

New composition for correction of thyroid structures in experimental hypothyroidism

The paper presents data on the morphofunctional state and microstructure of the thyroid gland in experimental hypothyroidism and under conditions of correction. Experiments were carried out on 45 linear SpragueDawley (SD) male rats weighing 250 ± 3 g in accordance with ethical standards. The research results showed in animals with experimental hypothyroidism, when using a bioactive composition consisting of Potentilla white and iodine-containing Balm "Renaissance plus" in powder, in the follicles of the thyroid gland there is the appearance of clusters (islets) of cells, indicating the regeneration of thyroid tissue. In the peripheral part of the thyroid gland, follicles with an intrafollicular colloid and blood capillaries of moderate blood filling are revealed. However, the interfollicular epithelium was not detected in this zone. After the application of the bioactive composition, the proliferation of the follicular epithelium persists with secretion into the lumen of the follicle in the form of the appearance of papillary outgrowths in the follicle wall. This reflects an increase in the number of actively functioning thyrocytes and is of a compensatory nature. In animals after correction, follicles containing different amounts of thyroglobulin are detected, restoration of the interfollicular structure is observed. The positive effect of the applied substances on the structures of the thyroid gland in experimental hypothyroidism has been shown.

Keywords: blood, rats, correction, thyroid gland, thyroxine, triiodothyronine.

References

- 1 Moore, K.L. & Dalley, A.F. (2006). *Clinically oriented anatomy*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1083–1087.
- 2 Berkovitz, B.K., Standring, S., Ellis, H., Heally, J.C., Johnson, D., Williams, A., Collins, P. & Wigeley, C. (2005). Neck and upper aerodigestive tract. *Gray's Anatomy: The anatomical basis of clinical practice*. 39th ed. Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone, 560–564.
- 3 Stadnik, N.A. & Botasheva, V.S. (2014). Morfologiya shchitovidnoi zhelezy pri eksperimentalnom tireotoksikoze [Morphology of the thyroid gland in experimental thyrotoxicosis]. *Kubanskii nauchnyi meditsinskii vestnik — Kuban Scientific Medical Bulletin*, 3 (145); 102–108 [in Russian].
- 4 Abdreshov, S.N., Kozhaniyazova, U.N., Demchenko, G.A., Shynybekova, Sh.S. & Nauryzbay, U.B. (2020). Features of morphofunctional condition of the thyroid gland and regional lymph node in normal and in hypothyroidism. *Reports of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*, 4; 11–18. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1483.82>
- 5 Gorchakova, O.V., Gorchakov, V.N., Demchenko, G.A. & Abdreshov, S.N. (2019). Morfologicheskaya kharakteristika tkanevogo mikrorayona shchitovidnoi zhelezy pri eksperimentalnom gipotireoze [Morphological characteristics of tissue microregion of the thyroid gland in experimental hypothyroidism]. *Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal — Siberian Scientific Medical Journal*, 39 (4); 46–54 [in Russian].
- 6 Luca, Ch., Flavia, M. & Allan, C. (2019). Hypothyroidism in Context: Where We've Been and Where We're Going. *Adv Ther.*, 47–58. doi: 10.1007/s12325-019-01080-8.
- 7 Loyal Chaker. Antonio C Bianco, Jacqueline Jonklaas, and Robin P Peeters. (2017) Hypothyroidism. *Lancet*. 390(10101). 1550–1562. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30703-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30703-1).
- 8 Arkhipova, E.V., Vodopyanova, A.M. & Kolkhir, V.K. (2011). Vliyanie ekstrakta sukhogo lapchatki beloi na techenie eksperimentalnogo gipotireoza [The effect of dry white cinquefoil extract during experimental hypothyroidism]. *Biulleten*

Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniia Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk — Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences, 1 (77), 2, 116–118 [in Russian].

9 Arkhipova, E.V., Etobaeva, I.G., Shantanova, L.N. & Mondodoev, A.G. (2015). Farmakoterapevticheskaia effektivnost kompleksnogo rastitelnogo sredstva “tireoton” pri eksperimentalnom gipotireoze [Pharmacotherapeutic efficiency of the complex herbal remedy “thyreoton” in experimental hypothyroidism]. *Fundamentalnye issledovaniia — Fundamental research*, 1; 901, 902 [in Russian].

10 Abdreshov, S.N., Demchenko, G.A., Mamataeva, A.T., Atanbaeva, G.K., Mankibaeva, S.A., Akhmetbaeva, N.A., Kozhaniyazova, U.N. & Nauryzbai, U.B. (2021). Condition of adrenergic innervation apparatus of the thyroid gland, blood and lymph vessels, and lymph nodes during correction of hypothyrosis. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 171 (2); 281–285. <https://doi.org/10.1007/s10517-021-05212-5>.

11 Melnikova, E.V., Gorchakov, V.N., Chevapsha, N.N. & Gorchakova, O.V. (2009). Struktura limfaticeskogo uzla shchitovidnoi zhelezy pri prieme tiroksina i merkazolila i na fone fitokorreksii [The structure of the lymphnode of the thyroid gland when taking thyroxine and mercazolil and against the background of phytocorrection]. *Morfologiya, limfologiya, klinika: sbornik nauchnykh trudov — Morphology, lymphology, clinic: collection of scientific papers*. Novosibirsk, 344–353 [in Russian].

12 Yaglova, N.V. (2008). Tsitofiziologicheskie osobennosti populiatsii tuchnykh kletok shchitovidnoi zhelezy pri vozdeistvii lipopolisakharida [Cytophysiological features of the thyroid mast cell population in exposure to lipopolysaccharide]. *Morfologiya vedomosti — Statement morphology*, 3–4; 94–98 [in Russian].

13 Verheesen, R.H. & Schweitzer, C.M. (2008). Iodine deficiency, more than cretinism and goiter. *Med. Hypotheses*, 71(5); 645–648.

14 Tice, L.W. & Creveling, C.R. (2011). Electron microscopic identification of adrenergic nerve endings on thyroid epithelial Cells. *Endocrinology*, 97 (5); 1123–1129.

15 Arkhipova, E.V. & Damdinova, G.Kh. (2012). Vliianie “Tireotona” na morfofunktsionalnoe sostoianie shchitovidnoi zhelezy pri eksperimentalnom gipotireoze [Influence of “Thyreoton” on the morphofunctional state of the thyroid gland with experimental hypothyroidism]. *Biulleten Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniia Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk — Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences*, 6 (88); 55–59 [in Russian].

Г.Б. Байшагирова^{1*}, М.Ю. Ишмуратова², Г.А. Атажанова¹, М.К. Смагулов²

¹Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан;

²Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

*Автор для корреспонденции: bayshagirovag@qmu.kz

Фармакогностическое исследование сырья *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.

Введение новых видов растений в медицинскую практику требует проведения фармакогностического исследования, в том числе определение макро- и микроскопических показателей растительного сырья. В статье изложены результаты анатомо-морфологического исследования надземных органов трехреберника непахучего (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.), собранного в природных условиях в фазе цветения. Растение проявляет антикоагулянтные свойства, обладает мягчительными, спазмолитическими и анальгезирующими свойствами, а также проявляет антибактериальную активность. По итогам анализа морфологических и анатомических показателей трехреберника непахучего определены диагностические признаки сырья на макро- и микроскопическом уровнях. Так, на макроскопическом уровне определены следующие признаки: форма, цвет стебля с поверхности и цвет на изломе; форма и степень рассечения листовой пластины, форма конечных долек листочков; форма цветочной корзинки, особенности строения листочков обертки, цветоложа; строение и форма трубчатых и колокольчатых цветков. На микроскопическом уровне признаки сырья *Tripleurospermum inodorum* следующие: форма и структура стебля, размещение основных тканей; форма и строение клеток эпидермиса венчика цветка и листочков обертки, расположение вместилищ и эфирно-масличных железок. Полученные результаты могут войти в проект нормативных документов на растительное сырье данного вида.

Ключевые слова: *Tripleurospermum inodorum*, *Asteraceae*, лекарственное растение, растительное сырье, макро- и микроскопический анализы, диагностические признаки.

Введение

Род трёхреберник (*Tripleurospermum* L.) относится к семейству Астровые (*Asteraceae*), и на данный момент представлен около 40 видами [1, 2]. Растения данного рода широко распространены, произрастают на территории Средиземноморья, Европы, Центральной Азии, в северных регионах Америки и Африки, некоторые виды — в Австралии, Китае и в Японии [1, 3, 4].

Трёхреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) — одно-двулетнее травянистое растение, достигающее высоты 25–75 см. Цветет с июля по сентябрь, плоды созревают в промежутке между июлем и октябрём. Вид произрастает на лугах и пастбищах, по опушкам и лесным прогалинам, на лесных полянах, вдоль дорог, по берегам рек, на прибрежных песках и галечниках, на солончаках, по горным склонам, в посевах, как сорное — в населенных пунктах [4].

T. inodorum обладает антикоагулянтными свойствами, оказывает анальгезирующее, спазмолитическое и мягчительное действия [5, 6]. Выявлено, что экстракт и эфирное масло обладают антибактериальной активностью, а за счет содержащихся в цветках пиретринов способен проявлять акарицидную, инсектицидную и репеллентную активность [4, 5]. Также было установлено присутствие в траве значительных количеств флавоноидов (цинарозид и космосиин), фенолкарбоновых кислот, кумаринов и танидов, дубильных веществ и органических кислот [4, 6–8]. Трёхреберник непахучий, в ос-

новном, находит применение в народной медицине, в официальной — лишь в виде примеси для ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla*) [5, 6].

Целью данного исследования являлось проведение анализа макроскопических и микроскопических показателей трёхрёберника непахучего и выявление диагностических признаков растительного сырья.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись надземные части (листья, соцветия и стебли) трёхрёберника непахучего, собранного в фазе цветения в окрестностях Федоровского водохранилища (Карагандинская область) в августе 2021 г. Координаты точки сбора: 49,760634 с. ш., 73,075951 в. д. Видовая идентификация растения выполнена специалистами кафедры ботаники Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова. Типовой образец хранится в Гербарном фонде биолого-географического факультета.



Сухие образцы сырья фотографировали с помощью микроскопа Levenhuk. При выполнении анатомического исследования сухие образцы надземных органов размачивали в горячей воде и размягчали в смеси глицерин–спирт 96 %–вода дистиллированная в соотношении 1:1:1 [9, 10]. Изготавливали поверхностные препараты и срезы вручную. Микроскопические фотографии поперечных срезов надземных органов выполнены с помощью микроскопа «Биомед-4» с окулярами $\times 10$, $\times 20$, линзами $\times 4$, $\times 10$, $\times 20$, $\times 40$. Обработку фотографий проводили в программе Paint 10.1. При описании морфологического и анатомического строения использовали принципы, изложенные в трудах В.Н. Вехова, Л.И. Лотовой [11–13].

Результаты и их обсуждение

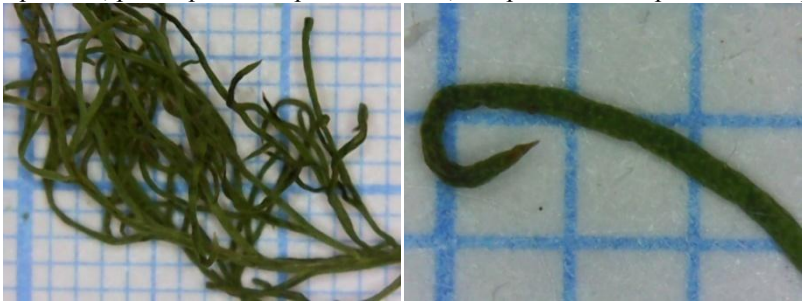
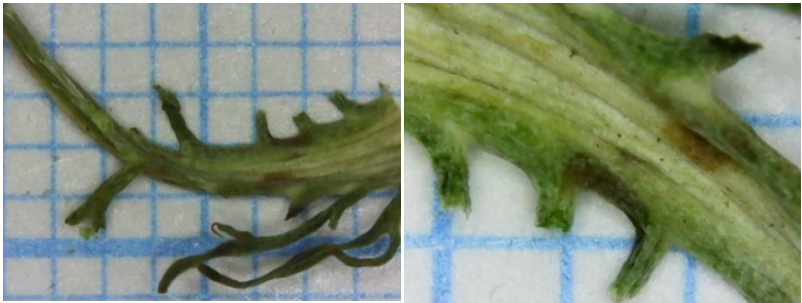
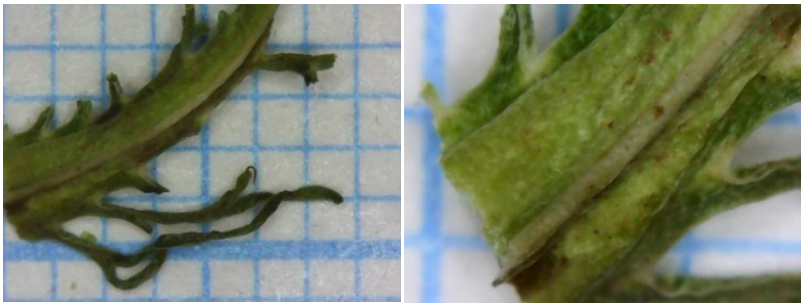
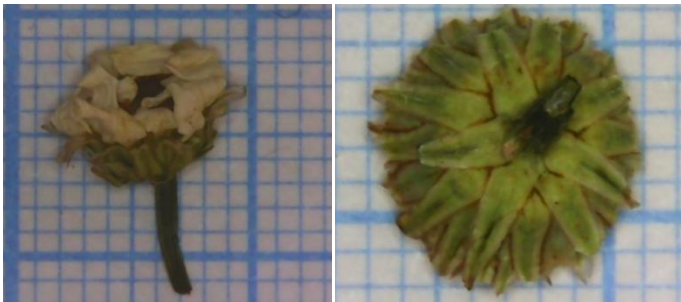
Морфологическое строение. Для определения особенности строения трёхрёберника непахучего нами проанализированы показатели надземных органов и составлено описание (табл. 1).



Т а б л и ц а 1

Морфологические показатели надземных органов *Tripleurospermum inodorum*

Части растения	Описание
1	2
Побег	<p>Прямой, восходящий, олиственный, цилиндрической формы, цвет светло-зеленый с беловатыми ребрами, по форме поперечного сечения бороздчатый, на изломе — белый. В нижней части почти не олиственные, в верхней части — ветвистые.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
Опушение побегов	Побеги голые, в верхней половине могут быть рассеянно опушенными

Продолжение таблицы 1

1	2
<p>Форма листа</p>	<p>Лист эллиптической формы, трижды-перисто-рассеченные, конечные дольки ланцетной или линейно-нитевидной формы; 6–8 см длиной, голые, сидячие или на укороченных черешках, расширенных при основании, с коротким заострением на верхушке.</p> 
<p>Структура верхней стороны листа</p>	<p>Поверхность шероховатая, жилки слабо выражены, цвет светло-зеленый, более темные по краю дольки листа.</p> 
<p>Структура нижней стороны листа</p>	<p>Поверхность шероховатая, с выраженными жилками листа, цвет зеленый или темно-зеленый.</p> 
<p>Форма соцветия</p>	<p>Соцветие корзинка, 2–2,5 см в диаметре; обертка 3-рядная. Цветоложе полушаровидно-коническое, голое, слабо ямчатое. Центральную часть занимают трубчатые цветки, по краям язычковые цветки.</p> 

1	2
Цветок	<p>Трубчатые цветки жёлтые, до 3,5–4 мм длиной и 0,5 мм шириной; трубка в верхней половине слегка расширенная, окраска желтая. Язычковые цветки пестичные, венчик белый, с отгибом от 5 до 10 мм.</p> 
Обвертка	<p>Листья обвертки продолговатые, длиной 3–4 мм, шириной 1–1,5 мм, центральная часть травянистая, край — пленчатый, окраска — бледно зеленая, при основании и по краю — с бурыми пятнами.</p> 

Таким образом, диагностическими признаками на макроскопическом уровне определены следующие: форма и окраска стебля с поверхности и на изломе; форма и структура листа (верхняя и нижняя стороны), расположение и степень выраженности жилок; форма соцветия, строение и окраска цветков и обвертки цветка.

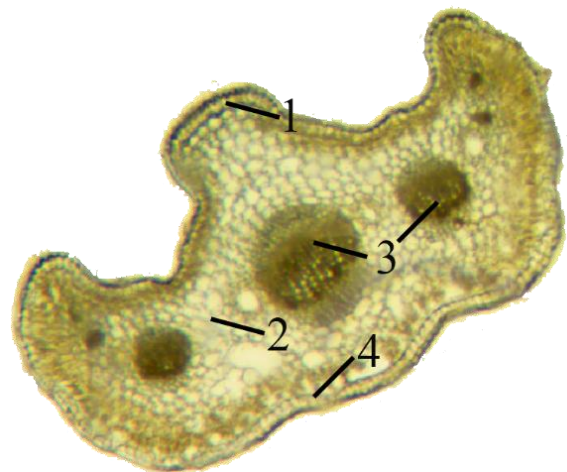
Анатомическое строение. Стебель на поперечном срезе округло-ребристый, пучкового типа (рис. 1). С наружной стороны стебель покрыт 1-слойным эпидермисом, клетки его округло-прямоугольные. Под эпидермой располагается 2–3-слойная хлоренхима, прерывающаяся под ребрами участками уголкового колленхимой. Между коровой и проводящей зоной залегает 1-слойная эндодерма. Пучки биколлатеральные, открытого типа, по форме — двух типов: 1) крупные, яйцевидные; 2) более мелкие пучки, округлой или овальной формы. В центре стебель заполнен рыхлыми клетками сердцевинной паренхимы.

На поперечном срезе долька листа овальная в очертании, дорзовентрального типа, с мезофиллом, состоящим из столбчатой и губчатой ткани (рис. 2). С обеих сторон лист окружен однослойным эпидермисом, клетки его округло-прямоугольные, с утолщенными наружными стенками. Местами расположены эфирно-масличные железки, погруженные в эпидерму. Под эпидермисом залегает 1–2-слойный столбчатый мезофилл, прерывающийся местами участками механической ткани — колленхимы. Центральная часть заполнена губчатым мезофиллом. В центральной части листа хорошо выражены центральный и два боковых проводящих пучка, биколлатерального типа с небольшими тяжами склеренхимы. В толще мезофилла отмечены схизогенные вместилища, содержащие эфирные масла.



1 — эпидермис; 2 — угольчатая колленхима; 3 — хлоренхима; 4 — эндодерма; 5 — флоэма; 6 — камбий; 7 — ксилема; 8 — паренхима

Рисунок 1. Поперечный срез стебля *Tripleurospermum inodorum*. Ув. ×60



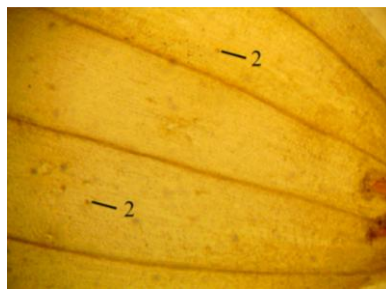
1 — верхняя эпидерма; 2 — губчатая паренхима; 3 — столбчатая паренхима; 4 — проводящий пучок; 5 — нижняя эпидерма

Рисунок 2. Поперечный срез листа *Tripleurospermum inodorum*. Ув. ×60

Язычковые цветки колокольчатой формы, с вытянутым ноготком, на конце венчик имеет три зубца (рис. 3). По поверхности венчика отчетливо наблюдаются проводящие пучки, клетки которых более темно-окрашенные. Эпидермис состоит из округлых или слегка вытянутых, почти прямоугольных клеток, с извилистыми стенками, сверху залегает слой кутикулы. По поверхности разбросаны редкие эфирно-масличные железы, преимущественно в нижней части, при основании венчика отмечены удлиненные и темно-окрашенные вместилища.



1 — проводящие пучки
А



2 — эфирно-масличные железы
Б

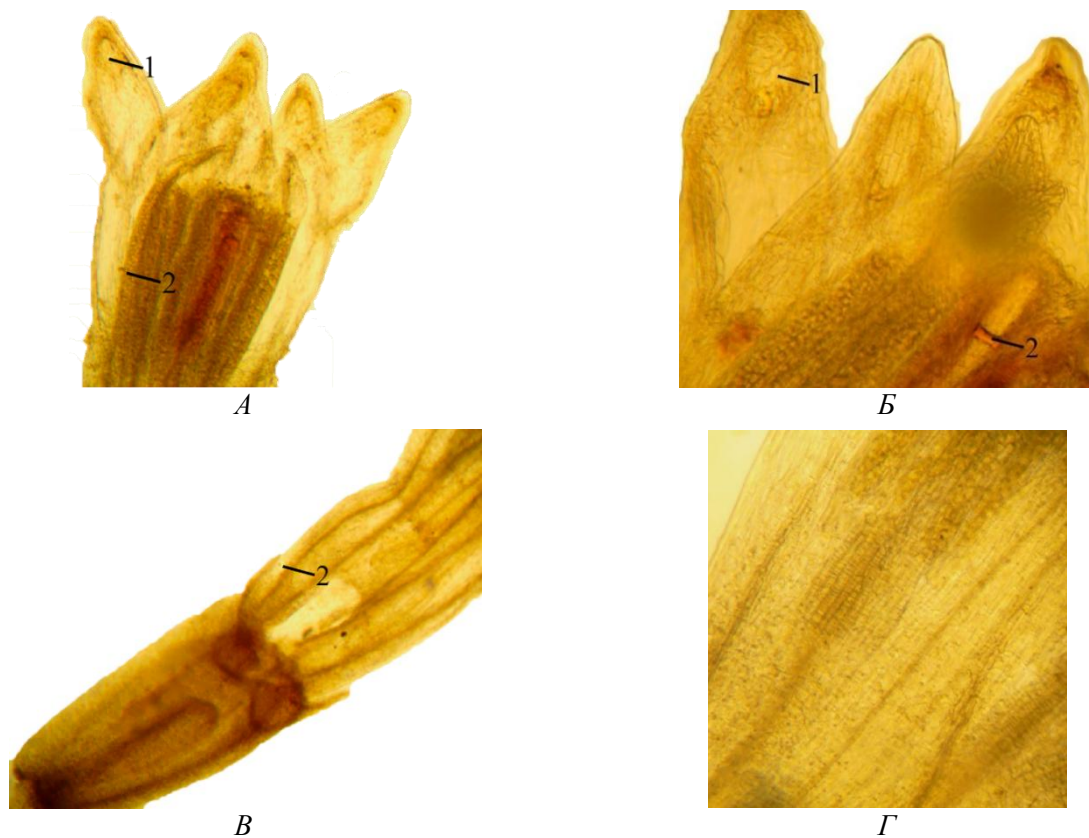


3 — вместилища
В

А — зубцы венчика цветка; Б — центральная часть эпидермиса; В — основание цветка. ×150

Рисунок 3. Препарат язычкового цветка *Tripleurospermum inodorum* с поверхности

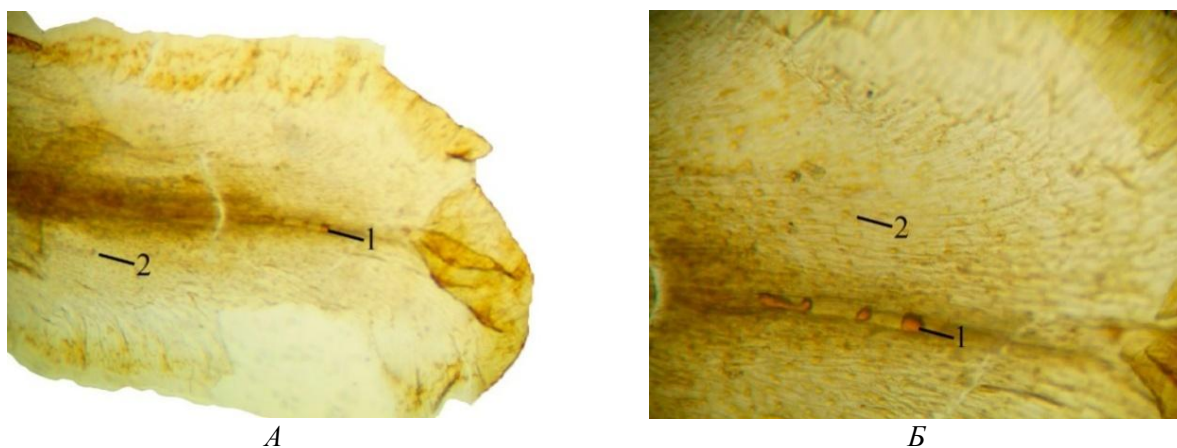
Центральные цветки узкоколокольчатые, обоеполые, венчик актиноморфный (рис. 4). Трубка венчика с середины расширяется. На верхней части имеются отгибы, в которых расположены вместилища округлой формы. Эпидермис трубчатого цветка состоит из вытянутых клеток. При основании присутствуют эфирно-масличные железы.



1 — вместилище; 2 — эфирно-масличные железы.
А, Б — зубцы венчика цветка; В — основание цветка;
Г — эпидермис венчика в центральной части. Ув. $\times 60$ и $\times 150$

Рисунок 4. Препарат трубчатого цветка *Tripleurospermum inodorum* с поверхности

Листочек обертки цветочной корзинки яйцевидной формы, центральная часть — травянистая, край — пленчатый (рис. 5); состоит из вытянутых клеток с прямыми стенками. Хорошо выражена центральная жилка. Эпидермис с поверхности покрыт тонким слоем кутикулы. На поверхности разбросаны немногочисленные эфирно-масличные железы, вдоль жилки листа — вместилища с эфирным маслом, схизогенного происхождения.



1 — вместилище; 2 — эфирно-масличные железы.
А — внешний вид; Б — участок в области центральной жилки. $\times 150$

Рисунок 5. Препарат листочка обертки *Tripleurospermum inodorum* с поверхности

Микроскопические признаки сырья трёхрёберника непахучего были обобщены в сводной таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Микроскопические признаки надземных органов *Tripleurospermum inodorum*

Показатели	Описание
Форма стебля на поперечном срезе	Округло-ребристый, пучкового типа
Тип листа на поперечном срезе	Лист овальный, дорзовентрального типа, мезофилл состоит из столбчатой и губчатой ткани
Тип проводящей системы	Биколлатерального типа, открытые, пучки двух типов: крупные (яйцевидные); мелкие (округлые или овальные)
Язычковые цветки	Клетки прямоугольные с извилистыми стенками, форма колокольчатая с вытянутым ноготком, вдоль венчика расположены проводящие пучки, покрыт кутикулой, по поверхности разбросаны редкие эфирно-масличные железки, при основании имеются вытянутые вместилища
Центральные трубчатые цветки	Клетки эпидермы вытянутые, форма узкоколокольчатая, обополюй, венчик актиноморфный, в отгибах расположены округлые вместилища, у основания присутствуют эфирно-масличные железки
Листочек обертки цветочной корзинки	Клетки вытянутые с прямыми клетками, форма яйцевидная, по поверхности разбросаны немногочисленные эфирно-масличные железки, вдоль жилки листа — вместилища с эфирным маслом

Анализ полученных данных позволяет определить следующие микроскопические диагностические признаки: форма и строение клеток эпидермиса листа и цветков, расположение эфирно-масличных железок, строение листа и стебля на поперечном срезе, а также тип проводящей системы.

Заключение

По итогам исследований определены макро- и микроскопические признаки сырья трёхрёберника непахучего:

Для стебля. Макроскопические признаки: форма и тип стебля, его цвет и окрас среза, опушение побегов. Микроскопические признаки: форма и структура стебля на поперечном срезе, тип проводящих пучков.

Для листа. Макроскопические признаки: цвет, форма, рассеченность листа и выраженность жилок. Микроскопические признаки: строение листа на поперечном срезе, тип проводящих пучков, редкие эфирно-масличные железки.

Для соцветия. Макроскопические признаки: тип и форма соцветия, расположение цветков и обертки

Для цветков. Макроскопические признаки: присутствие двух видов цветков, трубчатые и язычковые, их окрас и форма цветков. Микроскопические признаки: структура цветков, клетки эпидермы, наличие проводящего пучка в язычковом цветке, вместилища и эфирно-масличные железки присутствуют в обоих цветках.

Для листочков обертки. Макроскопические признаки: форма и окрас поверхности. Микроскопические признаки: форма клеток эпидермиса, наличие вдоль жилки листа вместилища и железок с эфирным маслом по поверхности.

Полученные данные могут войти в проект АНД на растительное сырье трёхрёберника непахучего.

Список литературы

- 1 Inceer H. Fruit structure of 12 Turkish endemic *Tripleurospermum* Sch. Bip. (*Asteraceae*) taxa and its taxonomic implications / H. Inceer, M. Bal, Ç. Talip, M. Pinar // Plant Systematics and Evolution. — 2012. — Vol. 298. — P. 845–855.
- 2 Inceer H. A genome size and phylogenetic survey of Mediterranean *Tripleurospermum* and *Matricaria* (*Anthemideae*, *Asteraceae*) / H. Inceer, T. Garnatje, S. Hayırlıoğlu-Ayaz, J.P. Pascual-Díaz, J. Vallès, S. Garcia // PLoS ONE. — 2018. — Vol. 13(10). — e.0203762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203762>
- 3 Bremer K. Generic monograph of the *Asteraceae-Anthemideae* / K. Bremer, C. Humphries // Bulletin Natural History Museum, Botany series. — 1993. — Vol. 23(2). — P. 71–177.

- 4 Доронькин В.М. *Tripleurospermum inodorum* — Трехреберник запахучий / В.М. Доронькин, Т.Г. Ламанова // Черная книга флоры Сибири. — Новосибирск: Гео, 2016. — С. 132–136.
- 5 Блинова О.Л. Разработка методики количественного определения суммы флавоноидов в трехребернике запахучем цветках / О.Л. Блинова, А.А. Гилева, А.В. Хлебников // Мед.-фармацев. журн. «Пульс». — 2021. — Т. 23, № 6. — С. 157–166.
- 6 Горячкина Е.Г. Технологические исследования по разработке экстракта сухого трехреберника запахучего / Е.Г. Горячкина, В.В. Гордеева, О.И. Мазунова // Вестн. Бурят. гос. ун-та. — 2012. — № S3. — С. 59–63.
- 7 Горячкина Е.Г. Выделение, идентификация и количественная оценка гидроксикоричных кислот трехреберника запахучего и нивяника обыкновенного // Е.Г. Горячкина, О.И. Мазунова, Ю.А. Ершова // Материалы VII Междунар. науч. конф. молодых ученых медиков. — Курск, 2013. — Т. 1. — С. 315–318.
- 8 Велиханова З.Р. Содержание биологически активных веществ в цветках трехреберника продырявленного / З.Р. Велиханова, А.И. Марахова, А.А. Сорокина // Фармация. — 2017. — Т. 66, № 8. — С. 9–12.
- 9 Прозина М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина. — М.: Высш. шк., 1960. — 206 с.
- 10 Долгова А.А. Руководство к практическим занятиям по фармакогнозии / А.А. Долгова, Е.Я. Ладыгина. — М.: Медицина, 1977. — 255 с.
- 11 Вехов В.Н. Практикум по анатомии и морфологии высших растений / В.Н. Вехов, Л.И. Лотова, В.Р. Филин. — М.: Моск. гос. ун-т, 1980. — 560 с.
- 12 Лотова Л.И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений / Л.И. Лотова. — М.: КомКнига, 2007. — 512 с.
- 13 Государственная фармакопея Республики Казахстан. — Т. 1. — Алматы: Жибек жолы, 2008. — С. 567–572.

Г.Б. Байшагилова, М.Ю. Ишмуратова, Г.А. Атажанова, М.К. Смагулов

***Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. шикізатын фармакогностикалық зерттеу**

Медициналық тәжірибеге өсімдіктердің жаңа түрлерін енгізу фармакогностикалық зерттеуді, соның ішінде өсімдік шикізатының макро- және микроскопиялық көрсеткіштерін анықтауды талап етеді. Мақалада гүлдену кезеңінде табиғи жағдайда жиналған иіссіз үшқырлытұқымның (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.) жерүсті мүшелерінің анатомиялық-морфологиялық зерттеу нәтижелері берілген. Өсімдік қан ұйытпайтын қасиетті көрсетеді, жұмсақ, спазмолитикалық және анальгетикалық қасиеттерге ие, сонымен қатар бактерияғақарсы белсенділікті көрсетеді. Иіссіз үшқырлытұқымның морфологиялық және анатомиялық көрсеткіштерін талдау нәтижелері бойынша макро- және микроскопиялық деңгейде шикізаттың диагностикалық белгілері анықталды. Сонымен, макроскопиялық деңгейде келесі белгілер анықталды: сабақ бетінің пішіні, түсі және сынғандағы түсі; жапырақ тақтасының (алақанының) тілінуінің пішіні мен дәрежесі, жапырақшалардың соңғы бөліктерінің пішіні; гүл тостағаншасының пішіні, жапырақшалар гүлорамдары, гүлтабанының құрылымдық ерекшеліктері; түтікшелі және қоңыраугүл тәрізді гүлдерінің құрылымы мен пішіні. Микроскопиялық деңгейде *Tripleurospermum inodorum* шикізатының белгілері келесідей: сабақтың пішіні мен құрылымы, негізгі тіндерінің орналасуы; жапырақшалар гүлорамдары мен гүл кестесінің эпидермис қасушаларының пішіні және құрылымы, эфирлі-майлы бездердің орналасу орны. Алынған нәтижелер осы түрдегі өсімдік шикізатына арналған нормативтік құжаттар жобасына енуі мүмкін.

Кілт сөздер: *Tripleurospermum inodorum*, *Asteraceae*, дәрілік өсімдік, өсімдік материалы, макро- және микроскопиялық талдау, диагностикалық белгілер.

G.B. Baishagirova, M.Yu. Ishmuratova, G.A. Atazhanova, M.K. Smagulov

Pharmacognostic study of raw materials *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.

Introduction of new plant species into medical practice requires pharmacognostic research, including determination of macro- and microscopic parameters of plant raw materials. The article presents the results of anatomical and morphological study of aboveground organs of *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., collected in natural conditions in the flowering phase. The plant exhibits anticoagulant properties, has softening, antispasmodic and analgesic properties, and exhibits antibacterial activity. According to the results of the analysis of morphological and anatomical indicators of trice berries unpalatable determined diagnostic signs of raw materials at the macro- and microscopic level. So, at macroscopic level the following signs are defined: a shape, color of a stem from a surface and color on a break; a shape and degree of dissection of a leaf plate, the form of final lobules of leaflets; a shape of a flower basket, features of a structure of leaves of a coverlet, a flower spike; a structure and a form of tubular and bell-shaped flowers. At the microscopic level,

the signs of *Tripleurospermum inodorum* raw material are as follows: shape and structure of the stem, placement of the main tissues; shape and structure of the epidermal cells of the flower corolla and the wrapper leaves, location of receptacles and essential-oil glands. The received results can enter the project of normative documents on vegetative raw materials of the given kind.

Keywords: *Tripleurospermum inodorum*, Asteraceae, medicinal plant, plantmaterial, macro- and microscopic analysis, diagnostic signs.

References

- 1 Inceer, H., Bal, M., Çeter, T. & Pinar, M. (2012). Fruit structure of 12 Turkish endemic *Tripleurospermum* Sch. Bip. (Asteraceae) taxa and its taxonomic implications. *Plant Systematics and Evolution*, 298; 845–855.
- 2 Inceer, H., Garnatje, T., Hayırlıoğlu-Ayaz, S., Pascual-Díaz, J.P., Vallès, J. & Garcia, S. (2018). A genome size and phylogenetic survey of Mediterranean *Tripleurospermum* and *Matricaria* (Anthemideae, Asteraceae). *PLoS ONE*, 13(10); e.0203762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203762>.
- 3 Bremer, K. & Humphries, C. (1993). Generic monograph of the Asteraceae-Anthemideae. *Bulletin Natural History Museum, Botany series*, 23(2); 71–177.
- 4 Doronkin, V.M. & Lamanova, T.G. (2016). *Tripleurospermum inodorum* — Trekhrebernik nepakhuchii [*Tripleurospermum inodorum* — Tricerebrica odorless]. *Chernaia kniga flory Sibiri [The black book of Siberia]*. Novosibirsk: Geo, 132–136 [in Russian].
- 5 Blinova, O.L., Gileva, A.A. & Khlebnikov, A.V. (2021). Razrabotka metodiki kolichestvennogo opredeleniia summy flavonoidov v trekhrebernike nepakhuchem tsvetkakh [Development of a method for quantification of the sum of flavonoids in *Tripleurospermum inodorum* flowers]. *Mediko-farmatsevticheskii zhurnal "Puls" — Medical-pharmaceutical journal "Puls"*, 23 (6); 157–166 [in Russian].
- 6 Goriachkina, E.G., Gordeeva, V.V. & Mazunova, O.I. (2012). Tekhnologicheskie issledovaniia po razrabotke ekstrakta sukhogo trekhrebernika nepakhuchego [Technological studies on the development of dry extract of *Tripleurospermum inodorum*]. *Vestnik Buriatskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Buriat state university*, S3; 59–63 [in Russian].
- 7 Goriachkina, E.G., Mazunova, O.I. & Ershova, Yu.A. (2013). Vydelenie, identifikatsiia i kolichestvennaia otsenka gidroksikorichnykh kislot trekhrebernika nepakhuchego i nivianika obyknovennogo [Isolation, Identification and Quantification of Hydroxycoric Acids of Trifinch and Common Nivanik]. *Materialy VII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii molodykh uchenykh medikov — Materials of the VII International Scientific Conference of Young Medical Scientists*. Kursk, 1; 315–318 [in Russian].
- 8 Velikhanova, Z.R., Marakhova, A.I. & Sorokina, A.A. (2017). Soderzhanie biologicheskii aktivnykh veshchestv v tsvetkakh trekhrebernika prodyriavlennogo [Content of biologically active substances in three-ribbed perforated flowers]. *Farmatsiia — Pharmacy*, 66 (8); 9–12 [in Russian].
- 9 Prozina, M.N. (1960). *Botanicheskaia mikrotekhnikha [Botanical microtechnics]*. Moscow: Vysshiaia shkola [in Russian].
- 10 Dolgova, A.A. & Ladygina, E.Ya. (1977). *Rukovodstvo k prakticheskim zaniatiim po farmakognozii [Pharmacognosy Practice Guide]*. Moscow: Meditsina [in Russian].
- 11 Vekhov, V.N., Lotova, L.I. & Filin, V.R. (1980). *Praktikum po anatomii i morfologii vysshikh rastenii [Workshop on the anatomy and morphology of higher plants]*. Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet [in Russian].
- 12 Lotova, L.I. (2007). *Botanika: Morfologiya i anatomiya vysshikh rastenii [Botany: higher plants morphology and anatomy]*. Moscow: KomKniga [in Russian].
- 13 (2008). *Gosudarstvennaia farmakopeia Respubliki Kazakhstan [The state pharmacopeia of Republic of Kazakhstan]*. Almaty: Zhibek zholy, 1; 567–572 [in Russian].

G.G. Meyramov^{1*}, K.-D. Kohnert², A.Zh. Shaybek¹, F.S. Abikenova³, K.S. Temireeva⁴,
Zh.Zh. Blyalova¹, K. Elshina¹, A.G. Meyramova⁴

¹Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan;

²Institute of Diabetes "Gerhardt Katsch", Karlsburg, Germany;

³Medical University Karaganda;

⁴Academy Bolashaq, Karaganda, Kazakhstan

*Corresponding author: meyradow@mail.ru

Indirect method of histochemical assessment of insulin content in pancreatic β -cells

Methods for analysis the state of histostructure and insulin and zinc content in pancreatic tissue allow to estimate either a state of histostructure alone or visual insulin content in β -cells. Zinc content indicating the content of deposited insulin and the ability of β -cells to form this form of hormone is possible using an additional method that increases the volume of work and complicates investigation. Authors have proposed a method that allows to simultaneously evaluate both the state of the histostructure and the quantitative content of deposited insulin and zinc in β -cells of the pancreas. It has been experimentally confirmed that both the aldehyde-fuchsin method of insulin staining and Dithizone method for staining of zinc-ions in β -cells can be separately used simultaneously for quantitative analysis of the content of deposited insulin and zinc in β -cells. It has been experimentally confirmed that both the aldehyde-fuchsin method of insulin staining and the Dithizone method of detecting zinc in β -cells can be separately used simultaneously for quantitative analysis of the content of deposited insulin and zinc in β -cells. The use of both methods allows not only to assess the state of the histostructure, but to assess the content and functional ability of β -cells to synthesize insulin, as well as to form its deposited form using zinc.

Keywords: pancreas, β -cells, insulin, zinc, Dithizon, histostructure, insulin synthesis.

Introduction

Pancreatic islets of a number of animals (rabbits, dogs, cats, hamsters, mice) contain significant amounts of zinc ions [1]. There are indications that zinc has an important role in the formation of a deposited form of insulin in β -cells [2, 3], so that the synthesized hormone is stored in cells and excreted into the blood depending on the level of glucose in the blood. Meanwhile, today there are no direct experimental data confirming the formation of the Zn-insulin complex in β -cells. There are several methods for selectively assessing the histostructure of pancreatic islets, the content of deposited insulin and zinc in β -cells, the use of which in combination greatly complicates the conduct of research.

The purpose of the study: to study the relationship between the content of zinc and insulin in β -cells of the pancreas, followed by the justification of the choice of one of the histochemical methods, which makes it possible to assess as a condition.

Aim of work: to investigate the relationship between the content of zinc and insulin in β -cells of the pancreas.

Experimental

Animals: 12 rabbits, 2150–2400 g were used. Aim of work:

- i) to investigate histotopography of the localization of zinc and insulin in β -cells of pancreatic islets, comparing the results of visual research;
- ii) assess the content of zinc and insulin in cytoplasm of β -cells using quantitative histophotometric analysis by comparing the obtained data;
- iii) in experiments using the complete elimination of insulin from the cytoplasm of β -cells to estimate the content of zinc and insulin visually and quantitatively comparing the results.

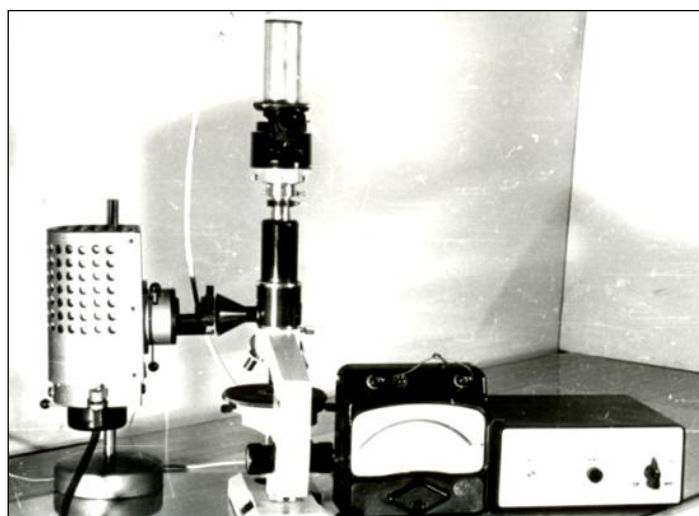
2 groups of animals: Group 1 — injection of 2 % water-ammonium solution of Diphenylthiocarbazon (Dithizon, DZ), which forms the red granules of Zn-DZ chelat complex in β -cells observed in the sections of the frozen gland of pancreas using of technique of dark field microscopy, which was previously confirmed by the method of spectral analysis of the absorption spectra of extracted from β -cells of the complex in com-

parison with the artificially obtained in vitro similar complex [4]; Group 2 — rabbits; elimination of deposited insulin from β -cells by repeated oral administration of Glibenclamide, 25 mg/kg within 3 days. 2 parts of pancreas tissue were used: the first was frozen in cryostat with the subsequent microscopy of frozen sections in a dark field. The second part was fixed for 24 hours in the Bouin liquid.

To evaluate the content of insulin in paraffin sections of the pancreas, an aldehydfuschine color method is used, which allows to evaluate both the content of insulin in β -cells and the state of the islands of the islands. The most important advantage of this method in comparison with others is the possibility of studying the histotopography of insulin in β -cells. Slices with a thickness of 4 μ m were painted on insulin with aldehydfuxin [5], zinc content in β -cells was evaluated by a quantity assessment in the relative units of the granite of the ZN-DZ complex.

For a quantitative assessment of the content of deposited insulin in β -cells of light absorption, for which the microfluorimetric complex [6, 7] was used based on FEU-31, combined through a micrograph with a microscope (Fig. 1).

The obtained digital data were processed statistically using Student's t-test.



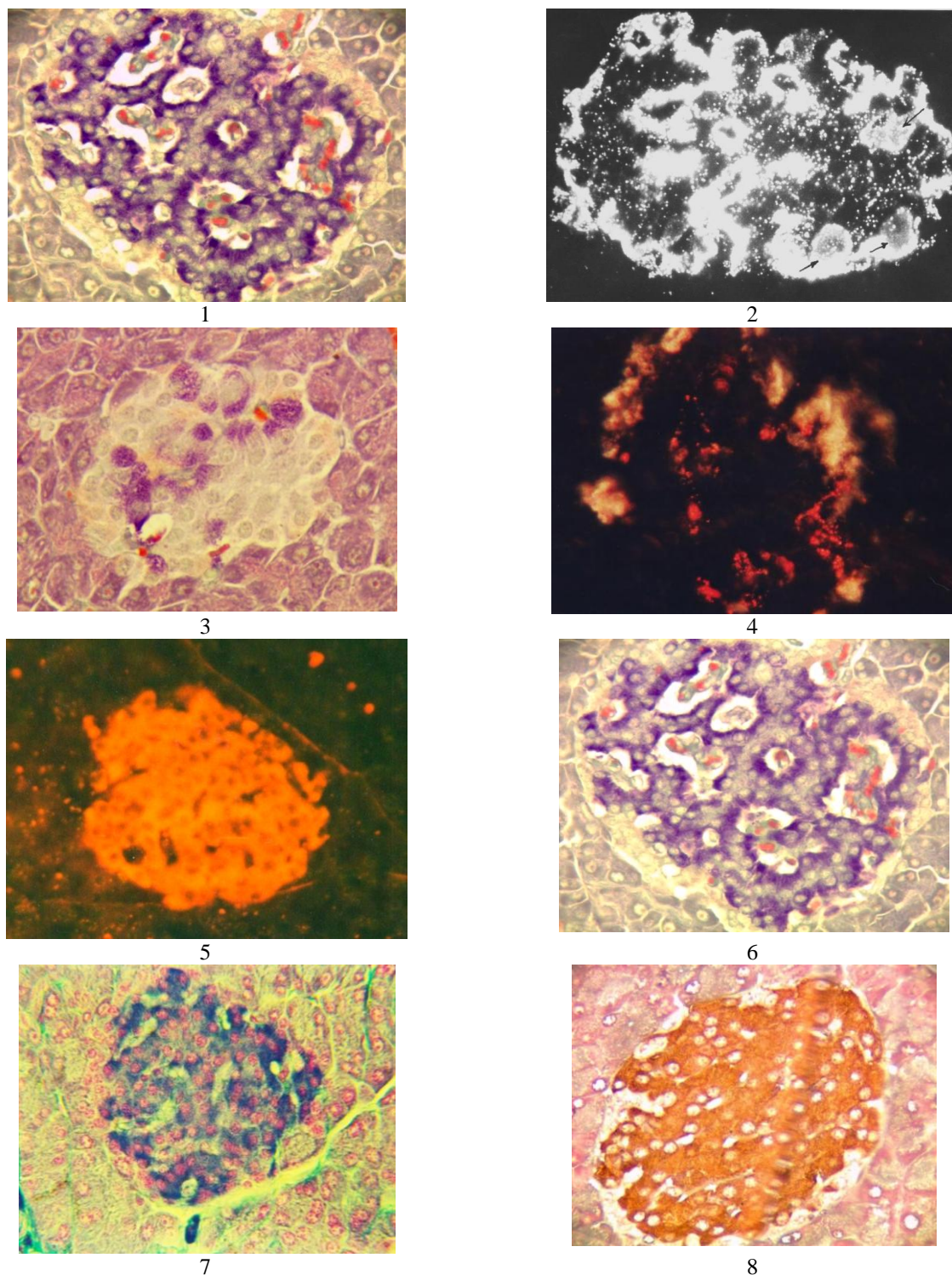
Composition of the complex: ultraviolet lamp; microscope; micro-meter; power supply; FEU-31 photo-electronic multiplier; microphotography with the adjustable diaphragm built into the field, which locks the central part of the islets containing β -cells

Figure 1. Hystophluorimetric complex for the quantitative assessment of the content of insulin and zinc in V-cells

Photometry was subjected to β -cells localized in places of hormone exocytosis around the islet capillaries, which contain the largest hormone. The assessment of insulin coatings in the pancreatic islands was carried out in relative units (O.E.) in terms of indicator of light absorption K , determined by the formula: $K = A2/A1$, where $A1$ is the size of the photo flow that arose when measuring the coloring density of insulin aldehydfuxine in β -cells (in MKA) and $A2$ — the size of the photograph that arose when measuring the glow of the cells of exocrine tissue. When using an aldehydfoxy — a new method, it was evaluated by the formula with the reverse dependence ($K1 = A2/A1$, where $A1$ is the intensity of the light absorption with β -cells containing insulin and $A2$ — weakly absorption of exocrine tissue cells that do not contain insulin). That is, the denser the coloring — the more light it is absorbed by a photometer, respectively, the lower the size of the phototock and the higher the insulin content. When using a dytison method of zinc coloring, a direct proportional dependence was used ($K2 = A1/A2$, where $A1$ — gluttonization of painted β -cells and $A2$ — Iltoy glow of the surrounding fabric). That is, the more intense the color of the β -cells-the more light goes on a photometer and vice versa [7, 8]. For each option, 30 measurements of zinc and insulin accumulations were performed in β -cells located around the intra-regional capillaries.

Results

In painted by aldehydefuschine pancreatic tissue drugs of intact animals, saturated purple color indicates the presence of a large amounts of deposited insulin in the cytoplasm of β -cells (Fig. 2.1), which concentrates in the places of hormone around the islet capillaries.



1 — Pancreatic islet of intact rabbit. Aldehyde fuchsin staining. Violet color of insulin; maximum concentration of hormone in β -cells at the contact with the endothelium of blood capillaries; $\times 280$. 2 — Pancreatic rabbit islet after administration of 47.2 mg/kg Dithizone; histotopography: Zinc-DZ granules are maximally concentrated around the capillaries, adjacent to the endothelium; $\times 280$; 3 — Pancreatic rabbit islet after insulin elimination from β -cells by Glibenclamide, 15 mg/kg repeatedly within 3 days. Aldehyde fuchsin staining; the absence of violet color indicates almost complete absence of insulin in β -cells; $\times 280$; 4 — Pancreatic rabbit islet after elimination of insulin by Glibenclamide and followed administration of 48.6 mg/kg of Dithizone; almost complete absence of Zn-DZ complex in β -cells; there are only single granules of the complex; $\times 280$; 5 — Pancreatic island intact rat. Painting with Victoria 4R reagent. Insulin is colored dark blue; in pink around the periphery — A-cells; $\times 280$; 6 — isolated intact pancreatic islet. Painting with Victoria 4R reagent. Dark blue colored insulin; $\times 280$; 7 — Pancreatic island intact rat. Coloration by immunohistochemical method. Insulin is colored brown. Histostructure unchanged; $\times 280$; 8 — isolated intact pancreatic islet. Coloration by immunohistochemical method. Insulin is colored brown. Histostructure unchanged; $\times 280$

Figure 2. Accumulation of insulin in β -cells

In frozen sections of pancreas of intact animals after administration of 47.6 mg/kg of Diphenyltio-carbazone (DZ) 5 min after injection, a large amounts of chelat complex of Zn-DZ visible as bright red granules that filled the cytoplasm of β -cells (Fig. 2) were formed in β -cells.

A visual study of the histotopography of zinc and insulin in the pancreatic islets showed: the maximum amount of zinc and insulin were concentrated at the poles of β -cells that directly contact with the endothelium of capillaries (Fig. 2.1 and 2.2). Visually the localization of zinc and insulin did not differ. To obtain more convincing objective data, a quantitative assessment of the results was carried out

The results of the quantitative investigation of the content of insulin in β -cells did not reveal any reliable differences between the content of zinc and insulin in β -cells (Table), which is like confirmation of existing assumptions regarding the fact that insulin forms in β -cells a deposited form in the form of a complex with zinc.

To obtain additional direct evidence, experiments were carried out with selective elimination of insulin from β -cells by Glibenclamide. The results convincingly indicate that the excretion of insulin, accompanied by a sharp lowering of its content, up to the complete absence in β -cells, was also accompanied by the removal of zinc ions from β -cells in the same quantities (Table 1, Fig. 2), as evidenced by a negative reaction to zinc in β -cells. There were no accurate differences at the same time.

Table

Quantitative assessment of the content of deposited insulin and zinc in β -cells (in relative units, O.E.)

№	Groups of animals	Concentration of granules of complex Zn ⁺² -DZ in cytoplasm of β -cells (A ¹ /A ² index) (o.e.)	Concentration of granules of deposited insulin in the cytoplasm β -cells (A ² /A ¹ index) (o.e.)
1	Group 1	6.84±0.42 n = 28	7.08±0.29 n = 30
2	Group 2 (mobilized by insulin from β -cells by Glibenclamide)	1.31±0.09 n = 26	1.28±0.09 n = 32

Discussion

The histological and specific histochemical methods of insulin staining in β -cells allow estimating its content mainly on the basis of visual analysis using light-optical or luminescent microscopy. Equally important is the parallel analysis of the zinc content in β -cells, given the existing ideas that zinc is involved in the formation of a deposited form of hormone in β -cells. In zinc-deficient conditions, or after zinc elimination together with insulin from β -cells by Glibenclamide mobilizing from β -cells together with insulin and zinc, may be created to disrupt the formation of a deposited form of insulin.

Meanwhile, two main methods are used for histochemical detection of zinc ions: Dithizone staining with the formation of a chelat complex Zn-DZ (4) in β cells in the form of bright red granules, or by using of fluorochrome toluene (sulfonylamino) quinoline (TSC), which forms a high specific complex Zn-TSC luminescent with bright green fluorescence [8]. Both methods are high specific to the recovery of zinc ions. The question arose: taking into account the experience we have accumulated earlier, which suggests that there is a marked parallelism between the content of insulin and zinc in β -cells, to detect histochemically simultaneously insulin and zinc using the same method? Is it also possible to argue that zinc and insulin ions are not a hormone and metal ions localized in the cytoplasm of β -cells separately, but a single complex that is a deposited form of insulin? Now, there are positive opinions on this matter, but no specific experimental confirmations of this have been given in the literature.

The results of the histophluorimetric investigation by us are quite convincing that the insulin content in β -cells of the pancreas not only visually, but also quantitatively coincides with the zinc content. In experiments with elimination of insulin from β -cells showed that excretion of insulin is accompanied by simultaneous excretion of zinc. If zinc and insulin in β -cells were positioned as separately localized components, the excretion of insulin should not be reflected on the zinc content. The obtained results indicate that zinc is involved in the formation of the deposited form of insulin not just as a catalyst of the process, but as a component that binds to insulin and forms its deposited form as a Zn-insulin complex. Thus, by the content of insulin in preparations stained for insulin, the content of zinc can be estimated and vice versa: by staining of zinc using a reaction with Dithizone, the content of insulin in β - cells can be estimated in parallel. With regard to

the question of whether it is possible to limit the use of only one of the methods in order to evaluate the content of the other component in β -cells, it is advisable to use both methods, taking into account the presence of certain advantages for each of them. For example, the aldehydfuchsin method allows staining not only insulin, examining the histotopography of the hormone in β -cells, but also estimate of state of other cell structures of pancreatic islets and cells of the exocrine tissue, so that the value of information in describing the state of the histostructure of the tissue increases significantly. A relative disadvantage of the Dithizone method of zinc staining is the short-term existence of sections of frozen sections of pancreas tissue. Its advantage is the absence of the necessity of using a number of procedures in the process of preparation and staining of sections of pancreas tissue.

The procedure for coloring pancreatic tissue with Gomori aldehydfuchsin in our modification (time item 11.14 was specified, item 17 was added: 1) xylene — 5 min; 2) xylene No. 2 — 5 min; 3) xylene 3–5 min; 4) abs. alcohol 100° No. 1–5 min; 5) abs. alcohol No. 2–5 min; 6) alcohol 80° — 5 min; 7) distill. water — 5 min; 8) oxidizing agent — 2 min; 9) 2 % oxalic acid solution before discoloration; 10) distill. water — 5 min; 11) aldehydfuchsin (“MERCCK,” Germany; “SERVA,” Germany) — 5–7 min; 12) 70° acidified alcohol 1-differentiate; 13) 70°-acidic alcohol No. 2-differentiate; 14) Halmi mixture — 1 min; 15) distill. water — 5 min; 16) distill. water 2–5 min; 17) abs. alcohol No. 3–5 min; 18) abs. alcohol — No. 4–5 min; 19) xylene — 5 min; 20) xylene 2–5 min; 21) imprisonment in a balm. Result: insulin in β cells stains violet A-cell yellow.

Conclusions

1. The results of visual and quantitative assessment of insulin and zinc content in pancreatic β -cells indicate a complete correlation of results, which in turn confirms the participation of zinc as an integral part in the formation of the deposited form of insulin.

2. The most preferred method of studying the content and histotopographic distribution of zinc in the cytoplasm of pancreatic β -cells is the Dithizone method of its intra-vital color in β -cells.

References

- 1 Мейрамова А.Г. Диабетогенные цинксвязывающие β -цитотоксические соединения / А.Г. Мейрамова // Проблемы эндокринологии. — 2003. — Т. 49, № 2. — С. 8–16.
- 2 Andersson T. Subcellular distribution of zinc in islet's B-cells fractions / T. Andersson, P. Betgreen, P. Flatt // Hormones and Metabolism Res. — 1980. — Vol. 12, № 1. — P. 275–276.
- 3 Emdin S.O. Role of zinc in insulin biosynthesis. Some possible zinc-insulin interactions in the pancreatic B-cell / S.O. Emdin, G.G. Dodson, J.M. Cutfield, S.M. Cutfield // Diabetologia. — 1980. — Vol. 19 (3). — P. 174–182.
- 4 Лазарис Я.А. К механизму повреждения панкреатических островков при дитизиновом диабете/ Я.А. Лазарис, Г.Г. Мейрамов // Бюлл. эксперим. биол. и мед. — 1974. — Т. 20, № 3. — С. 19–22.
- 5 Kvistberg D. Staining of Insulin with Aldehyde fuchsin // D. Kvistberg, G. Lester, A. Lasarov // Journal Histochem. and Cytochem. — 1966. — Vol. 14. — P. 609–611.
- 6 Мейрамов Г.Г. Гистофлюориметрический метод оценки содержания инсулина в β -клетках поджелудочной железы // Г.Г. Мейрамов, Г.Т. Тусупбекова, А.Г. Мейрамова // Проблемы эндокринологии. — 1987. — Т. 33, № 6. — С. 49–51.
- 7 Мейрамов Г.Г. Пред. патент РК № 18352 от 18.01. 2007 г. на изобретение «Способ количественной оценки содержания инсулина в β -клетках панкреатических островков в эксперименте» / Г.Г. Мейрамов, А.А. Кикимбаева, А.Г. Мейрамова.
- 8 Красавин И.А. Гистохимические реакции на цинк в островках Лангерганса и диабетогенное действие реагентов, используемых для этой цели // Проблемы эндокринологии / И.А. Красавин, З.Е. Бавельский, Я.А. Лазарис, В. Дзиомко // Проблемы эндокринологии. — 1969. — Т. 15, № 3. — С. 102–105.

Г.Г. Мейрамов, К.-Д. Конерт, А.Ж. Шайбек, Ф.С. Абикенова, К.С. Темиреева,
Ж.Ж. Блялова, К. Ельшина, А.Г. Мейрамова

Панкреатикалық β-жасушалардағы инсулин құрамын гистохимиялық бағалаудың тікелей емес әдісі

Гистокұрылымның жай-күйін және ұйқы безі ұлпасындағы инсулин мен мырыштың құрамын бағалаудың қазіргі әдістері гистокұрылымның жай-күйін ғана бағалауға немесе β-жасушалардағы инсулиннің құрамын көзбен көріп бағалауға мүмкіндік береді. Депонирленген инсулиннің құрамын және β-жасушалардың гормонның осы формасын қалыптастыру қабілетін көрсететін мырыштың құрамын қосымша әдістің көмегімен бағалауға болады. Бұл жұмыс көлемін айтарлықтай арттырады және зерттеу жүргізуді қиындатады. Авторлар бір мезгілде гистокұрылымның жай-күйін, сондай-ақ ұйқы безінің β-жасушаларындағы депонирленген инсулин мен мырыштың мөлшерін бағалауға мүмкіндік беретін әдісті пайдалануды ұсынды. Инсулинді бояудың альдегид-фуксин әдісі, сондай-ақ β-жасушалардағы мырышты анықтаудың дитизондық әдісі бір мезгілде депонирленген инсулиннің құрамын сандық талдау үшін пайдаланылуы мүмкін. Екі әдісті пайдалану гистокұрылымның жай-күйіне баға беріп қана қоймай, β-жасушалардың инсулинді синтездеу құрамы мен функционалдық қабілеттерін бағалауға, сондай-ақ мырыш көмегімен оның депонирленген формасын қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: ұйқы безі, β-жасушалар, инсулин, мырыш, дитизон, гистокұрылым.

Г.Г. Мейрамов, К.-Д. Конерт, А.Ж. Шайбек, Ф.С. Абикенова, К.С. Темиреева,
Ж.Ж. Блялова, К. Ельшина, А.Г. Мейрамова

Непрямой метод гистохимической оценки содержания инсулина в панкреатических β-клетках

Существующие методы оценки состояния гистоструктуры и содержания инсулина и цинка в ткани поджелудочной железы позволяют оценивать либо только состояние гистоструктуры, либо, в лучшем случае, визуально содержание инсулина в β-клетках. Содержание цинка, свидетельствующее о содержании депонированного инсулина и способности β-клеток формировать данную форму гормона, возможно оценить с помощью дополнительного метода. Это значительно увеличивает объем работы и усложняет проведение исследования. Авторами предложено применение метода, позволяющего оценивать одновременно как состояние гистоструктуры, так и количественно содержание депонированного инсулина и цинка в β-клетках поджелудочной железы. Экспериментально подтверждено, что как альдегид-фуксиновый метод окраски инсулина, так и дитизоновый метод выявления цинка в β-клетках могут по отдельности использоваться одновременно для количественного анализа содержания и депонированного инсулина и цинка в β-клетках. Применение обоих методов позволяет не только дать оценку состояния гистоструктуры, но и оценить содержание и функциональные способности β-клеток синтезировать инсулин, а также с помощью цинка формировать его депонированную форму.

Ключевые слова: поджелудочная железа, β-клетки, инсулин, цинк, дитизон, гистоструктура, синтез инсулина.

References

- 1 Meyramova, A.G. (2003). Diabetogennyye tsinksvyazivayushchie β-tsitotoksicheskie soedineniia [Diabetogenic zinc-binding B-cytotoxic compounds]. *Problemy endokrinologii — Endocrinology Problems*, 49, (2); 8–16 [in Russian].
- 2 Andersson, T., Betgreen, P. & Flatt, P. (1980). Subcellular distribution of zinc in islet's B-cells fractions. *Hormones and Metabolism Res.*, 12 (1); 275–276.
- 3 Emdin, S.O., Dodson, G.G., Cutfield, J.M. & Emdin, S.M. (1980). Cutfield Role of zinc in insulin biosynthesis. Some possible zinc-insulin interactions in the pancreatic B-cell. *Diabetologia*, 19 (3); 174–182.
- 4 Lazaris, Ya.A. & Meyramov, G.G. (1974). K mekhanizmu povrezhdeniia pankreaticheskikh ostrovkov pri ditizonovom diabete [To the mechanism of pancreatic islet damage in dithizone diabetes]. *Biulleten eksperimentalnoi biologii i meditsiny — Bulletin of experimental biology and medicine*, 20 (3); 19–22 [in Russian].
- 5 Kvistberg, D., Lester, G. & Lasarov, A. (1966). Staining of Insulin with Aldehyde fuchsin. *Journal Histochem. and Cytochem.*, 14; 609–611.

6 Meyramov, G.G., Tusupbekova, G.T. & Meiramova, A.G. (1987). Gistofluorimetriceskii metod otsenki sodержaniia insulina v β -kletkakh podzheludochnoi zhelezy [Histochemical method for assessing insulin content in pancreatic β -cells]. *Problemy endokrinologii — Endocrinology Problems*, 33 (6); 49–51 [in Russian].

7 (2007). Meyramov, G.G., Kikimbaeva, A.A. & Meyramova, A.G. Preliminary patent of RK № 18352 from 18.01.2007. “Sposob kolichestvennoi otsenki sodержaniia insulina v β -kletkakh pankreaticheskikh ostrovkov v eksperimente” [“A Method for Quantifying Insulin Content in B Cells of Pancreatic Islets in an Experiment”] [in Russian].

8 Krasavin, I.A., Bavel'skii, Z.E., Lazaris, Ya.A. & Dziomko, V. (1969). Gistokhimicheskie reaktsii na tsink v ostrovkakh Langergansa i diabetogennoe deistvie reagentov, ispolzuemykh dlia etoi tseli [Histochemical reactions to zinc in the islets of Langerhans and diabetogenic action of reagents used for this purpose]. *Problemy endokrinologii — Endocrinology Problems*, 15 (3); 102–105 [in Russian].

A.K. Sarkytbayeva^{1*}, S.A. Kubentayev², M.S. Kurmanbayeva¹, G.S. Aidarkhanova³,
Zh.B. Iskakova⁴, M.Zh. Zhumagul^{1,2}, A.B. Kusmangazinov¹

¹*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;*

²*Astana Botanical Garden, Astana, Kazakhstan;*

³*S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan*

⁴*Research Institute of New Chemical Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

*Corresponding author: sarkytbaeva.aisulu@gmail.com

***Paeonia anomala* (Paeoniaceae) component composition and antioxidant, antiradical and cytotoxic activity**

Paeonia anomala L. is a valuable medicinal plant in the world. The aim of this study was the study of composition of the plant *P. anomala* and its antioxidant, antiradical and cytotoxic activities. The underground part of *P. anomala* was extracted with ethanol and the composition was determined using gas chromatography with mass spectrometric detection (Agilent 7890A/5975C). Methyl salicylate (32.07 %), sucrose (11.23 %), benzoic acid (9.12 %), cyclopropyl carbene (7.7 %), 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone (4.77 %), benzoic acid, 2,4-dihydroxy-3,5,6-trimethyl-, methyl ester (4.48 %), are the main components. The ethyl acetate extract of the underground part (root) of *P. anomala* at concentrations of 0.25 and 0.5 mg/ml has a low content, and at concentrations of 0.75 and 1 mg/ml, an average antioxidant activity compared to the antioxidant activity of ascorbic and gallic acids. The ethanol extract of the underground part of *P. anomala* at concentrations of 0.25 and 0.5 mg/ml has an average, and at concentrations of 0.75 and 1 mg/ml the highest antioxidant activity compared to the antioxidant activity comparators. Also, the ethanol extract of the underground part *P. anomala* has the highest antiradical activity in all concentrations compared to the antiradical activity of gallic acid. Ethanol and ethyl acetate extracts of the underground part of *P. anomala* in all concentrations do not show cytotoxicity.

Keywords: *Paeonia anomala*, antioxidant activity, ethyl acetate extract, antiradical activity, concentration, components, ethanol extract, cytotoxic activity.

Introduction

Since herbal medicine is becoming increasingly popular, it is critical to meet the needs of both consumers and manufacturers in terms of high-quality herbal raw materials [1].

Paeonia (the only genus of *Paeoniaceae*) has 52 accepted members worldwide (36 species, 15 subspecies, and 1 variety), and is primarily found in temperate Asia, southern Europe, and western North America [2]. *P. anomala* is found from central China to Russia's Kola Peninsula, as well as northeast Kazakhstan and northern Mongolia [4]. Many species in this genus roots or root bark are commonly used as traditional medicines to treat a variety of diseases [3]. In Mongolian traditional medicine, *P. anomala* (*Paeoniaceae*) is used to treat exhaustion, bleeding, nocturnal enuresis, indigestion, blood clotting, respiratory tract disorders, abdominal pain, kidney disorders, bladder inflammation, and gynaecological diseases [5]. Furthermore, the seeds of some *Paeonia* species contain high levels of unsaturated fatty acids and are a good source of edible oil. Modern pharmacological research has shown that compounds and extracts obtained from the plants in this genus exhibit an extensive range of biological activities, including antioxidant, anti-inflammatory, antitumour, hepatoprotective, cardiovascular protective, and neuroprotective effects. It is one of the most important crude drugs in traditional European and Asian medicine, including Russia, Mongolia, and China, where it is used as an anti-inflammatory, analgesic, and sedative agent [6]. These species' various plant parts (roots, root bark, flowers, leaves, seeds, and whole plants) have been widely used to treat a variety of diseases, including female genital diseases (dysmenorrhea and amenorrhea), aches (head, stomach, eyes, and waist), neurological diseases (spasm and epilepsy), infectious diseases (carbuncles), urinary system diseases (hematuria, blood dysentery), inflammation (otitis media, append). The most commonly reported parts to be used are the roots and root bark. The potential medicinal value of the *Paeonia* genus is currently gaining attention [2]. The peony root, also known as “Baishao”, “Chishao”, and “Danpi,” has been used to treat dementia and blood stagnation syndrome, as well as an antihyperglycemic, analgesic, anti-inflammatory [7] and antispasmodic agent [8, 9]. The peony is an important ornamental flower that is widely planted in China,

Japan, Europe, and the United States due to its high ornamental value [10]. Currently, plant roots are used as medicines in pharmaceuticals. For example, there is a drug called "Tinctura *Paeoniae anomalae*" which is used to treat vegetative-vascular disorders, sleep disorders, and increased nervous excitation, and is manufactured in accordance with the instructions of the Republic of Belarus Ministry of Health [11, 12].

The goal of the study was to study the composition of the plant *P. anomala* and its antioxidant, antiradical and cytotoxic activity.

Experimental

Plant Material. The part (aerial and underground) of the plant *P. anomala* was collected in August 2019 from the mountain Eastern Kalba, 10 km southeast of the village. Asubulak territory of the Republic of Kazakhstan. Plot coordinates: 49°31'38" N, 83°05'16" E D., height — 1196 m above sea level m. The total projective cover is 100 %. The area of the site occupied by the species is more than 3 hectares.

Analysis methods. Gas chromatography with mass spectrometric detection (Agilent 7890A/5975C). Sample volume 1 µl sample injection temperature 250 °C without splitting. Separation was carried out using a chromatographic capillary column DB-35 MS with a length of 30 m, an inner diameter of 0.25 mm, and a film thickness of 0.25 µm at a constant carrier gas (helium) velocity of 1 ml/min. The chromatography temperature is programmed from 40 °C (hold 0 min) with a heating rate of 10 °C/min to 100 °C (hold 2 min), then at a heating rate of 5 °C/min to 280 °C (hold 10 min), solvent delay 10 min analysis time 54 min. Detection is carried out in the SCAN mode m/z 34–750. Agilent MSD ChemStation software was used to control the gas chromatography system, register and process the obtained results and data. Data processing included the determination of the retention time, peak areas, as well as the processing of spectral information obtained using a mass spectrometric detector. To interpret the obtained mass spectra, the Wiley 7th edition and NIST'02 libraries were used (the total number of spectra in the libraries is more than 550 thousand).

Antioxidant activity determination using the FRAP method. To 0.1 ml of the investigated substances in the concentration range of 0.25; 0.5; 0.75; 1.0 mg/ml is added 0.25 ml of 0.2 M phosphate buffer (pH=6.6) and 0.25 ml of 1 % solution of potassium hexacyano ferrate (III). The reaction mixture is incubated for 20 min. At 50 °C, the reaction is stopped by adding 0.25 ml of 10 % trichloroacetic acid solution. The mixture is centrifuged for 10 minutes (3000 rpm). The top layer of 0.5 ml is mixed with 0.5 ml of distilled water and 0.1 ml of 0.1 % FeCl₃. The optical density is measured at 700 nm. The antioxidant activity (AOA) of the samples was compared with the AOA of ascorbic and gallic acids.

The dilution was carried out at the rate of 1 mg of the substance per 1 ml of the solvent. Each sample was tested in three parallel experiments. Carried out at a temperature of 20±2 °C, natural light period.

Antiradical activity determination using the DPPH method. To determine the inhibition of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH) to 0.1 ml of an alcoholic solution of the studied solutions in the concentration range of 0.1; 0.25; 0.5; 0.75 and 1.0 mg/ml were added 3 ml of 6·10⁻⁵ M radical solution. The test tubes were in a rack wrapped in black polyethylene. After vigorous stirring, the solutions remained in the dark for 30 minutes; then, optical densities were measured at 520 nm. The values of the antiradical activity (ARA) of the studied objects were determined by the formula:

$$ARA (\%) = A_0 - A_t / A_0 * 100,$$

where A₀ is the optical density of the control sample; A_t is the optical density of the working sample.

Determination of cytotoxic activity. To determine the cytotoxic activity, marine crustaceans *Artemia salina* were taken. This technique is based on establishing the difference between the number of dead *Artemia* larvae in the analyzed sample (experiment) and water that does not contain toxic substances (control). The criterion for acute lethal toxicity of a solution of a substance is the death of 50 % or more of the larvae in the experiment compared to the control.

The dilution was carried out at the rate of 1 mg of the substance per 1 ml of the solvent. Each sample was tested in three parallel experiments. Carried out at a temperature of 20±2 °C, natural light period. The salinity of the control artificial water is 8.0–8.5 (pH). During biotesting, *Artemia* larvae were under the age of 1 day. The stocking density of larvae is 20–40 specimens per tube.

Results and Discussion

The compositions of *P. anomala* in ethanol extract from the aerial part were analyzed by GC-MS (Fig. 1). 52 main compounds were detected on a chromatogram with mass spectrometric detection (Agilent 7890A/5975C). The main components are: methyl salicylate (32.07 %), sucrose (11.23 %), benzoic acid (9.12 %), cyclopropyl carbene (7.7 %), 2,5-dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone (4.77 %), benzoic acid, 2,4-

dihydroxy-3,5,6-trimethyl-, methyl ester (4.48 %) as the major constituents. These results indicated that the differences in the profiles of the species are primarily qualitative (Table 1).

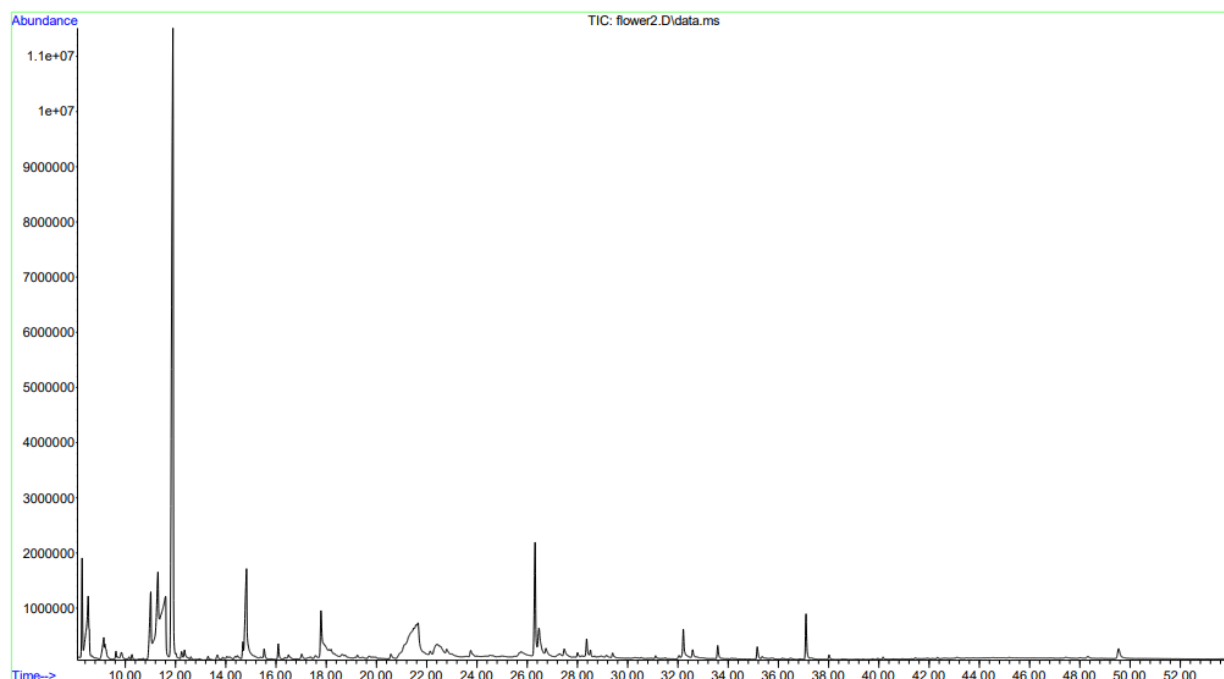


Figure 1. Chromatogram of ethanol extract from the underground part of *P. anomala*

Table 1

Component composition of the *P. anomala* (underground part)

№	Retention time, min	Component	Identification probability, %	Content, %
1	2	3	4	5
1	8,28	Benzaldehyde, 2-hydroxy-	93	2.71
2	8,52	2,5-Dimethyl-4-hydroxy-3(2H)-furanone	73	4.77
3	9,14	D-Alanine? N-propargyloxycarbonyl-, isohexyl ester	76	2.01
4	11,01	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-	87	3.66
5	11,30	Cyclopropyl carbinol	63	7.70
6	11,60	Benzoic acid	93	9.12
7	11,90	Methyl salicylate	95	32.07
8	12,36	2-Ethoxybenzyl alcohol	73	0.50
9	13,67	Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	73	0.30
10	13,88	2,4 (3H, 5H)-Furandione, 3,5-dimethyl-	64	0.17
11	14,04	Thymol	69	0.21
12	14,46	5-Hydroxymethyldihydrofuran-2-one	74	0.27
13	14,69	1,2,3,4,5-Tetroxane, 3,3,6,6-tetramethyl-	70	0.50
14	14,83	5-Hydroxymethylfurfural	92	6.08
15	15,53	2-Methoxy-4-vinylphenol	84	0.34
16	17,02	Benzoyl bromide	71	0.37
17	20,57	2,4-Octadienoic acid, 3-methyl-, methyl ester	65	0.40
18	21,66	Sucrose	74	11.23
19	22,13	β-D-Glucopyranose, 4-O-β-D- galactopyranosyl-	62	0.15
20	22,40	β-D-Glucopyranose, 1,6-anhydro-	79	1.86
21	22,79	α-D-Glucopyranose, 4-O-β-D- galactopyranosyl-	67	0.38
22	23,75	β-d-Lyxofuranoside, O-nonyl-	66	0.58
23	26,32	Benzoic acid, 2,4-dihydroxy-3,5,6-trimethyl-, methyl ester	77	4.48
24	26,47	3-Ethoxy-4-methoxybenzaldehyde	69	1.98

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5
25	26,75	3,4-Methylenedioxypropiofenone	68	0.49
26	27,48	Benzo[b]thiophene-2-carboxaldehyde, 7-methyl-,	74	0.67
27	28,37	Hexadecanoic acid	86	0.74
28	28,52	Hexadecanoic acid, ethyl ester	82	0.26
29	29,40	Benzoic acid, 2-hydroxy-, phenylmethyl ester	82	0.28
30	31,11	Methyl 9-cis, 11-trans- octadecadienoate	71	0.15
31	32,04	Oleic Acid	60	0.16
32	32,22	9, 12,-Octadecadienoic acid, ethyl ester	87	1.47
33	32,59	9,12,15-Octadecatrienoic acid	79	0.32
34	33,59	11-Oxatricyclo [5.3.0.1 (2,6)] undecan-4-one, 3 endo-5-endo-dimethyl-9-isopropyl	65	0.52
35	37,10	Benzoic acid, 4-acetylbenzyl ester	84	1.69
36	38,02	Methyl 2 α , 3 β -dihydroxyolean-12-en-28-oate	66	0.19
37	40,17	Triphenyl phosphate	77	0.11
38	41,45	Phosphoric acid, 4-methylphenyl diphenyl ester	65	0.12
39	48,31	β -Sitosterol acetate	62	0.23
40	49,55	Vitamin E	87	0.77

According to the study findings, the main components were discovered in the underground part. These components are critical for the parts they discovered. For example, Esters are also essential compounds for plants. They impart many distinct odors and flavours to plants. Esters play an important role in plant cell division and serve a structural function in plant cell membranes [13–14]. Methyl salicylate (wintergreen oil) is widely available over-the-counter in a variety of liniments, ointments, lotions, and medicated oils for the relief of musculoskeletal aches and pains [15]. Sucrose esters are widely used in the food and cosmetic industries, and there is growing interest in their use in various pharmaceutical fields [16]. Plant benzoic acids (BAs) serve as building blocks or essential structural elements for a wide range of primary and specialized metabolites, including plant hormones, cofactors, defense compounds and pollinator and seed disperser attractants [17].

The FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power assay) method is based on antioxidants reducing Fe^{3+} ions to Fe^{2+} . A reduction reaction with antioxidants $K_3[Fe(CN)_6]$ is used, which is accompanied by the formation of yellow-colored $K_4[Fe(CN)_6]$. The measurements are based on antioxidants' ability to suppress the oxidative effect of reaction particles produced in the reaction mixture. Ascorbic and gallic acids were used as reference drugs. Concentrations of 0.25, 0.5, 0.75, and 1 mg/ml were used to test the samples (Table 2, Fig. 2).

Table 2

Change in the optical density of solutions depending on the concentration of working solutions

№	Samples	Concentration optical density (mg/ml)			
		0,25	0,5	0,75	1,0
11	Ascorbic acid (AA)	1,5539	1,5928	1,6775	1,7738
32	Gallic acid (GA)	1,4859	1,5423	1,6867	1,7665
33	Ethyl acetate extract <i>P. anomala</i> (P.anom-1)	0,4626	0,6705	0,8864	1,1411
44	Ethanol extract <i>P. anomala</i> (P.anom-2)	0,8981	1,1134	1,5621	1,7094

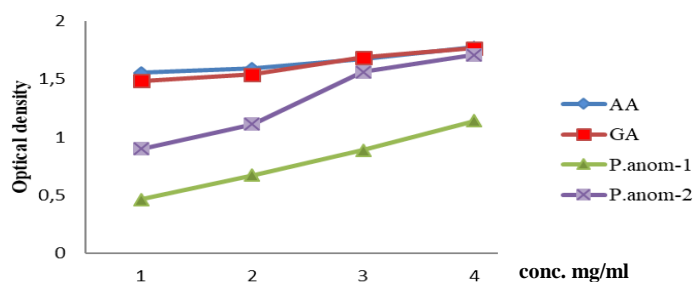


Figure 2. Influence of the concentration of substances on the change in antioxidant activity

Based on the analysis of the data in Table 2 and Figure 2, it can be seen that the ethyl acetate extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-1) at concentrations of 0.25 and 0.5 mg / ml has a low content, and at concentrations of 0.75 and 1 mg/ml average antioxidant activity compared to AOA of ascorbic and gallic acids. Ethanol extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-2) at concentrations of 0.25 and 0.5 mg/ml has an average, and at concentrations of 0.75 and 1 mg/ml, it has a higher antioxidant activity compared to AOA reference drugs. E. Enkhtuya et al. investigated antioxidant activity. *P. anomala*, a 50 % ethanol extract of peony leaf, demonstrated remarkable DPPH radical scavenging activity, ABTS radical cations, and superoxide anions, as well as significant ferric reducing antioxidant power. The extract also had a high concentration of phenolics. The ethanol extract was successively separated using various polar organic solvents to form hexane, diethyl ether, ethyl acetate, butanol and water fractions. The antioxidant capacity of ethyl acetate and diethyl ether fractions is higher than that of the original ethanol extract [2].

The concentration-dependent optical density of the studied solutions (antiradical activity) was measured on a spectrophotometer at a wavelength of 520 nm. Gallic acid was used as a reference drug. Samples were tested with concentrations of 0.1; 0.25; 0.5; 0.75 and 1 mg/ml (Table 3).

Table 3

Change in the optical density of the studied solutions with a change in concentration

№	Test substances	Optical density values by concentration (mg/ml)				
		0,1	0,25	0,5	0,75	1,0
1	Gallic acid (GA)	0.1396	0.1357	0.1257	0.1242	0.1155
2	Ethyl acetate extract of the underground part of <i>P. anomala</i> (P.anom-1)	0.7113	0.6790	0.6638	0.6240	0.6020
3	Ethanol extract of the underground part of <i>P. anomala</i> (P.anom-2)	0.1734	0.1702	0.1617	0.1571	0.1541

The antiradical activity of the studied solutions was compared with the antiradical activity of gallic acid (GA). The values of the studied extracts of the antiradical effect, calculated by the formula, are given in Table 4 and Figure 3.

Table 4

Antiradical activity (%) of extracts at different concentrations

№	Test substances	Extract concentration (mg/ml)				
		0,1	0,25	0,5	0,75	1
1	Gallic acid (GA)	80.35	80.90	82.3	82.51	83.74
2	Ethyl acetate extract of the underground part of <i>P. anomala</i> (P.anom-1)	16.52	20.30	22.09	26.76	29.34
3	Ethanol extract of the underground part of <i>P. anomala</i> (P.anom-2)	75.60	76.04	77.24	77.90	78.31

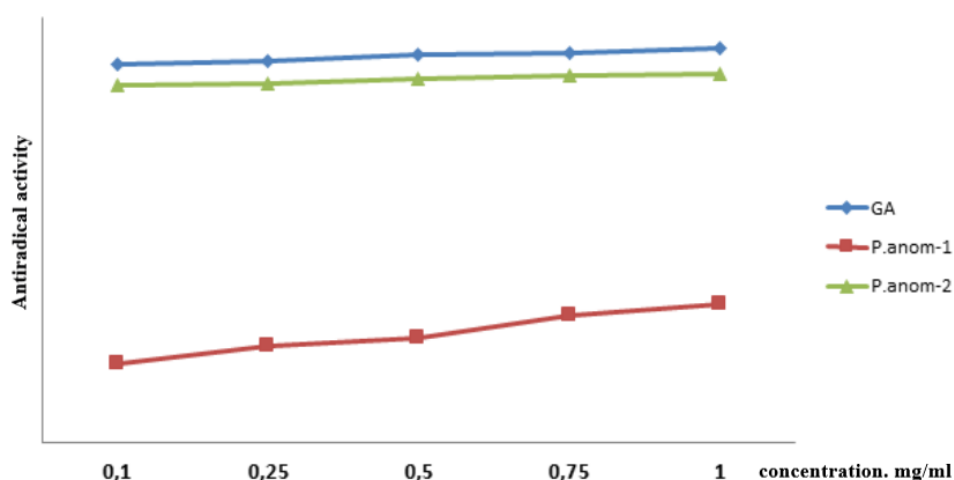


Figure 3. Dynamics of antiradical activity with a change in the concentration of substances

Based on the analysis of the data in the table and graph, it can be seen that the ethyl acetate extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-1) has a low content, and the ethanol extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-2) has the highest antiradical activity in all concentrations compared with the antiradical activity of gallic acid.

Cytotoxic activity. Cytotoxic activity was studied by the method of survival of marine crustaceans *Artemia salina*. The flask was filled with artificial sea water and *Artemia salina* eggs were added. They were kept for 3 days with a soft air supply until the crustaceans hatched from the eggs.

Paclitaxel-Teva was used as a reference drug. Samples were tested at concentrations of 10, 5 and 1 mg/ml. The results of studies of cytotoxic activity are shown in Table 5.

Table 5

Results of the study of cytotoxic activity

Test substances	Concentrations, mg/ml	Number of larvae in control		The number of larvae in the sample			% surviving larvae in control	% surviving larvae in the sample	Mortality, A, %	Presence of neurotoxicity, %
		survivor	lost	survivor	lost	parallel				
Paclitaxel-Teva	10	22	1	0	22	0	96	0	96	0
	5	22	1	1	25	0	96	4	92	0
	1	22	1	9	18	0	96	33	63	0
Ethanol extract of <i>P. anomala</i>	10	22	1	18	5	0	96	78	18	0
	5	22	1	24	3	0	96	89	7	0
	1	22	1	25	2	0	96	92	4	0
Ethyl acetate extract of <i>P. anomala</i>	10	22	1	26	4	0	96	86	10	0
	5	22	1	25	2	0	96	92	4	0
	1	22	1	24	1	0	96	96	0	0

As a result of the study of cytotoxic activity, it was found that ethanol and ethyl acetate extracts of the underground part of *P. anomala* do not exhibit cytotoxicity at all concentrations. Comparator drug Paclitaxel-Teva in relation to marine crustaceans *Artemia salina* in all concentrations exhibits cytotoxicity — the mortality of larvae is 63–96 %.

Conclusion

Eventually, the chemical composition of *P. anomala* aerial parts was determined. As a result of this research, 52 plant components were quantified. Because of the presence of these bioactive components, the plant extract could have a variety of properties. The ethyl acetate extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-1) at concentrations of 0.25 and 0.5 mg/ml has a low content, and at concentrations of 0.75 and 1 mg/ml, an average antioxidant activity compared to ascorbic and gallic acids. Ethanol extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-2) at concentrations of 0.25 and 0.5 mg/ml has an average, and at concentrations of 0.75 and 1 mg/ml, it has a higher antioxidant activity compared to AOA reference drugs. When compared to the antiradical activity of gallic acid, the ethyl acetate extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-1) has a low content, and the ethanol extract of the underground part of *P. anomala* (P.anom-2) has a higher antiradical activity in all concentrations. Furthermore, no cytotoxicity is observed at any concentration.

References

- Kozhantayeva, A., Tashenov, Y., Tosmaganbetova, K., Tazhkenova, G., Mashan, T., Bazarkhankyzy, A., Sapiyeva, A. & Gabbassova, A. (2022). *Circaea lutetiana* (l) plant and its chemical composition. *Rasāyan Journal of Chemistry*, 15 (3); 1653–1659. <http://doi.org/10.31788/RJC.2022.1536870>
- Pei, Li., Shen, J., Wang, Z., Liu, S., Liu, Q., Li, Y., He, Ch. & Xiao, P. (2021). Genus *Paeonia*: A comprehensive review on traditional uses, phytochemistry, pharmacological activities, clinical application, and toxicology. *Journal of Ethnopharmacology*, 269. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113708>
- Enkhtuya, E., Shimamura, T., Kashiwagi, T. & Ukeda, H. (2017). Antioxidative Constituents in the Leaves of *Paeonia anomala* Grown in Mongolia. *Food Science and Technology Research*, 23 (1); 63–70. <https://doi.org/10.3136/fstr.23.63>

- 4 Yan, Z., Xie, L., Li, M., Yuan, M., Tian, Y., Sun, D., Zhang, Y. & Niu, L. (2021). Phytochemical components and bioactivities of novel medicinal food — Peony roots. *Food Research International*, 140 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109902>
- 5 Yan, Z., Xie, L., Tian, Y., Li, M., Ni, J., Zhang, Y. & Niu, L. (2020). Insights into the Phytochemical Composition and Bioactivities of Seeds from Wild Peony Species. *Plants*, 9 (6). <https://doi.org/10.3390/plants9060729>
- 6 Oidovsambuu, S., Kim, C.Y., Kang, K., Dulamjav, B. & Jigjidsuren, B. (2013). Protective Effect of *Paeonia anomala* Extracts and Constituents against *tert*-Butylhydroperoxide-Induced Oxidative Stress in HepG2 Cells. *Planta Medica*, 79(2); 116–122. DOI: 10.1055/s-0032–1328062
- 7 Kim, M., Lim, S.J., Oidovsambuu, S. & Nho, C.W. (2014). Gnetin H isolated from *Paeonia anomala* inhibits FcεRI-mediated mast cell signaling and degranulation. *Journal of Ethnopharmacology*, 154 (3); 798–806. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.005>
- 8 Altannavch, N., Ashfaq, A., Farjana, K.Y., Oidovsambuu, S., Asaduzzaman, K., Xi, Z., Fu, J.-J. & Chen, H.-C. (2021). Anti-oxidant and Antiproliferative Activities of Mongolian Medicinal Plant Extracts and Structure Isolation of Gnetin-H Compound. *Medicinal Chemistry*, 17 (9); 963–973. <http://dx.doi.org/10.2174/1573406416666201106110117>
- 9 Chai, Q., Xu, J., Guo, Y., Hou, Y., Hou, X. & Liu, S. (2022). Inhibitory activity of three types of fungicides on *Cladosporium paeoniae* and their control efficacy against peony leaf mold. *European Journal of Plant Pathology*, 163; 707–717. <https://doi.org/10.1007/s10658-022-02509-7>
- 10 Lu, J., Huang, Z., Liu, Y., Wang, H., Qiu, M., Qu, Y. & Yuan, W. (2022). The Optimization of Extraction Process, Antioxidant, Whitening and Antibacterial Effects of Fengdan Peony Flavonoids. *Molecules*, 27 (2); 506. <https://doi.org/10.3390/molecules27020506>
- 11 Zaripova, A., Shayakhmetov, I.F., Bashirova, R. & Baiburina, R.K. (2004). Effect of extractants on the composition of biologically active compounds in root and callus tissue extracts of *Paeonia anomala* L. *Bulletin of the Bashkir University*, 2; 67–70.
- 12 Directory of Medicinal Preparations Vedral Belarus. Retrieved from https://www.vidal.by/poisk_preparatov/tinctura-paeoniae-anomalae-fereyn.html
- 13 Satoru, S. (2011). Triterpenoid biosynthesis and engineering in plants. *Frontiers in Plant Science*, 2 (25). <https://doi.org/10.3389/fpls.2011.00025>
- 14 Kozhantayeva, A. & Ozek, G. (2020). Investigation of polyphenolic compounds of *Chamaenerion latifolium* (L.) plant. *Rasāyan Journal of Chemistry*, 13(4); 2474. <https://DOI:10.31788/RJC.2020.1345919>
- 15 Chan, T.Y.K. (1996). Potential dangers from topical preparations containing methyl salicylate. *Human & Experimental Toxicology*, 15; 747. <https://doi.org/10.1177/096032719601500905>
- 16 Szűts, A. & Szabó-Révész, P. (2012). Sucrose esters as natural surfactants in drug delivery systems — A mini-review. *International Journal of Pharmaceutics*, 433; 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2012.04.076>
- 17 Joshua, R.A & Dudareva, W.N. (2015). Familiar Ring to It: Biosynthesis of Plant Benzoic Acids. *Molecular plant*, 8; 83–97. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.12.001>

А.К. Саркытбаева, С.А. Кубентаев, М.С. Курманбаева, Г.С. Айдарханова,
Ж.Б. Искакова, М.Ж. Жумагул, А.Б. Кусмангазин

***Paeonia anomala* (Paeoniaceae) компоненттік құрамы және оксидантқақарсы, радикалғақарсы, цитотоксикалық белсенділіктері**

Paeonia anomala L. — дүниежүзіндегі бағалы дәрілік өсімдік. Зерттеудің мақсаты — *P. anomala* өсімдігінің құрамы мен оның оксидантқақарсы, радикалғақарсы және цитотоксикалық белсенділігін табу. *P. anomala* жерасты бөлігі этанолмен бөлініп алынды және құрамы масс-спектрометриялық детектирлеудің (Agilent 7890A/5975C) газ хроматографиясының көмегімен анықталды. Циклогексанон, 5-метил-2-(1-метилэтилен)- (25,2 %), 1-ментон (15,3 %), 2-метокси-4-винилфенол (6,7 %), бицикло[3.1.1]гепт-3-ен -2-бір, 4,6,6-триметил-, (1S)-(4,7 %), фенол, 2-метил-5-(1-метилэтил)-(4,2 %) — негізгі компоненттер. *P. anomala* жерасты бөлігінің этилацетаты (тамырының) сығындысы 0,25 және 0,5 мг/мл концентрацияда төмен, ал 0,75 және 1 мг/мл концентрацияда аскорбин және галл қышқылдарының оксидантқақарсы белсенділігімен салыстырғанда орташа оксидантқа қарсы белсенділікке ие. *P. anomala* жерасты бөлігінің спирттік сығындысы 0,25 және 0,5 мг/мл концентрацияда орташа, ал 0,75 және 1 мг/мл концентрацияда антиоксиданттық белсенділігі бар салыстыру препараттарымен салыстырғанда ең жоғары антиоксиданттық белсенділікке ие. Сондай-ақ, *P. anomala* жерасты бөлігінің этанол сығындысы галл қышқылының антирадикал белсенділігімен салыстырғанда барлық концентрацияларда ең жоғары радикалғақарсы белсенділікке ие. *P. anomala* жерасты бөлігінің этанол және этилацетаты сығындылары барлық концентрацияларда цитоубыттылық белсенділік көрсетпейді.

Кілт сөздер: *Paeonia anomala*, оксидантқақарсы белсенділік, этилацетат сығындысы, радикалғақарсы белсенділік, концентрация, компоненттер, этанол сығындысы, цитотоксикалық белсенділік.

А.К. Саркытбаева, С.А. Кубентаев, М.С. Курманбаева, Г.С. Айдарханова,
Ж.Б. Исакова, М.Ж. Жумагул, А.Б. Кусмангазин

Компонентный состав и антиоксидантная, антирадикальная, цитотоксическая активность *Paeonia anomala* (Paeoniaceae)

Paeonia anomala L. — ценное лекарственное растение в мире. Целью настоящего исследования было изучение состава растения *P. anomala* и его антиоксидантной, антирадикальной и цитотоксической активности. Надземную часть *P. anomala* экстрагировали этанолом и определяли состав с помощью газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (Agilent 7890A/5975C). Циклогексанон, 5-метил-2-(1-метилэтилиден)- (25,2 %), 1-ментон (15,3 %), 2-метокси-4-винилфенол (6,7 %), бицикло[3.1.1]гепт-3-ен-2-он, 4,6,6-триметил-, (1S)-(4,7 %), фенол, 2-метил-5-(1-метилэтил)- (4,2 %) являются основными компонентами. Этилацетатный экстракт подземной части (корень) *P. anomala* в концентрациях 0,25 и 0,5 мг/мл обладает низкой, а в концентрациях 0,75 и 1 мг/мл — средней антиоксидантной активностью по сравнению с АОА аскорбиновой и галловой кислот. Спиртовой экстракт подземной части *P. anomala* в концентрациях 0,25 и 0,5 мг/мл обладает средней, а в концентрациях 0,75 и 1 мг/мл — наибольшей антиоксидантной активностью по сравнению с препаратами сравнения антиоксидантной активностью. Также этанольный экстракт подземной части *P. anomala* имеет наибольшую антирадикальную активность во всех концентрациях по сравнению с антирадикальной активностью галловой кислоты. Этанольный и этилацетатный экстракты подземной части *P. anomala* во всех концентрациях не проявляют цитотоксической активности.

Ключевые слова: *Paeonia anomala*, антиоксидантная активность, этилацетатный экстракт, антирадикальная активность, концентрация, компоненты, этанольный экстракт, цитотоксическая активность.

N.T. Aliyeva¹, R.A. Sadigov^{2*}, R.I. Mamedova¹, S.Y. Ibadova¹

¹Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan;

²Azerbaijan State University of Economics-UNEC, Baku, Azerbaijan

*Corresponding author: ramil_sadiqov-1983@mail.ru

Analysis of the content of heavy metal ions in the coastal zones of the northern part of the Apsheron peninsula

The article is devoted to studies of heavy metal pollution of the soil cover of the coastal zones of the northern part of the Apsheron Peninsula. Pollution of the coastal zones of the Caspian Sea, serving to a greater extent as a recreational area for the population, by toxic substances is of great concern and to solve this problem, periodic studies of these zones for the presence of heavy metals are necessary. For the first time, a comparative analysis of the content of heavy metals in different areas (Buzovna, Sumgait, Novkhany) of the northern part of the Apsheron peninsula was carried out and the presumable causes of their accumulation were outlined. The researched soils in the northwestern and northeastern part of the peninsula were grouped according to the degree of concentration of heavy metals depending on the depth of the researched soils. Zinc (77.0 mg/kg, at 0–16 cm depth, transect № 03), copper, and cadmium (88 mg/kg and 0.36 mg/kg at 0–20 cm depth, transect № 05) had the highest concentrations relative to other trace elements. Concentrations of zinc and copper in the northwestern direction of the peninsula increase by 1.5 and 3–3.5 times, respectively, as compared with the generally accepted norms. Average content of heavy metals, especially Ni, Cd, Pb in flooded soils at the depth of 0–100 cm increased 2.7 times on average as a result of coastal flooding by waters of Caspian Sea. The value of total heavy metals reaches a maximum in the northwestern direction.

Keywords: environmental pollution, heavy metals, Caspian ecosystems, sea level fluctuations, coastal soils, consequences of soil flooding, shoreline ecology, toxic components.

Introduction

Pollution of soils by heavy metals has different sources, the main ones in urban areas are: transport-road complex, industrial enterprises, unrecycled industrial and municipal wastes. The distribution of heavy metals on the soil surface in Baku and Apsheron is uneven and is determined by many factors and, first of all, by the density of the population. It also depends on the characteristics of pollution sources, meteorological features of the region, geochemical factors and landscape conditions of the peninsula as a whole and many scientific works of both foreign and Azerbaijani scientists are devoted to these studies [1–3].

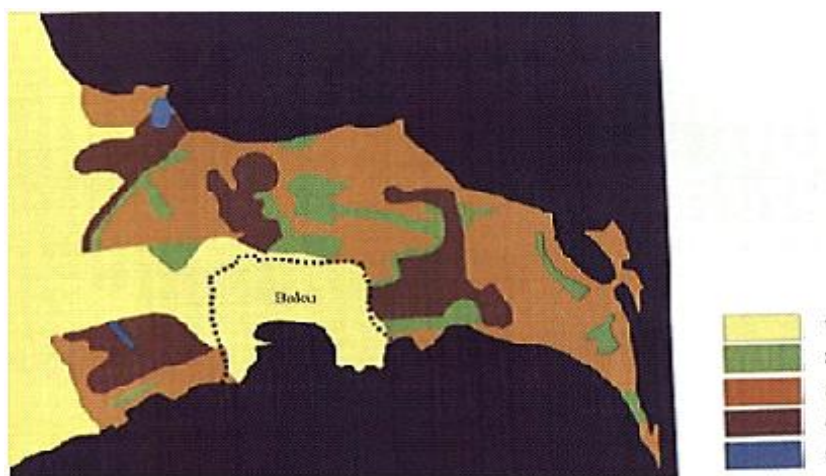
Figure 1 presents a scheme of soil contamination of the Apsheron peninsula with heavy metals.

According to literary sources, character of migration of elements in soils depends on dynamic chemical equilibrium between components of soil, physical and chemical properties of natural and anthropogenic waters draining landscapes and on a parity of water and biogenic migration of heavy metals [4].

Getting into the soil, heavy metals migrate, overcoming the geochemical barriers of both natural and anthropogenic nature. The character of migration of heavy metals is influenced by many factors. For example, on fixation of heavy metals influence solid-phase barriers: aluminosilicate (Zn, Ni), ferrous (Cr), manganese (Zn, Ni, Co, Cd, Pb) and carbonate (Cd, Cu) [5].

However, pollution of the coastal soils of the Apsheron peninsula with heavy metals also occurs due to changes in the level of the Caspian Sea. The results of studies of scientists on the modeling of the Caspian

Sea level for the period 2001–2050 for 12 variants differing by scenarios of climatic conditions and dynamics of water consumption in the basin show that, despite a very wide range of possible climatic conditions by mid-century and corresponding estimates of river flow, values of mathematical expectations of the levels even by 2050 do not differ very significantly and do not exceed 1.0 m [6].



1 — uncontaminated lands; 2 — minimal pollution; 3 — weak pollution; 4 — medium pollution; 5 — heavy pollution

Figure 1. Scheme of soil contamination of the Apsheron peninsula with heavy metals (according to the Ministry of Ecology of Azerbaijan, 2000)

The anomalously long sea-level fall from 1930 to 1977, followed by the anomalously long rise from 1978 to 1995, which occurred in the twentieth century and had dramatic consequences for the coastal populations, led to changes in coastlines and had a considerable impact on soil properties. Because of the 10–15-year rise in the sea level, accompanied by the impact of oil drilling effluents, the groundwater table has risen markedly up to 0.5–1.0 m from the soil surface and this, in turn, has led to severe ecological consequences for some areas [7].

To date, waters containing a variety of harmful toxic substances resulting from anthropogenic activities are discharged into the Caspian Sea [8].

Pollutants affect biological objects, vital functions and reproduction of hydrobionts, numbers of which have significantly decreased in the last 20 years.

For many decades, scientists have been studying the role of anthropogenic and technogenic factors in the formation of river flow and the causes of fluctuations in the level of the Caspian Sea. Entry of toxic substances into the sea (over 5 tons of compounds of heavy metals, about 145 thousand tons of oil products, about 4.4 thousand tons of biogenic pollutants) with the river runoff is one of the main factors having a negative impact on dynamics of the Caspian Sea ecosystem. Changes in the level of pollutants in the waters of the Caspian Sea should also be attributed to the sources of an increase in the level of pollutants in the Caspian Sea, which are flowing with flooding of coastal territories and at the same time of toxic substances. Such a confluence of circumstances has its negative impact on the health of the population. It is known that due to the mild climate the coastal areas of the Apsheron peninsula are used by the population both for recreation and for cultivation of various crops, especially gourds [9].

An important role in the saturation of the Caspian Sea waters with toxic components is played by the atmospheric transfer of harmful exhaust gases from motor vehicles and industrial gas emissions, as well as transport traffic in the Caspian Sea. In addition, during the modern period in the Caspian Sea, which is rich in hydrocarbon reserves, works on the exploration and development of oil and gas fields are carried out [10]. This, in turn, will increase the number of tanker traffic in the future and serve as a potential source of pollution of surface waters with heavy metals, accompanying the processes of oil and gas production. Heavy metals are among the group of the highest priority harmful pollutants present in the waters of the Caspian Sea. Such substances as manganese, nickel, zinc, iron, cadmium, lead, copper and their compounds have a feature of long-term preservation and accumulation in water and in bottom sediments. Their danger is exacerbated by the fact that they do not undergo chemical biodegradation, but only redistribute between abiotic and biotic components and interact with them. On the one hand, the presence in moderate doses of heavy metals in fish

organisms is necessary, because they participate in biochemical processes and are a necessary source of energy for aquatic organisms. But on the other hand, if their concentration is higher than the maximum allowable, they have an antibiotic effect on the manifestation of life processes and cause genetic changes. In this connection information about forms of existence, migration, and bioaccumulation of heavy metals in links of ecosystems becomes especially urgent. Taking into account the urgency of solving the problem of pollution of the environment with heavy metals, the purpose of studying the background content and migration of heavy metals in the soil cover of the coastal zones of the northern coast of the Republic of Azerbaijan was set.

Experimental

The sources of factual information were the materials of our own field studies on the presence of heavy metals in the coastal zone of the Caspian Sea in the northern direction of the Apsheron Peninsula, which were carried out..... 2021–2022 with..... Samples were taken from 0–20 cm, 20–50 cm and 50–100 cm depths. Soil samples were packed in polyethylene bags and appropriate labels were attached.

The soil sampling technique for detecting the content of heavy metal ions and their analysis corresponded to GOST 17.4.4.02–2017; GOST R 53218–2008; GOST R 50683–94 [11–13].

Experimental studies were performed on the AAS vario 6 instrument of “Analytik Jena AG”. To reduce the influence of background at ETA and the level of errors due to multiple sample dilutions, we decided to reduce the sample weight from 0.5 to 0.1 g (for Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Co) and to increase the sample solution volume. The sample suspension was preliminarily calcined in order to decompose the organic basis of the sample. Treatment of the sample with hydrofluoric acid provides removal of silicon from the solution. Next, the sample was treated twice with a mixture of acids HNO₃: HCl (1:3) when heated to wet salts. The wet salts were transferred to V = 50 ml of 0.2 % HNO₃. The sample solution thus obtained was ready for measurement in ETA. Absorption was carried out in a graphite cuvette heated with an electric current, in which sample atomization and formation of atomic vapor occur. The spectrometer uses a transverse-heated graphite furnace, which is the main unit of the electro thermal atomizer. Monochromatic radiation of the element being determined (in this case Cu) from a selective light source (hollow cathode lamp) with narrow spectral lines is focused by the lighting system and passes through the atomic vapor. The atoms of the element being detected absorb part of the intensity of the light from the selective source. The conditions for determining metals from the obtained solutions are as follows. Slit width of the monochromator was 0.8 nm. The supply voltage of the photomultiplier tube was 362 V, the lamp current was 3.0 mA. Measurements were performed in an argon atmosphere; a deuterium background corrector was used. The resonance line of 324.8 nm was used. To determine the elemental composition we used the method of calibration graph and as a reference solution — an aqueous solution of Cu (II) ions in sulfuric acid. Graduated solutions of known concentration were prepared and their absorbance was measured, by the results of these measurements the graduation diagram was made. Correctness of definitions was checked with the help of the reference sample taken from territory of the Botanical garden of Baku city. Analyzed 5 samples SDPS-1, for each sample performed series n = 4, the error in the range ± 10 %, with confidence probability P = 0.95. The results correspond to the certified values.

Results and Discussion

Studies of the concentration levels of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Co) in the soils of flooded areas of the northwest (N-W) and northeast (N-E) directions of the Apsheron peninsula were conducted at a depth of 0–100 cm in the Buzovna, Sumgait, Novkhana areas and the data are summarized in Tables 1–3.

Table 1

**Content of heavy metals in soils of the N-W direction (Novkhany)
of the coastal zone of the Apsheron Peninsula**

Land Cut №	Depth of sampling, cm	Content of heavy metals, mg/kg						
		Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni	Co
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clarks		20	50	10	0.1–1.0	70	40	8
№ 01	0–20	18.9	78.6	12.6	0.9	44.8	29	2,7
	20–50	19.0	78.6	12.6	0.9	44.8	29.3	2,72
	50–100	23.6	78.6	12.5	0.9	44.8	29.2	2,7
Average data		20,5±0,1	78.6±0.1	12.6±0.1	0,9±0.1	44.8±0.1	29.2±0.1	2.7±0.1

Continuation of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ 02	0–20	19.6	69.3	13.9	1.0	51.1	33	5,6
	20–50	19.7	69.02	13.7	0.98	50.4	30	5,4
	50–100	19.7	69.3	13.6	0.99	50.4	31	5,4
Average data		19,7±0,1	69.2±0.1	13.7±0.1	1.0±0.1	50.6±0.1	31±0.1	5.5±0.1
№ 03	0–20	21.6	73.4	11.6	1.0	43.4	26.7	4,7
	20–50	21.1	73.0	11.5	0.9	42.7	26.5	4,4
	50–100	20.0	73.1	11.5	0.7	42.7	26.4	4,3
Average data		21,2±0,1	73.2±0.1	11.5±0.1	0.8±0.1	42.9±0.1	26.5±0.1	4.5±0.1
№ 04	0–20	28.7	74.9	13.8	1.1	65.8	37.0	7,4
	20–50	28.4	74.7	13.7	1.1	65.45	36.9	7,4
	50–100	28.3	74.3	13.5	0.98	64.75	36.9	7,3
Average data		28,5±0,1	74.6±0.1	13.7±0.1	1.1±0.1	65.3±0.1	36.9±0.1	7.4±0.1
№ 05	0–20	26.0	62.9	12.8	1.3	59.2	38.3	7,3
	20–50	25.7	62.5	12.7	1.2	58.4	38.0	7,1
	50–100	25.6	62.6	12.7	0.9	58.4	38.1	7,0
Average data		25,7±0,1	62.7±0.1	12.7±0.1	1.1±0.1	58.7±0.1	38.2±0.1	7.2±0.1

Table 2

Content of heavy metals in soils of N-W direction (Sumgait) of the coastal zone of the Apsheron Peninsula

Land Cut №	Depth of sampling, cm	Content of heavy metals, mg/kg						
		Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni	Co
Clarks		20	50	10	0.1–1.0	70	40	8
№ 6	0–20	28.9	89.9	17.4	0.15	49.0	13.9	3,5
	20–50	28.7	90.0	17.4	0.12	48.6	13.7	3,1
	50–100	28.6	90.0	17.2	0.11	47.9	13.7	3,1
Average data		28,7±0,1	89.9±0.1	17.3±0.1	0.13±0.1	48.5±0.1	13.7±0.1	3.2±0.1
№ 7	0–20	32.9	93.9	13.5	1.4	80.2	44.8	8,8
	20–50	32.7	93.4	13.3	1.3	79.4	44.5	8,6
	50–100	32.6	93.4	13.2	1.2	79.1	44.3	8,6
Average data		32,7±0,1	93.6±0.1	13.3±0.1	1.3±0.1	79.6±0.1	44.5±0.1	8.7±0.1
№ 8	0–20	30.5	92.7	15.8	1.3	103.25	53.0	9,4
	20–50	30.3	92.5	15.4	1.1	102.6	49.8	9,3
	50–100	30.2	92.1	15.2	1.1	102.6	50.0	9,1
Average data		30,3±0,1	92.4±0.1	15.5±0.1	1.2±0.1	102.9±0.1	50.9±0.1	9.3±0.1
№ 9	0–20	36.9	89.5	16.8	1.5	112.0	39.1	76,7
	20–50	36.7	89.4	16.1	1.3	111.3	38.6	76,5
	50–100	36.5	89.2	16.1	1.2	110.6	38.3	76,2
Average data		36,7±0,1	89.4±0.1	16.3±0.1	1.3±0.1	111.3±0.1	38.7±0.1	76.5±0.1
№ 10	0–20	26.7	72.9	12.5	1.3	79.1	29.8	53,6
	20–50	26.5	72.8	12.6	1.2	78.4	29.7	53,5
	50–100	26.3	72.6	12.0	1.2	78.1	29.6	53,4
Average data		26,5±0,1	72.7±0.1	12.4±0.1	1.2±0.1	78.5±0.1	29.7±0.1	53.5±0.1

Table 3

The content of heavy metals in the soils of the N-E direction (Buzovna) of the coastal zone of the Apsheron peninsula

Land Cut №	Depth of sampling, cm	Content of heavy metals, mg/kg						
		Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Ni	Co
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Clarks		20	50	10	0.1–1.0	70	40	8
№ 11	0–20	16.2	8.6	9.5	0.9	65.4	39	4,6
	20–50	16.1	8.4	9.3	0.8	64.4	37	4,1
	50–100	16.1	8.3	9.3	0.6	63.4	38	4,4
Average data		16,1±0,1	8.4±0.1	9.4±0.1	0.7±0.1	64.4±0.1	38±0.1	4.4±0.1

Continuation of Table 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ 12	0–20	18.7	39.7	8.5	0.9	58.8	36.8	4.7
	20–50	18.4	39.4	8.2	0.7	58.4	36.5	4.5
	50–100	18.3	39.2	8.3	0.6	57.7	36.7	4.1
Average data		18,5±0,1	39.4±0.1	8.3±0.1	0.7±0.1	58.3±0.1	36.7±0.1	4.4±0.1
№ 13	0–20	16.7	36.9	10.9	0.7	63.7	41.6	5.9
	20–50	16.5	36.6	10.7	0.4	62.6	41.3	5.7
	50–100	16.5	36.2	10.8	0.5	61.6	41.2	5.6
Average data		16,6±0,1	36.6±0.1	10.8±0.1	0.5±0.1	62.6±0.1	41.4±0.1	5.7±0.1
№ 14	0–20	20.8	55.5	10.0	1.2	66.1	28.8	7.4
	20–50	20.4	55.3	9.7	1.1	66.5	28.7	7.3
	50–100	20.4	52.2	9.6	1.1	65.1	28.5	7.1
Average data		20,5±0,1	55.3±0.1	9.7±0.1	1.1±0.1	65.9±0.1	28.7±0.1	7.3±0.1
№ 15	0–20	13.9	44.3	8.9	0.6	48.3	29.9	5.7
	20–50	13.4	44.7	8.5	0.4	47.2	29.5	5.6
	50–100	13.6	44.2	8.1	0.4	46.2	29.6	5.1
Average data		13,6±0,1	44.4±0.1	8.5±0.1	0.5±0.1	47.2±0.1	29.7±0.1	5.4±0.1

These parameters show the levels of heavy metals content, but do not give an answer about the degree of relative enrichment of soils with certain trace elements in comparison with clarks of soils. According to the data on the content of heavy metals the researched soils of the coastal territories of the Caspian Sea N-W and N-E directions of the Apsheron peninsula can be grouped according to the degree of concentration. The content of heavy metals (averaged over depth) in the soils of the N-W and N-W directions of the Apsheron peninsula coastal zone is reflected in Figures 2 and 3.

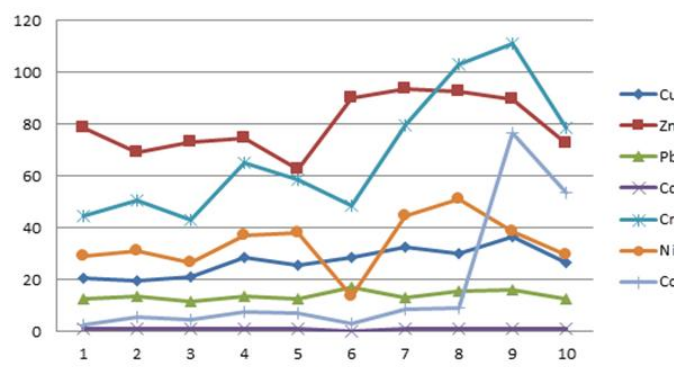


Figure 2. Content of heavy metals (averaged over depth) in soils of the N-W direction of the coastal zone of the Apsheron Peninsula

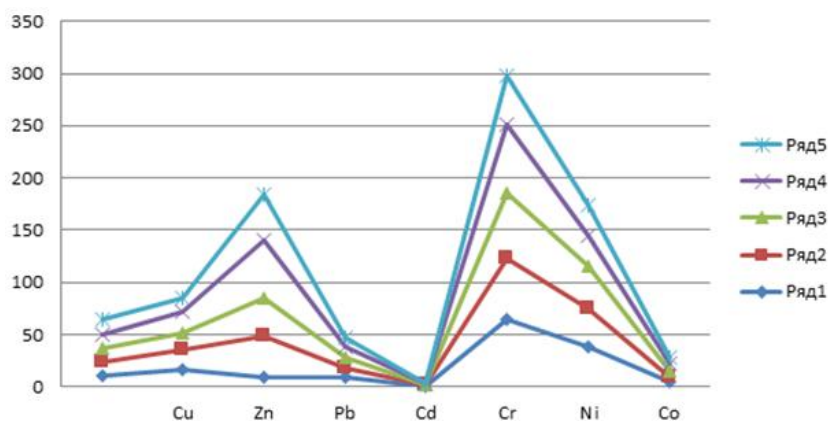


Figure 3. Content of heavy metals (averaged over depth) in soils of the N-E direction of the coastal zone of the Apsheron Peninsula

Zinc, copper, and cobalt have the highest concentrations compared to other trace elements. Presumably, among the reasons mentioned above, the content of heavy metals in soils also varies depending on the location of key areas from sources of technogenic release. Thus, deepening to the N-W direction of coastal zones of the peninsula concentration of copper and zinc in 1.8 times, and cobalt in 9.5 times exceeds the really permissible concentration according to clarks, generally accepted MAC.

Farther to the north at 500 meters their concentration is by order of magnitude higher: zinc — $93.4 \div 72.6$, cadmium — $1.3 \div 0.12$ (mg/kg). In the north-western direction, the concentration of copper is markedly high, amounting in the upper part of the soil (0–20 cm) — 36.9 mg/kg, which exceeds the permissible standard of 1.8 times. Along the eastern direction along the coastal zone, the concentration of heavy elements decreases, being: zinc — $55.3 \div 8.4$, cadmium — $1.1 \div 0.5$, copper — $20.5 \div 13.6$ (mg/kg). Probably, the excess of the concentration of elements in the soils, located in the western direction compared with a point on the eastern direction (section number 15), is associated with an increase in the number of sources of man-made pollution. To date, the prevailing power of industrial potential (over 70 %), which covers about 2.5 % of the total area of Azerbaijan, is located mainly in the territory of two cities — Baku and Sumgayit. The concentration of such a large number of oil refining, petrochemical, oil production, metallurgy and petroleum engineering enterprises in a limited territory has had a negative impact on the ecology of this region [14].

Many heavy elements tend to be washed off the soil surface and accumulate in the lower layers, and cadmium tends to accumulate in the upper soil layer and is poorly degradable in the natural environment, which makes it very difficult to clean up [15].

The next group should include lead, indicators of which are close to clark units. This element has rather high values in sediments, in some cases exceeding the geochemical background.

Lead concentration, which requires only strongly humusified soil to be fixed, is close to clark units in Novkhana and Buzovna area ($13.7 \div 11.5$ mg/kg and $10.8 \div 8.3$ mg/kg, respectively), exceeding MPC almost 1.7 in the western direction. The slightly increased lead content towards the direction of Sumgait is probably due to the impact of the rise of highly saline chloride waters to the surface.

Chromium, copper, cobalt and nickel have higher content of elements in soils. The chromium content in the Sumgait area is almost 1.6 times and cobalt 9.5 times higher than the permissible norms in all directions of the superphosphate plant close to the Sumgait city.

Conclusions

Based on an analysis of the literature and factual data obtained, we can judge that the geochemical situation of the studied semi-desert coastal areas Absheron peninsula in general is unfavorable for the migration of most trace elements, especially heavy metals deposited here, mainly in the form of insoluble hydroxides and carbonates.

Under the influence of flooding, the average content of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Co) in the soil profile (0–100 cm depth) of flooded soils increased on average 2.7 times, with Cu, Zn, and Co predominantly accumulated here.

The soil cover of the coastal zone of the NW direction of the Apsheron peninsula is characterized by increased concentrations (compared with previous years) of heavy metals, especially Cu, Zn, Pb [16, 17].

Changes in the level of the Caspian Sea and, as a consequence, periodic flooding of the coastal area by sea water contributes to an increase in the concentration of heavy metals in the soil of coastal areas and this increase, although not critically negative, but requires specific measures to eliminate the effects of heavy metals in the coastal zones of the Absheron peninsula.

References

- 1 Ахмедова Р.Р. Исследование загрязнений тяжёлыми металлами почвенного покрова объектов Сумгаитского массива Апшеронского полуострова / Р.Р. Ахмедова, Н.Д. Ашурова, Т.М. Бабаева // Бюлл. науки и практики. — 2019. — Ч. 5. № 1. — С. 151–156.
- 2 Кахраманова Ш.Ш. Техногенное загрязнение почв Апшерона / Ш.Ш. Кахраманова // Акад. вестн. Урал НИИ. Проект РААСН. — 2012. — № 1. — С. 12–17.
- 3 Мамедова Р.И. Урбоэкологический мониторинг почв вдоль основных автомагистралей Низаминского района г. Баку / Р.И. Мамедова, С.Я. Ибадова // Вестн. Моск. гос. обл. ун-та. Сер. Естественные науки. — 2019. — № 1. — С. 65–79.

- 4 Груздков Д.Ю. Оценка миграции тяжелых металлов в почвах / Д.Ю. Груздков, Л.А. Ширкин, Т.А. Трифонова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. — 2009. — № 4. — С. 40–45.
- 5 Водяницкий Ю.Н. Тяжёлые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий. — М.: Россельхозакадемия, 2008. — 85 с.
- 6 Нестеров Е.С. Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз: науч.-метод. пос. / Е.С. Нестеров, З.К. Абузаров, Н.Г. Лежнева, Р.Е. Никонова, А.В. Мещерская, С.К. Монахов. — М.: Триада, 2016. — 378 с.
- 7 Манафова Ф.А. Сравнительная характеристика структур почвенного покрова западной и восточной частей Апшеронского полуострова / Ф.А. Манафова, К.М. Гасанова, Г.Г. Асланова // Бюлл. науки и практики. — 2018. — Т. 4. № 10. — С. 105–115.
- 8 Ibadova S. Determination of heavy metals in water samples taken from the shikh area of the Caspian sea using ICP-MS (7500 CX) device / S. Ibadova, C. Dadashova // Danish Scientific Journal. — 2020. — Vol. 1, № 33. — P. 8–11.
- 9 Zwolak A. Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review / A. Zwolak, M. Sarzyńska, E. Szpyrka, K. Stawarczyk // Water Air Soil Pollut. — 2019. — Vol. 230. — P. 164–172. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4221-y>
- 10 Мамедов М.Х. Эколого-географическая оценка состояния загрязнённых земель на территории староосвоенных месторождений в Апшеронском экономическом районе Азербайджана / М.Х. Мамедов // Географ. вестн. — 2015. — № 1 (32). — С. 61–72.
- 11 ГОСТ 17.4.4.02–2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
- 12 ГОСТ Р 50683–94. Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО.
- 13 ГОСТ Р 53218–2008. Удобрения органические. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжёлых металлов.
- 14 Исмаилов Н.М. Апшеронский промышленный регион — факторы экологической напряженности / Н.М. Исмаилов, С.И. Наджафова, А. Гасымова // Аридные экосистемы. — 2015. — Ч. 21. № 3 (64). — С. 92–100.
- 15 Yakovets L. Migration of heavy metals in the soil profile / L. Yakovets // Norwegian Journal of Development of the International Science. — 2021. — № 54 (1). — P. 8–12. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-54-1-8-12>
- 16 Бабаева Т.М. Экологическое состояние почв, подверженных загрязнению тяжёлыми металлами с развитием химической промышленности в городе Сумгаите Азербайджанской Республики / Т.М. Бабаева // Бюлл. науки и практики. — 2017. — № 9 (22). — С. 74–80.
- 17 Багирова Ч.З. Воздействие тяжелых металлов на ферментативную активность почв г. Сумгаита / Ч.З. Багирова // Аграрная наука. — 2021. — № 353 (10). — С. 110–113.

Н.Т. Алиева, Р.А. Садыгов, Р.И. Мамедова, С.Я. Ибадова

Апшерон түбегінің солтүстік бөлігіндегі жағалау аймақтарындағы ауыр металл иондарының құрамын талдау

Мақала Апшерон түбегінің солтүстік бөлігіндегі жағалау аймақтарының ауыр металдармен жер жамылғысының ластануын зерттеуге арналған. Халық үшін демалыс аймағы ретінде қызмет ететін Каспий теңізінің жағалау аймақтарының улы заттармен ластануы үлкен алаңдаушылық туғызады және бұл мәселені шешу үшін осы аймақтарды ауыр металдарға мерзімді зерттеу қажет. Алғаш рет Апшерон түбегінің солтүстік бөлігіндегі әртүрлі аудандардағы (Бузовна, Сумгаит, Новхана) ауыр металдардың құрамына салыстырмалы талдау жүргізілді және олардың жиналуының болжамды себептері анықталды. Түбектің солтүстік-батыс және солтүстік-шығыс бөліктеріндегі зерттелген топырақтар зерттелетін топырақтың тереңдігіне байланысты ауыр металдардың концентрация дәрежесіне қарай топтастырылды. Мырыш (77,0 мг/кг, 0–16 см тереңдікте, № 03 кесу), мыс және кадмий (88 мг/кг және 0–20 см тереңдікте 0,36 мг/кг, № 05 кесу) басқа микроэлементтермен салыстырғанда ең жоғары концентрацияға ие болды. Түбектің солтүстік-батыс бағытындағы мырыш пен мыс концентрациясы жалпы қабылданған нормалармен салыстырғанда сәйкесінше 1,5 және 3–3,5 есе артады. 0–100 см тереңдіктегі су басқан топырақтардағы ауыр металдардың, әсіресе Ni, Cd, Pb орташа мөлшері Каспий теңізінің суларымен жағалау аудандарын су басу нәтижесінде орта есеппен 2,7 есе өсті. Ауыр металдардың жалпы құрамының мәні солтүстік-батыс бағытта максимумға жетеді.

Кілт сөздер: ластану, ауыр металдар, Каспий теңізінің экожүйелері, теңіз деңгейінің ауытқуы, жағалаудағы топырақтар, топырақ су басуының салдары, жағалау экологиясы, улы компоненттер.

Н.Т. Алиева, Р.А. Садыгов, Р.И. Мамедова, С.Я. Ибадова

Анализ содержания ионов тяжелых металлов в прибрежных зонах северной части Апшеронского полуострова

Статья посвящена исследованиям загрязнения тяжелым металлом почвенного покрова прибрежных зон северной части Апшеронского полуострова. Загрязнение прибрежных зон Каспийского моря, служащих в большей степени рекреационной зоной для населения, токсичными веществами вызывает большую озабоченность, и для решения этой проблемы необходимы периодические исследования этих зон на наличие тяжелых металлов. Впервые был проведен сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в разных районах (Бузовна, Сумгаит, Новханы) северной части Апшеронского полуострова и намечены предполагаемые причины их накопления. Исследуемые почвы в северо-западной и северо-восточной частях полуострова сгруппированы по степени концентрации тяжелых металлов в зависимости от глубины исследуемых почв. Цинк (77,0 мг/кг, при глубине 0–16 см, пересечение # 03), медь и кадмий (88 мг/кг и 0,36 мг/кг при глубине 0–20 см, пересечение # 05) имели самые высокие концентрации по сравнению с другими микроэлементами. Концентрации цинка и меди в северо-западном направлении полуострова увеличиваются в 1,5 и 3–3,5 раза соответственно по сравнению с общепринятыми нормами. Среднее содержание тяжелых металлов, особенно Ni, Cd, Pb в затопленных почвах на глубине 0–100 см, увеличилось в среднем в 2,7 раза в результате затопления прибрежных районов водами Каспийского моря. Значение общего количества тяжелых металлов достигает максимума в северо-западном направлении.

Ключевые слова: загрязнение, тяжелые металлы, экосистемы Каспийского моря, колебания уровня моря, прибрежные почвы, последствия затопления почв, экология береговой линии, токсичные компоненты.

References

- 1 Akhmedova, R.R., Ashurova, N.D. & Babaeva, T.M. (2019). Issledovanie zagriaznenii tiazhelymi metallami pochvennogo pokrova obektov Sumgaitskogo massiva Apsheronского полуострова [Investigation of pollution by heavy metals of the soil cover of the objects of the Sumgaitsk massif of the Absheron Peninsula]. *Biulleten nauki i praktiki — Bulletin of Science and Practice*, 5 (1); 151–156 [in Russian].
- 2 Kakhramanova, Sh.Sh. (2012). Tekhnogennoe zagriaznenie pochv Apsherona [Anthropogenic pollution of soils in Absheron peninsula]. *Akademicheskii vestnik Uralskogo NII. Proekt RAASN — Academic Bulletin Ural NII project*, 1; 12–17 [in Russian].
- 3 Mamedova, R.I. & Ibadova, S.Ya. (2019). Urboekologicheskii monitoring pochv vdol osnovnykh avtomagistralей Nizaminskogo raiona g. Baku [Urban-ecological monitoring of soils along the main highways of the Nizami district of Baku]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya Estestvennye nauki — Bulletin of the Moscow State Regional University. Series: Natural Sciences*, 1; 65–79 [in Russian].
- 4 Gruzdkov, D.Yu., Shirkin, L.A. & Trifonova, T.A. (2009). Otsenka migratsii tiazhelykh metallov v pochvakh [Estimation of migration of heavy metals in soils]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie — Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil science*, 4; 40–45 [in Russian].
- 5 Vodianskii, Yu.N. (2008). *Tiazhelye metally i metalloidy v pochvakh [Heavy metals and metalloids in soils]*. Moscow: Russian Agricultural Academy [in Russian].
- 6 Nesterov, E.S., Abuziarov, Z.K., Lezhneva, N.G., Nikonova, R.E., Meshcherskaia, A.V. & Monakhov, S.K. (2016). *Vodnyi balans i kolebaniia urovnia Kaspiiskogo moria. Modelirovanie i prognoz: nauchno-metodicheskoe posobie [Water balance and level fluctuations of the Caspian Sea. Modeling and prediction. Modeling and forecast: scientific and methodological manual]*. Moscow: Triada [in Russian].
- 7 Manafova, F.A., Gasanova, K.M. & Aslanova, G.G. (2018). Sravnitelnaia kharakteristika struktur pochvennogo pokrova zapadnoi i vostochnoi chastei Apsheronского полуострова [Comparative characteristics of the structures of soil cover on the western and eastern parts of Absheron peninsula]. *Biulleten nauki i praktiki — Bulletin of Science and Practice*, 4 (10); 105–115 [in Russian].
- 8 Ibadova, S. & Dadashova, C. (2020). Determination of heavy metals in water samples taken from the shikh area of the Caspian sea using ICP-MS (7500 CX) device. *Danish Scientific Journal*, 1 (33); 8–11.
- 9 Zwolak, A., Sarzyńska, M., Szpyrka, E. & Stawarczyk, K. (2019). Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review. *Water Air Soil Pollut.*, 230; 164–172. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4221-y>
- 10 Mamedov, M.Kh. (2015). Ekologo-geograficheskaya otsenka sostoiianiia zagriaznennykh zemel na territorii staroosvoennykh mestorozhdenii v Apsheronском экономическом raione Azerbaidzhana [Ecological-geographical assessment of the state of contaminated lands on the territory of old-developed deposits in the Apsheron economic region of Azerbaijan]. *Geograficheskii vestnik — Geographical Bulletin*, 1 (32); 61–72 [in Russian].

11 GOST 17.4.4.02–2017. *Mezhhgosudarstvennyi standart. Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlia khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gelmintologicheskogo analiza* [State Standard 17.4.4.02–2017. Interstate standard. Conservation. Soils. Methods of sampling and preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis] [in Russian].

12 GOST R 50683–94. *Pochvy. Opredelenie podvizhnykh soedinenii medi i kobalta po metodu Krupskogo i Aleksandrovoi v modifikatsii TsINAO* [State Standard R 50683–94. Soils. Determination of Mobile Compounds of Copper and Cobalt by the Krupsky and Alexandrova Method in the Modification of TsNAO] [in Russian].

13 GOST R 53218–2008. *Udobreniia organicheskie. Atomno-absorbtsionnyi metod opredeleniia sodержaniia tiazhelykh metallov* [State Standard R 53218–2008. Organic fertilizers. Atomic absorption method for determination of heavy metals content]. [in Russian].

14 Ismailov, N.M., Nadzhafova, S.I. & Gasymova, A. (2015). Apsheronkii promyshlennyi region — faktory ekologicheskoi napriazhennosti [Absheron industrial region — environmental stress factors]. *Aridnye ekosistemy — Arid ecosystem*, 21, 3 (64); 92–100 [in Russian].

15 Yakovets, L. (2021). Migration of heavy metals in the soil profile. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 54(1); 8–12. <https://doi.org/10.24412/3453-9875-2021-54-1-8-12>

16 Babaeva, T.M. (2017). Ekologicheskoe sostoianie pochv podverzhennykh zagriazneniiu tiazhelymi metallami s razvitiem khimicheskoi promyshlennosti v gorode Sumgaite Azerbaidzhanskoi Respubliki [Ecological condition of soils subject to heavy metal pollution with development of chemical industry in Sumgait city of the Republic of Azerbaijan]. *Biulleten nauki i praktiki — Bulletin of science and practice*, 9 (22); 74–80 [in Russian].

17 Bagirova, Ch.Z. (2021). Vozdeistvie tiazhelykh metallov na fermentativnuiu aktivnost pochv g. Sumgaita [The effect of heavy metals on the enzymatic activity of the soils of Sumgait]. *Agrarnaia nauka — Agricultural Science*, 353 (10); 110–113 [in Russian].

G.A. Sadyrova^{1,4*}, G.A. Sadyrov², G.A. Sadyr³, G.A. Sadyrova⁴¹*Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan;*²*University of International Business, Almaty, Kazakhstan;*³*Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan;*⁴*International engineering technological University, Almaty, Kazakhstan***Corresponding author: gulbanu-s@mail.ru*

The impact of the green economy on the urban ecosystem of Almaty city

The article presents the impact of the green economy on the urbanized ecosystem of the city of Almaty. The concept of green economy is considered as sustainable development with minimal risks to the environment and the reduction of the negative impact of human economic activity on the environment, as well as the development of this direction in the country and, in particular, in the city of Almaty. A phased process of transition to a green economy is shown, the implementation of the “Zhasyl Almaty” project, where, according to the concept of transition to a green economy, according to the concept of “smart cities”, one of the main goals of the development of Almaty is to preserve natural resources, comfortable living conditions for the population and improve the quality of life in all areas of Almaty, which is the main requirement of a green economy. In recent years, the growth of new buildings in the city of Almaty has intensified the processes of anthropogenic impact on the urban flora. The existing experience of green building in the city of Almaty does not fully take into account the specific environmental conditions of various districts of the city and the level of their technogenic pollution, and the issues of the state of plantations in residential and industrial areas, the resistance of vegetation to the impact of the urban environment are ignored. Due to the increasing density of urban development with multi-storey buildings (more than 20 floors), it is becoming increasingly difficult to realize the concept of a green city of Almaty.

Keywords: Almaty city, green economy, green spaces, city urbanization, ecosystem.

Introduction

Recently, environmental factors have become increasingly important to mankind in modern conditions, which have become increasingly important since the beginning of the scientific and technological revolution, where mankind did not pay due attention to them, which in turn caused great environmental problems. To overcome the growing global crisis in all spheres of human activity, including the climate crisis, the biodiversity crisis, the fuel, food, water, financial crisis, it was necessary to create a special new development model that would not upset the balance of environmental, social and economic interests. The green economy has become such a model, which emphasizes the need to reduce the negative impact of human activities on the environment and which puts at the forefront the sustainability of development with minimal risks to the environment. Many economically developed countries have already taken concrete steps in this direction. The Republic of Kazakhstan in the National Strategy for Sustainable Development also expressed its intention to move towards the transition to a green economy. Currently, many scientists from different countries are engaged in the development of the green economy [1–5].

The term “green” economy was first introduced into the scientific literature by British economists David Pearce, Anil Markandya and Edward Barbier in a report to the UK Government in 1989 called “Blueprint for a green economy” [6]. In the Kazakh language, this term is entirely borrowed from the English language, that is, by translating the words of the original phrase. Another frequently used term is the green city associated with the protection and improvement of the ecological state of the city. The term green technology is also widely used for various solutions that help to competently manage resources and reduce the negative burden on nature. The term green jobs is considered as the activity of people aimed at reducing pollution, conserving natural resources, and improving the environment. However, it should be noted that this problem has not been sufficiently studied and, in particular, the theme of the green economy in the cities of the republic has been worked out. In general, the principles of the green economy have not been sufficiently implemented yet, due to the fact that the transition to a green economy requires, to a certain extent, the rejection of the traditional economy. The main goal of the green economy is to ensure economic growth and investment growth, to improve the quality of the environment and social inclusion [7]. The objectives of the green econ-

omy are: strengthening environmental protection, increasing the efficiency of resource use, improving social integration, and improving sustainable economic development (Fig. 1).

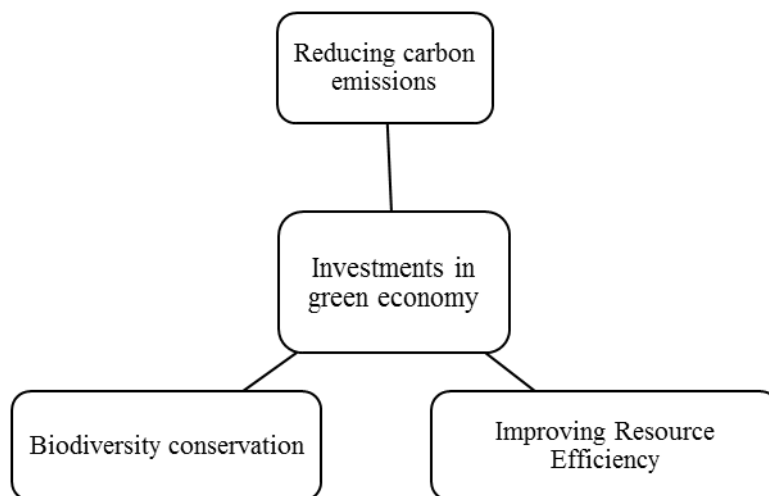


Figure 1. Investments in green economy

The purpose of the study is to assess the role of the green economy of Almaty as the main component of green infrastructure in ensuring the sustainable development of the urban ecosystem.

Integrating environmental, social and economic concerns requires an integrated approach to designing and ensuring the effective implementation of green economy policies, which require new business thinking, a new level of skilled workforce and specialists. Investing in green economy research, technology development and innovation are key points to the transition to a green economy (Fig. 2).

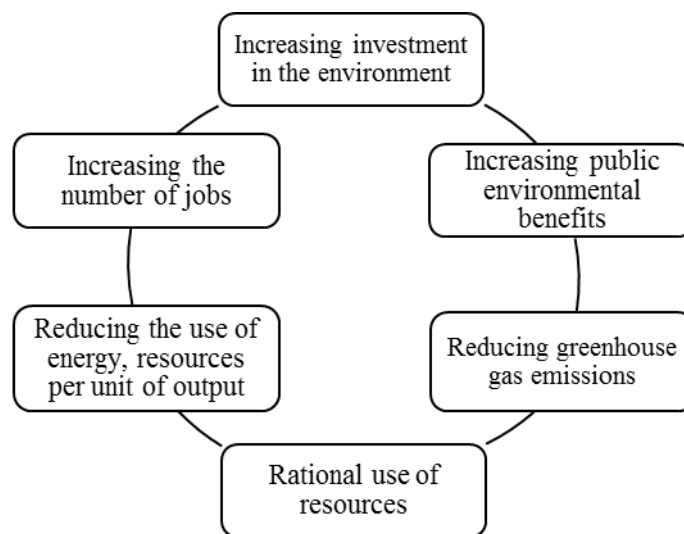


Figure 2. Conditions for the transition to a green economy

Thus, the green economy is aimed at obtaining environmental, social and economic benefits in the areas of using clean energy technologies, increasing the efficiency of resource use through investments in cleaner production, and improving food security, use of sustainable agricultural practices and access to new markets for green goods and services.

Experimental

To conduct the study, various methods were used to determine the prospects for the development of the city of Almaty in the transition to a green economy. The method of studying primary and secondary statistical data was applied. For this, documents were studied and the following materials were considered: Development Strategy “Almaty–2050”; “The results of the socio-economic development of Almaty for January –

March 2021”; Development of the national project “Green Kazakhstan” for 2021–2025; Law of the Republic of Kazakhstan “On the special status of the city of Almaty”; Decrees of the Government of the Republic of Kazakhstan “On approval of the State Program for the Development of Regions until 2020”; “On Approval of the State Program for the Development of Regions for 2020–2025” and others [8–13]. To conduct a comprehensive analysis, a comparison method was used, where changes in the structure and volume of GRP, indices of the physical volume of industrial production, investments in fixed assets and other basic indicators were compared.

Results and Discussion

As foreign experience and world practices of transition to a green economy show, the scale of the green sector of the world economy is still relatively small. Today, the volume of employment in the field of green economy around the world is within 10 million people. However, the contribution and investments in the development of the economic complex of individual states are quite high (Fig. 3).

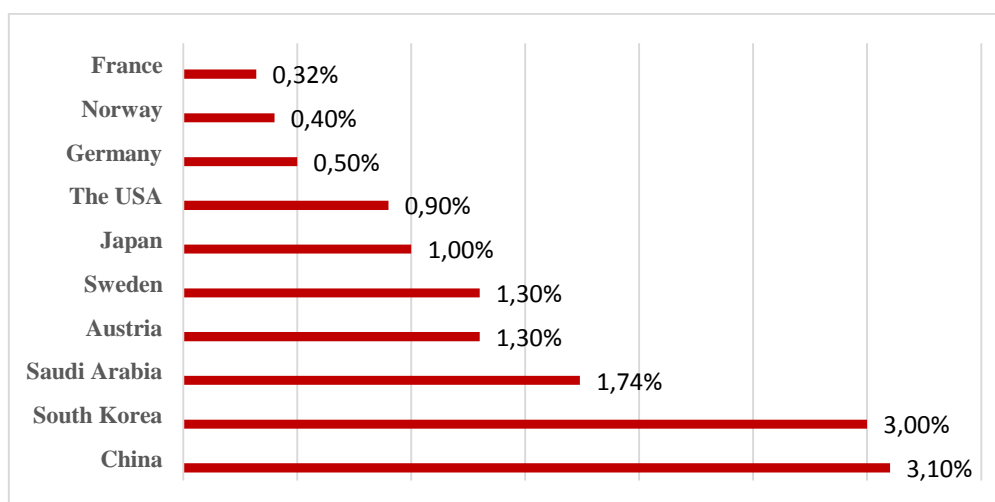


Figure 3. The share of the green economy in the gross domestic product of the countries of the world

As can be seen from Figure 3, in the United States, the green economy provides more than 600 billion dollars of products and services, employment there is estimated at 3 million people, in Japan 3.4 % of GDP and about 1.5 million people, respectively, in the EU countries 2.5 % of the total GDP and more than 3.4 million people, in Germany these figures are even higher at about 4.8 %, and in the UK this figure is more than 5.0 % [14]. In the Republic of Kazakhstan, the beginning of the official process of transition of Kazakhstan to a green economy is considered to be 2013, when the Concept of the transition of the Republic of Kazakhstan to a green economy was signed. In 2014, a plan for the transition to a green economy was adopted and active work began on the development and reform of legislation. In 2016, the law on the transition of Kazakhstan to a green economy comes into force, where the process of reforming the legislation was accompanied by the development of strategic plans for various sectors of the economy for their transition to a green economy [15]. In the Republic of Kazakhstan, a phased transition to a green economy is planned (Table 1).

Table 1

Stages of transition of the Republic of Kazakhstan to a “green” economy

2013–2020	Optimizing the use of resources and increasing the efficiency of environmental protection activities creating a “green” infrastructure
2020–2030	On the basis of the existing “green” infrastructure, the reconstruction of the national economy will begin, focused on careful water use, the construction of facilities based on high standards of energy efficiency
2020–2050	The transition of the national economy to the principles of the so-called “Third Industrial Revolution”, requiring the use of natural resources in the conditions of their renewal and sustainability

The total investment required to implement Kazakhstan's transition program to a green economy is estimated at an average of \$3–4 billion per year during 2017–2050. It is planned that most of the funding will come from private investors. Since the adoption by the Republic of Kazakhstan of the concept for the transition to a green economy, the following results have been obtained: given the geographical location and climatic conditions of Kazakhstan, small hydropower plants, solar and wind energy are the most promising renewable energy sources. According to experts, the total potential of renewable energy sources is 1885 billion kilowatt-hours per year. To date, 142 renewable energy facilities operate in Kazakhstan. Thus, the share of electricity generation by renewable energy sources in the Republic of Kazakhstan is 3.7 %, hydroelectric power plants (HPP) — 21 %, solar power plants (SPP) — 37 %, wind power plants (WPP) — 42 %, biogas plants (BGU) — 0.2 % [16].

According to the Concept for the transition to a green economy, by 2030 the share of waste processing in the Republic of Kazakhstan should be increased to 40 %, by 2050 — up to 50 %. Every year, Kazakhstan generates 4.5–5 million tons of municipal solid waste (MSW). The share of recycled and disposed production waste in 2020 was 36 %, solid waste — 18 %, 81 % of the country's population are provided with waste collection and disposal services. In 2021, the government began to develop a Low-Carbon Development Concept for the implementation of the second phase of the Concept for the transition to a green economy. According to this concept, for the implementation of the national project “Zhasyl Kazakhstan”, the country's forest fund will be increased by 2 billion trees within 5 years, and 15 million of new seedlings will be planted in settlements. In 2021, trees were planted on an area of 66 thousand hectares (in the amount of 138 million trees). In the current 2022, it was planned to plant about 244 million trees (at the beginning of this year, 280 million trees were planted), in 2023 — 411 million, in 2024 — 573 million and in 2025 — 643 million trees. Currently, 138 million tree seedlings have already been planted, and since the beginning of this year, 280 million trees. For these purposes, in 2022, the state planned to spend 161 billion tenge [16]. It should be noted that the state program “Digital Kazakhstan” has been developed, the purpose of which is the digitalization of the main sectors of the economy, which provides support for the creation of a unified state information system for monitoring the environment and natural resources, automated monitoring of fish resources, biodiversity, specially protected natural areas, water resources and water facilities [17].

*Prospects for the development of the city of Almaty in the context of the transition to a green economy.
The main ways of developing a green economy in Almaty*

Almaty is the largest metropolis of our country, an intensively developing city, which is the center of business, economic, cultural life and occupies a special place in the development of Kazakhstan and Central Asia. Almaty is distinguished by a favorable geographical location, connection with large transport arteries, and a developed economy. According to the concept of transition to a green economy, according to the concept of “smart cities”, one of the main goals of the development of Almaty is to preserve natural resources for a clean environment, comfortable living for the population and improve the quality of life in all districts of Almaty, which is the main requirement of a green economy. This program covered all the main areas of development of the city, including the economy, social sphere, public safety and law and order, infrastructure, ecology and land resources, public services and is formed taking into account 7 priorities (Fig. 4). Starting from 2017, after the law on the transition of Kazakhstan to a green economy came into force, the city administration and experts of the city of Almaty developed a program for the development of the city of Almaty – 2020. In 2022, a new program for the development of the city of Almaty until 2025 and medium-term prospects until 2030 were developed. According to the concept for the transition of the city of Almaty to a green economy, first of all, it is necessary to develop sustainable development and use of water resources, increase energy efficiency in industry, housing and communal services; transport industry, development of renewable energy sources, electric power industry, reduction of air pollution, conservation and effective management of ecosystems.

The green fund of the city for 2022 amounted to more than 2.3 million green spaces. Of these, 134,129 are coniferous trees, 1,932,807 are deciduous trees, and 164,199 are shrubs. For 2017–2019 more than 274 thousand green spaces were planted in Almaty. New rules for the maintenance and protection of green spaces have been approved [18]. Thanks to this measure, compensation planting increased by 25 % or 10,000 trees. Thus, according to the “comfortable city” concept, up to 1 million green spaces are planned to be planted in Almaty by 2025, where the green area of the city will grow to 5,000 square meters. Today, the area of green spaces for general use in the city of Almaty is only 894 hectares — 4.8 square meters per person; whereas in the 80s this figure reached 10 square meters. The decrease is explained both by the growth of the territory of the city and by the increase in the population [18].

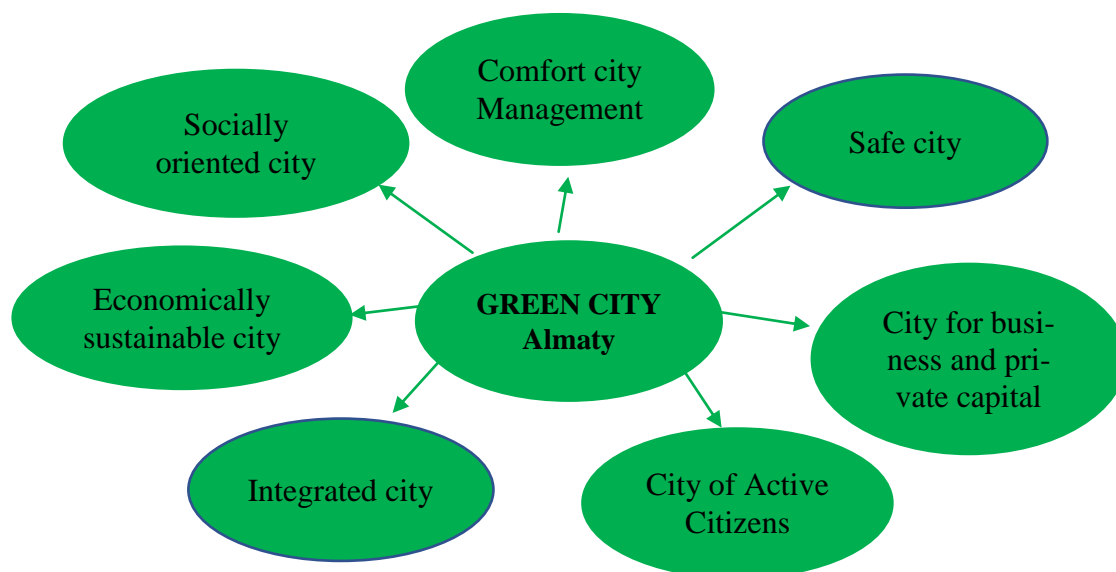


Figure 4. Key Dimensions of Green City for Sustainable Urban Development

In addition, the area of park and pedestrian zones is increasing annually in Almaty. In addition to the existing Almaty Arbat, Terrenkur, new pedestrian zones were formed along Panfilov Street. The length of this pedestrian part is 1400 m [19]. Another priority area of the green economy is the development of renewable, “clean” energy. The existing power supply system of the city of Almaty is characterized by a high level of wear and tear and needs to be modernized. Coal remains the main source of heat production in the city. Thus, the share of coal in the Combined Heat and Power Plant-2 and Combined Heat and Power Plant-3 is 99.4 %. Since 2017, Thermal Power Plant-1 has been completely switched to burning natural gas and fuel oil. In general, according to 2017 data, heat production using solid and liquid fuels is 70 %. The administration of the city of Almaty is working on the transfer of Thermal Power Plant-2 to natural gas. According to the chosen option of switching to natural gas, emissions will be reduced from 38 thousand tons to 6 thousand tons [20]. This will have a great impact on reducing air pollution in the city of Almaty. According to the concept of the city's transition to a green economy, work is also underway in Almaty on the construction of renewable energy sources. Thus, by analogy with the project of the Finnish company Wello “electricity generators from waves and water”, a project is being implemented to build a small hydroelectric power station on the Malaya river, where each of the installations will produce up to 4.5 MW per year. In addition, the implementation of a project for the construction of biogas plants at sewage treatment facilities of the State utility company on the right of economic management “Almaty Su” has begun [21].

Almaty belongs to the cities of Kazakhstan with a high level of air pollution throughout the year. The high level of pollution is due to both the natural and climatic features of the region and the anthropogenic impact on the environment. According to the concept of green economy, it is planned to reduce air pollution in the metropolis, where the main sources of pollution are vehicles and thermal power plants. To date, the population of Almaty as of August 2022 is 2,135,365 thousand people. In this regard, about 530 thousand cars are registered in the city; about 250 thousand more are entering from other regions, which create an enormous burden on the city's ecology. In this regard, a large-scale transport reform is being carried out in the city. According to the experience of developed countries, the key direction is public transport and reducing the use of private cars. The expenses of business entities aimed at protecting the environment in 2019 amounted to 4444.3 million dollars in 2020 in the amount of 4984.6 million tenge [22]. A significant part of environmental expenditures (95.4 %) is carried out by industrial enterprises, mainly at the expense of enterprises of the Alatau and Zhetysu districts of Almaty. Since the official announcement of the course for green growth in Almaty, a rapid rise in green business has begun. According to the Committee on Statistics, Almaty ranks the 1st in the country in terms of gross output and are a center for the development of small and medium-sized businesses (Fig. 5).

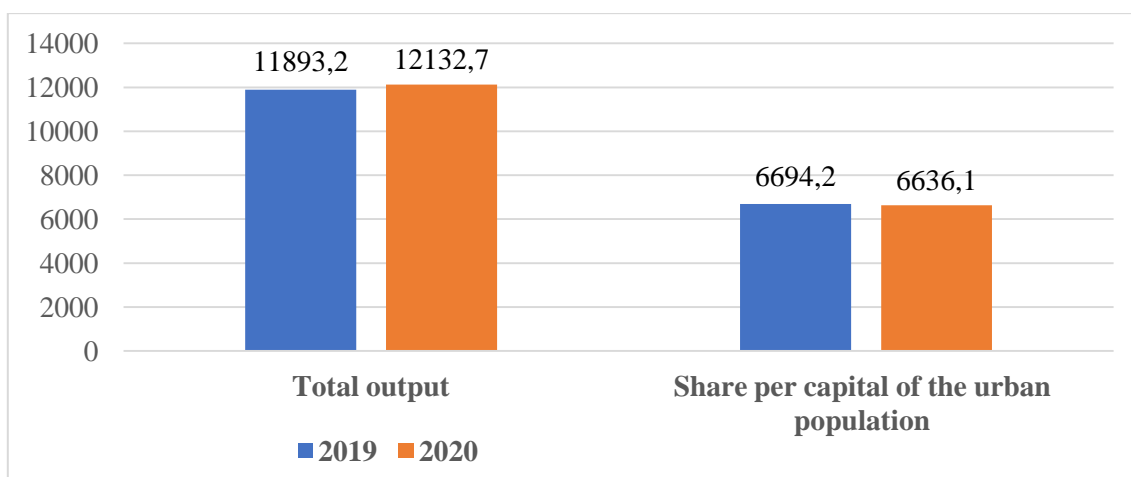


Figure 5. The share of gross output and output per capita of the city of Almaty (million tenge)

As noted above, improving the ecological state of the city of Almaty is one of the priorities in the development plan of the city of Almaty for 2025–2030. Currently, the city has a difficult environmental situation, the growth of the economy, prosperity and consumption have increased the negative human impact on the environment. In conditions of weak natural ventilation and a large number of mobile and stationary sources, atmospheric air pollution is the most urgent environmental problem of the city of Almaty. At the same time, there has been an increase in the rate of fleet renewal, the decommissioning of pollutants, and an improvement in the resilience of the city's natural ecosystems. Every year there is an increase in the number of electric vehicles, the activation of the use of small vehicles (electric bicycles, electric mopeds, electric scooters). To reduce air pollution and the overall anthropogenic impact on the environment of the city of Almaty, one of the most effective ways is to increase the area of green spaces, which is the most affordable, simple and effective way to combat air pollution. The development of green infrastructure is primarily aimed at preserving biodiversity, restoring urban natural landscapes, improving and greening areas near places of residence, enhancing environmental education and educating the urban population. The improvement of the ecological situation in cities is associated with the improvement of the landscaping system, which refers to the scientifically based spatial placement of all components of urban landscaping in accordance with urban zones, soil, climatic and other factors in order to achieve optimal environmental, sanitary, hygienic and aesthetic effects. As you know, the city of Almaty is the greenest city in our country, it belongs to a region with a high level of urbanization, where the urban population, as noted above, is 2,147.1 thousand people as of August 2022 [23]. The main elements of the landscaping system of the city of Almaty include parks, squares, groves, boulevards, gardens, nurseries, an arboretum, green spaces along the streets, landscaping within micro districts, and lawns (Table 2).

Table 2

The total area of green spaces in the city of Almaty

City	Total area of green spaces (ha)	City area, km ²	Share of green areas in the city (%)	Area for 1 person, m ² /person	City population, thousand people, 08.05.2022
Almaty	1 050,97	682	15,4	7,0	2 147,1

Today, there are about 2.3 million green spaces in Almaty. Of the 70.1 thousand hectares of the territory of Almaty, 25.38 thousand hectares are covered with greenery. The coefficient of greenery in Almaty is 36 % on average. The area of green spaces is 1,050.97 ha. At the same time, the provision of public green spaces in the districts of Almaty is unevenly distributed, ranging from 5–7 m²/person in the western and northwestern regions up to 17 m²/person in the Medeu region. As you know, to provide oxygen to one person, 1.54 trees are needed, where one tree absorbs the emissions of one car and neutralizes 80 kg of harmful substances and 20 kg of dust. The area of plantations of common use in Almaty has increased for 1988–2020. 1.5 times and amounted to 7.4 m²/person due to the inclusion of the lands of the Talgar, Ili, Karasai regions and plantations growing along highways, driveways, roads and streets. In recent years, the growth of

construction in the city of Almaty has intensified the processes of anthropogenic impact on the urban flora. The existing experience of green building in the city of Almaty does not fully take into account the specific environmental conditions of various districts of the city and the level of their technogenic pollution, and the issues of the state of plantations in residential and industrial areas, the resistance of vegetation to the impact of the urban environment are ignored. Due to the growing density of urban development with high-rise buildings (more than 20 floors), it is becoming increasingly difficult to realize the concept of a green city-metropolis of Almaty. Monitoring the state of plantings in the city of Almaty (2010–2022) indicates positive trends in the development of green infrastructure [24]. A system of gardening has been created and is being developed in the city, funding has been increased, new green objects (parks, squares) have appeared, the area of the nursery of ornamental crops has been expanded, and in the future it is planned to increase it by 1.4 times (Table 3).

Table 3

Area of urban green spaces in Almaty, ha

Object category	Area, ha (2022)	Project until 2025–2030 area, ha
<i>Public landscaping</i>		
Parks	149,5	205,6
Squares	142,52	5,6
Groves	2,6	–
Boulevards	30,0	–
Green areas	270,986	153,0
Street plantings	143,72	150,0
Total:	739,326	514,2
<i>Special purpose landscaping</i>		
Arboretum	–	57,0
City nurseries	–	30,0
Total:	–	87,0
<i>Specially protected natural areas</i>		
State Regional Natural Park “Medeu”	708,2	–
Ile-Alatau State National Natural Park	12219	–
Botanical Garden	103,6	–
Baum Grove	137,8	–
Total:	131686	–
Total:	132 428356	601,2

To remove the problem of disproportion in the provision of green spaces for general use, for the medium term, the volume of planting of new seedlings is calculated: until 2025 1,158,380 trees, until 2030 — about 1,300,000 trees (including felling and planting). An analysis of parks, boulevards, squares, alleys and green areas in eight districts of Almaty showed their uneven distribution by district (Fig. 6).

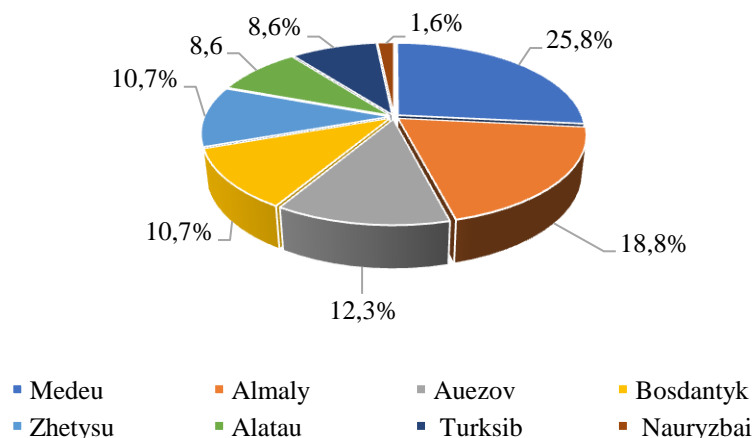


Figure 6. Percentage of parks, boulevards, squares, alleys and green areas in eight districts of Almaty

As can be seen from Figure 6, the first place in terms of the number of parks, boulevards, squares, alleys and green areas is led by the Medeu district, the total number of which is 48, which is 25.8 %. The second place in terms of the number of parks, boulevards, squares and green areas is occupied by the Almaty district, only 35, which is 18.8 %. In third place in terms of the number of parks, boulevards, squares and green areas is the Auezov district — only 23 or 12.3 %. The fourth place in terms of the total number of parks, boulevards, squares and green areas is occupied by the Bostandyk and Zhetysay districts, 20 each (10.7 %). Fifth place is Turksib and Alatau districts, 16 each (8.6 %). And the smallest number of squares (1) and green areas (2), only 3, is located in the Nauryzbai district and is 1.6 %. The state of the green fund of the city of Almaty is greatly affected by the lack of regular watering. Irrigation schemes are based on existing reserves of water sources. These are small rivers and reservoirs of the city of Almaty, groundwater reserves, rational use of rain and melt water. For irrigation of green spaces growing in citywide areas, the state of ditches plays an important role. There are 1,525 km of ditch networks in Almaty, of which only 11 % — 168 km — are used for irrigation. Work is underway to organize a comprehensive irrigation scheme, including the repair and construction of new sections of the canal network, which will increase the level of irrigated areas through the canal network up to 40 %. New wells were built to irrigate green spaces in Almaty, an inventory of the irrigation ditches was carried out, and work on irrigation was intensified. As is known, in an urban environment, trees age much faster than in a natural environment, under the influence of many factors (emissions from cars, engineering networks, reagents entering the soil during street cleaning, damage during construction work, etc.).

As part of the Green Almaty program, planted trees and shrubs are cared for, the green fund is treated, and biodiversity is maintained. The influence of urban conditions on the plant can be seen in various indicators of life processes, appearance, structural features of its organs, and the longevity of the plant under these conditions. The most common result of the influence of urban conditions on the vital activity of plants is a decrease in their life expectancy. So, if in the mountain forests of the Trans-Ili Alatau, spruce lives up to 300–600 years, then in Almaty parks — up to 125–150 years, and on the streets — only up to 60–70 years. The processes of photosynthesis are disturbed in urban trees, so they have a rarer crown, small leaves, and shorter shoots. In heavily polluted conditions, the leaves dry out at the edges, brown spots appear on them — areas of dead tissue, they curl. Lawn grasses are undersized. The crowns of coniferous trees are becoming bald, their annual growth is lower than in unpolluted areas; phytomass productivity decreases. Active visits by city residents to parks, gardens, and other green spaces lead to direct and indirect impacts on plant communities. Direct impacts include damage to trees and shrubs, excessive gathering of flowering herbs, littering, and fires. Everywhere there is a strong compaction of the upper layer of the soil, and hence the violation of its water-air regime. Plant roots suffer, growth processes are disturbed, dwarf forms are formed with irregular branching and a decrease in leaves. In this case, the following should be taken into account: the urban environment is alien to woody plants, they are not evolutionarily adapted to it; therefore, their survival depends not only on the intensity of anthropogenic impact, but also on their ability to adapt to conditions that are often extreme for all living things. To date, the usual for the green attire of the cities of our country are such species as — *Morus alba* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Gleditsia triacanthos* L. and others are introducers; at one time they arrived and successfully acclimatized in Almaty. In Almaty, more than 70 species of trees and shrubs were introduced into production recommended by the botanical garden. From the trees: *Phellodendron amurense* Rupr., *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev., *Crataegus maximowiczii* C.K. Schneid., *Ulmus laevis* Pall., *Ulmus parvifolia* Jacq., *Ulmus glabra* Huds., *Quercus robur* L., *Catalpa bignonioides* Walter., *Aesculus hippocastanum* L., *Acer ginnala* Maxim. ex Rupr., *Juniperus virginiana* L. and others, from the bushes — *Amorpha fruticosa* L., *Swida alba* (L.) Opiz, *Syringa vulgaris* L., *Spiraea vanhouttei* (Briot) Carrière and others.

Conclusions

Thus, in order to solve the problem of forming a green infrastructure in the city of Almaty, it is necessary to implement the Green Almaty activities under the Almaty City Development Program until 2025 and medium-term prospects until 2030, and now concrete steps have already been taken in this direction for its implementation by the city administration. The transition to a “green” economy is a necessary process to maintain a viable state and improve the quality of urban plantings that perform important environmental, sanitary and aesthetic functions. Urbanized territories, as part of the ecological system, affect not only the landscape of the city, but also human health and the environment. Green spaces are indicators of the sustainable development of urbanization. In the landscaping of the city of Almaty, only 25 % of the species

diversity of local trees and shrubs is used. The natural and climatic conditions of the city of Almaty make it possible to significantly expand the assortment for landscaping the city, both at the expense of local and introduced trees and shrubs. In the landscaping of the city of Almaty, it is necessary to increase the number of coniferous and valuable hardwood species, both local and introduced, which have proven themselves well and feel great in urban conditions. The expansion of the range of local tree and shrub plant species in the landscaping of the city of Almaty contributes to the promotion and conservation of the biodiversity of the natural flora of the Republic of Kazakhstan.

References

- 1 Khoshnava S.M. Aligning the Criteria of Green Economy (GE) and Sustainable Development Goals (SDGs) to Implement Sustainable Development / S.M. Khoshnava, R. Rostami, R.M. Zin, W. Strielkowski, A. Mardani // *Sustainability*. — 2019. — Vol. 11(17). — P. 4615. <https://doi.org/10.3390/su11174615>
- 2 Li J. Green Economy Performance and Green Productivity Growth in China's Cities: Measures and Policy Implication / J. Li, B. Lin // *Sustainability*. — 2016. — Vol. 8(9). — P. 947. <https://doi.org/10.3390/su8090947>
- 3 Parker J. Green Infrastructure in the Urban Environment: A Systematic Quantitative Review / J. Parker, M.E. Zingoni de Baro // *Sustainability*. — 2019. — Vol. 11(11). <https://doi.org/10.3390/su11113182>
- 4 Ying J. Green infrastructure: systematic literature review / J. Ying, X. Zhang, Y. Zhang // *Economic Research*. — 2021. — Vol. 35(1). — P. 343–366. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202>
- 5 Hansen R. Using green infrastructure to stimulate discourse with and for planning practice: experiences with fuzzy concepts from a pan-European, a national and a local perspective / R. Hansen, M. van Lierop, W. Rolf, D. Gantar // *Socio-Ecological Practice Research*. — 2021. — Vol. 3(5). — P. 257–280. <https://doi.org/10.1007/s42532-021-00087-2/>
- 6 Pearce D. Blueprint for a Green Economy / D. Pearce, A. Markandya, E.B. Barbier. — Earthscan, 1989. — 192 p.
- 7 Зеленая экономика: реалии и перспективы в Казахстане. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sk.kz/upload/iblock/3f5/3f5f8e2087688517bcc667eeebc82630.pdf>
- 8 О Стратегии развития Алматы–2050. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://open-almaty.kz/ru/content/o-strategii-razvitiya-almaty-2050>
- 9 Итоги социально-экономического развития г. Алматы за январь–март 2021 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://primeminister.kz/ru/news/itogi-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-kazahstana-za-7-mesyacev-etogo-goda-rassmotreli-v-pravitelstve-1674423>
- 10 Разработка национального проекта «Зеленый Казахстан на 2021–2025 годы». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000731>
- 11 Закон РК «Об особом статусе города Алматы». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z980000258>
- 12 Постановление Правительства Республики Казахстан «Об утверждении Государственной программы развития регионов до 2020 года». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000767>
- 13 Об утверждении Государственной программы развития регионов на 2020–2025 годы. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900000990>
- 14 Коданева С.И. От коричневой экономики — к «зеленой». Российский и зарубежный опыт. Россия и современный мир / С.М. Коданева. — 2019. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://doi.org/10.24833/2071-8160-2019-5-68-134-155>
- 15 О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000506/history>
- 16 «Зелёная» экономика — парадигма инновационного и устойчивого развития Казахстана. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://dknews.kz/ru/ekonomika/184782-zelenaya-ekonomika-paradigma-innovacionnogo-i>
- 17 Около 1161 млрд планируют потратить в 2022 году на нацпроект «Жасыл Қазақстан». — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kaztag.kz/ru/news/okolo-t161-mlrd-planiruyut-potratit-v-2022-godu-na-natsproekt-zhasyl-aza-stan>
- 18 Об утверждении Государственной программы «Цифровой Казахстан». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kaztag.kz/ru/news/okolo-t161-mlrd-planiruyut-potratit-v-2022-godu-na-natsproekt-zhasyl-aza-stan>
- 19 Типовые правила содержания и защиты зеленых насаждений изложены в новой редакции. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37868284
- 20 В 7,5 раз увеличится количество высаженных деревьев в Алматы. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://camonitor.kz/33839-v-75-raz-uvlichitsya-kolichestvo-vysazhennyh-derevev-v-almaty.html>
- 21 Пять крупнейших электростанций Казахстана в 2020 году увеличили выработку на 2,5 %. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://kz.kursiv.media/2021-03-15/pyat-krupneyshikh-elektrostanciy-kazahstana-v-2020-godu-uvlichili/>
- 22 В Алматы показали очистные сооружения после частичного капремонта. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://informburo.kz/novosti/v-almaty-su-pokazali-ochistnye-sooruzheniya-posle-chastichnogo-kapremonta.html>

23 Численность населения Казахстана достигла 19,7 млн человек. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.aa.com.tr/ru/мир/численность-населения-казахстана-достигла-19-7-млн-человек>

24 Садырова Г.А. Урбанизированная флора города Алматы / Г.А. Садырова. — Алматы, 2017. — 279 с.

Г.А. Садырова, Г.А. Садыров, Г.Ә. Садыр, Г.А. Садырова

«Жасыл» экономиканың Алматы қаласының урбанизацияланған экожүйесіне әсері

Мақалада «жасыл» экономиканың Алматы қаласының урбанизацияланған экожүйесіне әсері келтірілген. «Жасыл» экономика ұғымы қоршаған орта үшін ең аз тәуекелдермен орнықты даму және адамның экономикалық қызметінің оның тіршілік ету ортасына теріс әсерін қысқарту, сондай-ақ елде, атап айтқанда Алматы қаласында осы бағытты дамыту ретінде қарастырылған. «Жасыл» экономикаға көшудің кезеңдік процесі, «Жасыл Алматы» жобасын іске асыру туралы көрсетілген, онда «жасыл» экономикаға көшу тұжырымдамасына сәйкес «ақылды қалалар» тұжырымдамасы бойынша Алматының дамуының негізгі мақсаттарының бірі — табиғи ресурстарды сақтау, халықтың жайлы тұруы және қаланың барлық аудандарында өмір сүру сапасын арттыру, яғни бұл «жасыл» экономиканың басты талабы болып табылады. Соңғы жылдары Алматы қаласының жаңа құрылыстарының өсуі урбанофлораға антропогендік әсер ету процестерін күшейтеді. Алматы қаласының жасыл құрылысының қазіргі тәжірибесі қаланың әртүрлі аудандарының экологиялық жағдайларының ерекшелігін және олардың техногендік ластану деңгейін толық көлемде ескермейді, ал тұрғын және өнеркәсіптік аудандардың екпелерінің жай-күйі, өсімдік жамылғысының қалалық ортаның әсеріне тұрақтылығы мәселелері назардан тыс қалады. Қала құрылысының көп қабатты ғимараттармен (20 қабаттан астам) тығыздалуының артуына байланысты Алматыда жасыл қала тұжырымдамасын іске асыру қиындай түсуде.

Кілт сөздер: Алматы қаласы, «жасыл» экономика, жасыл желектер, урбанизация, экожүйе.

Г.А. Садырова, Г.А. Садыров, Г.Ә. Садыр, Г.А. Садырова

Влияние «зеленой» экономики на урбанизированную экосистему города Алматы

В статье приведены факты влияния «зеленой» экономики на урбанизированную экосистему города Алматы. Рассмотрено понятие «зеленой» экономики как устойчивое развитие с минимальными рисками для окружающей среды и сокращения отрицательного воздействия экономической деятельности человека на среду его обитания, а также развитие этого направления в стране и, в частности, в городе Алматы. Показан поэтапный процесс перехода к зеленой экономике, реализация проекта «Жасыл Алматы», где согласно концепции перехода к «зеленой» экономике, по концепции «умных городов» одной из основных целей развития Алматы является сохранение природных ресурсов, комфортного проживания населения и повышение качества жизни во всех районах Алматы. В последние годы рост новостроек города Алматы усилил процессы антропогенного воздействия на урбанофлору. Существующий опыт «зеленого» строительства города Алматы не учитывает в полной мере специфичность экологических условий различных районов города и уровень их техногенного загрязнения, а вопросы состояния насаждений жилых и промышленных районов, устойчивости растительного покрова к воздействию городской среды остаются без внимания. Из-за растущего уплотнения городской застройки многоэтажными зданиями (более 20 этажей) становится все труднее реализовать концепцию «зеленого» города Алматы.

Ключевые слова: город Алматы, «зеленая» экономика, зеленые насаждения, городская урбанизация, экосистема.

References

- 1 Khoshnava, S.M., Rostami, R., Zin, R.M., Strielkowski, W. & Mardani, A. (2019). Aligning the Criteria of Green Economy (GE) and Sustainable Development Goals (SDGs) to Implement Sustainable Development. *Sustainability*, 11(17); 4615. <https://doi.org/10.3390/su11174615>
- 2 Li, J. & Lin. B. (2016). Green Economy Performance and Green Productivity Growth in China's Cities: Measures and Policy Implication. *Sustainability*, 8(9); 947. <https://doi.org/10.3390/su8090947>

- 3 Parker, J. & Zingoni de Baro, M.E. (2019). Green Infrastructure in the Urban Environment: A Systematic Quantitative Review. *Sustainability*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/su11113182>
- 4 Ying, J., Zhang, X. & Zhang, Y. (2021). Green infrastructure: systematic literature review. *Economic Research*, 35(1); 343–366. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2021.1893202>
- 5 Hansen, R., van Lierop, M., Rolf, W. & Gantar, D. (2021). Using green infrastructure to stimulate discourse with and for planning practice: experiences with fuzzy concepts from a pan-European, a national and a local perspective. *Socio-Ecological Practice Research*, 3(5); 257–280. <https://doi.org/10.1007/s42532-021-00087-2/>
- 6 Pearce, D., Markandya, A. & Barbier, E.B. (1989). *Blueprint for a Green Economy*. Earthscan.
- 7 *Zelenaia ekonomika: realii i perspektivy v Kazakhstane [Green economics: current state and prospect in Kazakhstan]*. Retrieved from <https://sk.kz/upload/iblock/3f5/3f5f8e2087688517bcc667eeebc82630.pdf> [in Russian].
- 8 *O Strategii razvitiia Almaty–2050 [About strategy of development of Almaty-2050]*. Retrieved from <https://open-almaty.kz/ru/content/o-strategii-razvitiya-almaty-2050> [in Russian].
- 9 *Itogi sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia g. Almaty za ianvar–mart 2021 goda [Results of socio-economic development of Almaty in January — March 2021]*. <https://primeminister.kz/ru/news/itogi-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-kazakhstana-za-7-mesyacev-etogo-goda-rassmotreli-v-pravitelstve-1674423> [in Russian].
- 10 *Razrabotka natsionalnogo proekta “Zelenyi Kazakhstan na 2021–2025 gody” [Development of the national project “Green Kazakhstan” for 2021–2025]*. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000731> [in Russian].
- 11 *Zakon RK “Ob osobom statute goroda Almaty” [Law of the Republic of Kazakhstan “On the special status of the city of Almaty”]*. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z980000258> [in Russian].
- 12 *Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan “Ob utverzhdenii Gosudarstvennoi programmy razvitiia regionov do 2020 goda” [Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan “On the approval of the State Program for the Development of Regions until 2020”]*. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1800000767> [in Russian].
- 13 *Ob utverzhdenii Gosudarstvennoi programmy razvitiia regionov na 2020–2025 gody [On the approval of the State Program for the Development of Regions for 2020–2025]*. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900000990> [in Russian].
- 14 Kodaneva, S.I. (2019). *Ot korichnevoi ekonomiki — k “zelenoi”. Rossiiskii i zarubezhnyi opyt. Rossiia i sovremennyi mir [From the brown economy to the green one. Russian and foreign experience. Russia and the Modern World]*. Retrieved from <https://doi.org/10.24833/2071-8160-2019-5-68-134-155> [in Russian].
- 15 *O vnesenii izmenenii i dopolnenii v nekotorye zakonodatelnye akty Respubliki Kazakhstan po voprosam perekhoda Respubliki Kazakhstan k “zelenoi” ekonomike [On Amendments and Additions to Certain Legislative Acts of the Republic of Kazakhstan on the Transition of the Republic of Kazakhstan to a “Green Economy”]*. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1600000506/history> [in Russian].
- 16 *“Zelenaia” ekonomika — paradigma innovatsionnogo i ustoichivogo razvitiia Kazakhstana [“Green” economy is the paradigm of innovative and sustainable development of Kazakhstan]*. Retrieved from <https://dknews.kz/ru/ekonomika/184782-zelenaya-ekonomika-paradigma-innovatsionnogo-i> [in Russian].
- 17 *Okolo T161 milliarda planiruyut potratit v 2022 godu na natsproekt “Zhasyl Qazaqstan” [It is planned to spend about T161 billion in 2022 on the national project “Zhasyl Kazakhstan”]*. Retrieved from <https://kaztag.kz/ru/news/okolo-t161-mlrd-planiruyut-potratit-v-2022-godu-na-natsproekt-zhasyl-aza-stan> [in Russian].
- 18 *Ob utverzhdenii Gosudarstvennoi programmy “Tsifrovoy Kazakhstan” [On Approval of the State Program “Digital Kazakhstan”]*. Retrieved from <https://kaztag.kz/ru/news/okolo-t161-mlrd-planiruyut-potratit-v-2022-godu-na-natsproekt-zhasyl-aza-stan> [in Russian].
- 19 *Tipovye pravila sodержaniia i zashchity zelenykh nasazhdenii izlozheny v novoi redaktsii [The standard rules for the maintenance and protection of green spaces are set out in a new version]*. Retrieved from https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37868284 [in Russian].
- 20 *V 7,5 raz uvelichitsia kolichestvo vysazhennykh derevev v Almaty [The number of planted trees in Almaty will increase 7.5 times]*. Retrieved from <https://camonitor.kz/33839-v-75-raz-uvelichitsya-kolichestvo-vysazhennykh-derevev-v-almaty.html> [in Russian].
- 21 *Piat krupneishikh elektrostantsii Kazakhstana v 2020 godu uvelichili vyrabotku na 2,5 % [Five largest power plants in Kazakhstan in 2020 increased production by 2.5 %]*. Retrieved from <https://kz.kursiv.media/2021-03-15/pyat-krupneysikh-elektrostanciy-kazakhstana-v-2020-godu-uvelichili/> [in Russian].
- 22 *V Almaty pokazali ochistnye sooruzheniia posle chastichnogo kapremonta [Treatment facilities showed in Almaty after partial overhaul]*. Retrieved from <https://informburo.kz/novosti/v-almaty-su-pokazali-ochistnye-sooruzheniya-posle-chastichnogo-kapremonta.html> [in Russian].
- 23 *Chislennost naseleniia Kazakhstana dostigla 19,7 mln chelovek [The population of Kazakhstan reached 19.7 mln people]*. Retrieved from <https://www.aa.com.tr/ru/мир/численность-населения-казахстана-достигла-19-7-млн-человек> [in Russian].
- 24 Sadyrova, G.A. (2017). *Urbanizirovannaiia flora goroda Almaty [Urbanized flora of Almaty city]*. Almaty [in Russian].

Первые сведения по гидрологии озера Балкаш и рек Иле-Балкашского бассейна были получены ещё Л.С. Бергом во время его путешествия по Средней Азии в 1903 году [1]. Также велись исследования по гидрографическим характеристикам. Гидрографические характеристики рек и временных водотоков являются исходной основой абсолютно всех инженерно-гидрологических оценок и решений многих водохозяйственных задач. Для решения различных водохозяйственных задач, в том числе путем цифровизации, можно использовать систему веб-версии, что повысит эффективность работы с гидрологическими данными. Для этого необходимо провести идентификацию рек на основе специального методического обоснования с использованием данных космической съемки земли.

Идентификация рек представляет собой процесс определения водного объекта — реки. Масштабные работы по идентификации рек проводились в советское время при подготовке работ по государственному водному кадастру. Так, идентификация рек проводилась в целях уточнения гидрографической сети, ее количественных и качественных показателей, которые ранее были получены в 1960–1970-е гг. на основе топографических карт. Анализ результатов предыдущих исследований показал наличие ряда проблем в идентификации водных объектов, часть из которых связана с низкой гидрологической изученностью и доступными в то время методами обработки данных аэрофото-съемки, а также построения топографических карт, часть проблем связана с изменениями земной поверхности за последние полвека вследствие потепления климата и антропогенного воздействия.

Основная часть

Исследования условий формирования стока и водного режима рек Иле-Балкашского бассейна содержатся в работах В.Л. Шульца [2], О.П. Щегловой [3], З.Т. Беркалиева [4], А.Ф. Литовченко [5], И.С. Соседова [6, 7], Ж. Достаева [8–10], Л.А. Емельяновой [11] и других. Большинство рек — типичные молодые бурные горные потоки с интенсивно развитой глубинной эрозией, продольный профиль их не выработан [12]. Выходя на предгорную равнину, эти реки становятся маловодными, а течения их — спокойными.

Водный режим рек, главным образом, определяется климатическими условиями, а именно режимом и количеством осадков, распределением температуры воздуха, испарением, соотношением источников питания рек, характером рельефа, а также гидрогеологическими и другими особенностями речных бассейнов. Одним из основных факторов стока является рельеф бассейнов и, прежде всего, абсолютная высота. С повышением абсолютной высоты водосбора изменяются факторы климата и подстилающей поверхности, следовательно, и условия питания рек. В то же время как в питании рек высокогорных районов существенную роль играют ледники и вечные снега, в среднегорном и предгорном поясах значительно увеличивается значение сезонного снежного покрова, жидких осадков и подземных вод [13, 14].

По территории бассейна в рамках проекта «Разработка паспорта рек Казахстана» (2020–2022 гг.) по программе 254 «Эффективное управление водными ресурсами». Подпрограмма: 103 «Охрана и рациональное использование водных ресурсов» при финансовой поддержке Комитета по водным ресурсам МЭПР была произведена идентификация рек и временных водотоков, а также представлен список идентифицированных рек и временных водотоков. В целом, работы по идентификации рек можно разделить на следующие этапы:

- сбор, анализ архивных данных и создание архивного перечня рек;
- сопоставление архивных данных с топографическими картами, как для определения перечня рек, так и определения несоответствий в идентификации рек;
- дешифрирование водных поверхностей по данным ДЗЗ и их идентификация как рек по результатам второго этапа работ и с использованием современных картографических веб-сервисов. Итоги идентифицирования и уточненные сведения об общем количестве рек и временных водотоков по грациям длин и их изученности по водосборным бассейнам в разрезе Балкаш-Алакольского ВХБ представлены в таблице 1. В данном исследовании были выделены водосборные бассейны рек при помощи программы ГИС и представлены на рисунке 2.

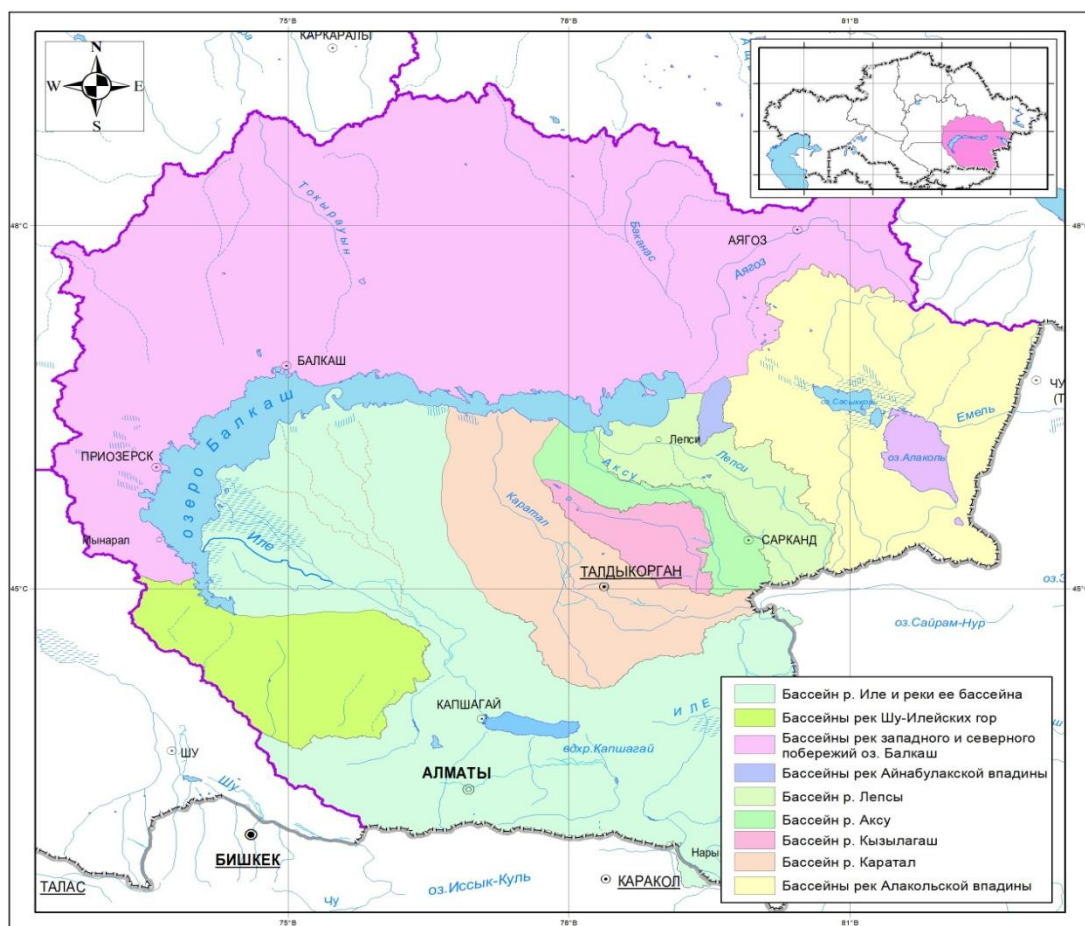


Рисунок 2. Карта-схема разделения водосборных бассейнов Балкаш-Алакольского ВХБ

Таблица 1

Сводные показатели количества и протяженности водотоков Балкаш-Алакольского ВХБ

Градации водотоков по длине, км		Общее количество водотоков	Суммарная длина водотоков, км	% от общего кол-ва водотоков и их общей длины	Количество водотоков, на которых велось или ведутся гидрологическое наблюдения
1		2	3	4	5
<i>Бассейн р. Иле и реки ее бассейна</i>					
Самые малые	до 10	1027	6996	52,9/23,3	59
	10–25	670	10135	34,5/33,8	87
Малые	25–50	194	6612	10/22,1	76
	50–100	28	1878	1,4/6,3	16
Средние	100–200	17	2347	0,9/7,8	15
	200–300	2	511	0,1/1,7	2
	300–500	2	645	0,1/2,2	
Большие	500–1000	1	848	0,1/2,8	1
	Более 1000				
Всего		1941	29972	100 / 100	256
<i>Бассейны рек Восточного склона Шу-Илейских гор</i>					
Самые малые	до 10	138	967	46,2/20,1	
	10–25	116	1729	38,8/35,9	1
Малые	25–50	30	1041	10/21,6	1
	50–100	15	1078	5/22,4	5
Средние	100–200				
	200–300				
	300–500				

1		2	3	4	5
Большие	500–1000				
	Более 1000				
Всего		299	4815	100 / 100	7
<i>Бассейны рек Западного и Северного побережья оз. Балкаш</i>					
Самые малые	до 10	130	998	16,2/5,1	
	10–25	470	7238	58,7/36,7	3
Малые	25–50	131	4604	16,4/23,3	3
	50–100	52	3520	6,5/17,8	3
Средние	100–200	11	1366	1,4/6,9	3
	200–300	5	1185	0,6/6	3
	300–500	1	304	0,1/1,5	1
Большие	500–1000	1	505	0,1/2,6	1
	Более 1000				
Всего		801	19720	100 / 100	0
<i>Бассейны рек Айнабулакской впадины</i>					
Самые малые	до 10	17	105	70,8/46,5	
	10–25	6	94	25/41,6	
Малые	25–50	1	27	4,2/11,9	
	50–100				
Средние	100–200				
	200–300				
	300–500				
Большие	500–1000				
	Более 1000				
Всего		24	226	100 / 100	0
<i>Бассейн р. Лепси</i>					
Самые малые	до 10	85	574	53,5/20,2	
	10–25	53	801	33,3/28,2	
Малые	25–50	16	581	10,1/20,5	1
	50–100	3	225	1,9/7,9	1
Средние	100–200				
	200–300	1	201	0,6/7,1	1
	300–500	1	457	0,6/16,1	1
Большие	500–1000				
	Более 1000				
Всего		159	2839	100 / 100	4
<i>Бассейн р. Аксу</i>					
Самые малые	до 10	75	546	57,7/28,1	2
	10–25	44	631	33,8/32,5	1
Малые	25–50	9	312	6,9/16	
	50–100				
Средние	100–200	1	101	0,8/5,2	1
	200–300				
	300–500	1	354	0,8/18,2	1
Большие	500–1000				
	Более 1000				
Всего		130	1944	100 / 100	5
<i>Бассейн р. Кызылагаш</i>					
Самые малые	до 10	96	663	56,8/27	1
	10–25	58	820	34,3/33,4	1
Малые	25–50	9	310	5,3/12,6	2
	50–100	3	202	1,8/8,2	2
Средние	100–200	2	253	1,2/10,3	1
	200–300	1	208	0,6/8,5	1
	300–500				

Окончание таблицы 1

1		2	3	4	5
Большие	500–1000				
	Более 1000				
Всего		169	2456	100 / 100	8
<i>Бассейн р. Каратал</i>					
Самые малые	до 10	362	2445	63/34,2	14
	10–25	169	2452	29,4/34,3	22
Малые	25–50	37	1267	6,4/17,7	11
	50–100	4	259	0,7/3,6	2
Средние	100–200	2	301	0,3/4,2	2
	200–300				
	300–500	1	423	0,2/5,9	1
Большие	500–1000				
	Более 1000				
Всего		575	7147	100 / 100	52
<i>Бассейны рек Алакольской впадины</i>					
Самые малые	до 10	467	3206	60,6/31	5
	10–25	237	3454	30,7/33,4	14
Малые	25–50	46	1565	6/15,1	12
	50–100	15	1098	1,9/10,6	12
Средние	100–200	3	373	0,4/3,6	3
	200–300	3	659	0,4/6,4	3
	300–500				
Большие	500–1000				
	Более 1000				
Всего		771	10355	100 / 100	49
<i>Всего по ВХБ</i>					
Самые малые	до 10	2397	16500	49,2/20,8	81
	10–25	1823	27354	37,4/34,4	129
Малые	25–50	473	16319	9,7/20,5	106
	50–100	120	8260	2,5/10,4	41
Средние	100–200	36	4741	0,7/6	25
	200–300	12	2764	0,2/3,5	10
	300–500	6	2183	0,1/2,7	4
Большие	500–1000	2	1353	/1,7	2
	Более 1000				0
Всего		4869	79474	100 / 100	398

В перечень включены все водотоки, постоянно действующие и временные, имеющие длину от 5 км в горных и от 10 км на равнинах Казахстана с перепадом высот между устьем и истоком до 200 м, а также водотоки длиной менее 5 км, которые исследованы или на которых ведутся или ранее велись гидрологические наблюдения. Характеристики водотоков длиной 10 км и более приведены с округлением до целого километра, менее 10 км — с точностью до 0,1 км.

Перечень водотоков представлен в соответствии с порядком их расположения на гидрографической схеме. Сначала указывается главная река, затем ее притоки, протоки и рукава. Притоки помещаются в порядке впадения в основную реку от верховья к устью независимо от того, с какого берега они впадают. Протоки и рукава помещены по месту отхода их от реки. Внутри бассейна для притоков последующих порядков сохраняется тот же принцип расположения.

При образовании реки из двух рек после основной реки указывается река, имеющая большую длину. При слиянии двух одинаковых по длине рек после основной реки сначала приводится правая ее составляющая с притоками, затем левая. Реки, не достигающие основного водотока (теряющиеся), помещены вместе с притоками, в порядке общей гидрографической схемы.

Сведения по рекам и временным водотокам (табл. 2), получены путем их идентификации в пределах Балкаш-Алакольского водохозяйственного бассейна и были определены следующие характеристики: *ID водотока* (присвоенные идентификаторы (уникальные номера) водотоков); *наименование и тип водотока* (река, ручей, протока и т.д.); *порядок водотока* (главная река (первого порядка) и при-

токи второго, третьего и последующих порядков); куда впадает; географические координаты; водохозяйственная принадлежность; административная принадлежность.

Т а б л и ц а 2

Полное наименование водотока, тип и его порядковая классификация с административно-водохозяйственной принадлежностью (на примере р. Текес)

№ п/п		1	
Бассейн р. Иле и реки ее бассейна			
ID водотока	2060002		
Наименование и тип водотока	р. Текес		
Порядок водотока	1		
Куда впадает	р. Иле		
С какого берега	левый		
Географические координаты	Устье	СШ	42°34'4,909"
		ВД	79°38'26,234"
	Исток	СШ	43°35'15,557"
		ВД	82°30'30,714"
Водохозяйственная принадлежность	Район	02.01.2002	
	Участок	02.01.02.01	
Административная принадлежность	Область	Алматинская	
	Район	КНР	

Все параметры и характеристики водотоков определены и уточнены с помощью современных методик и технологии геоинформационных систем.

В настоящем исследовании представлены *основные сведения о реках и временных водотоках*. Приведена дополненная и уточненная информация о речной системе бассейна и водотоках, где определена порядковая классификация водотоков, указаны сведения относительно принимающего водотока, а также их административно-водохозяйственная принадлежность и географические координаты истоков и устьев. Приводятся основная информация о морфометрических и морфологических характеристиках водотоков и их водосборов (табл. 3, 4) и основные сведения о трансграничных реках в Балкаш-Алакольском бассейне (табл. 5).

Морфометрические характеристики водотоков и их водосборов. В качестве морфометрических характеристик водотоков указаны: длина принимающей реки от истока до впадения рассматриваемого водотока с точностью до 0,1 км (L , км); площадь водосбора (F , км²); средняя высота водосбора (H_{cp} , м); средний уклон (‰); центр тяжести речного водосбора; густота русловой сети (ρ_0 , км/км²).

Приведены отметки высот истока и устья водотоков в метрах БС, средний и средневзвешенный уклон реки. Средний уклон реки определен как отношение разности высотных отметок истока и устья воды в устье к соответствующей длине водотока. Средневзвешенный уклон реки является условным выровненным уклоном ломаного профиля, равным сумме частных средних уклонов профиля водотока. Извилистость водотоков дана в км/км².

Морфологические характеристики водосборов включают в себя количественные показатели, которые определяют особенности строения водосбора: относительная озерность; распаханность; урбанизированность; относительная лесистость; относительная заболоченность; оледененность.

Все эти характеристики определялись как отношение суммарной площади (лесов, озер, болот и др.) на водосборе к площади всего водосбора. Для получения полноценных данных о местности, рельефе и водной поверхности, для составления топографических планов и профилей водных объектов со всеми их характерными особенностями, для измерения морфометрических характеристик были произведены комплексные полевые работы. Полевые работы не заменяются ни самым полным изучением литературных источников, ни анализом картографических материалов. Полевые работы производились для верификации выполненных идентификационных работ.

Т а б л и ц а 3

**Основные гидрографические характеристики рек и временных водотоков и водосборов
(на примере р. Текес)**

№ п/п	ID водотока	Наименование и тип водотока	Категория: 1 – постоянный; 2 – временный; 3 – теряющийся	Морфометрические характеристики										
				водотоков					водосборов					
				L, км	отметка высот, м БС		уклон реки, ‰		K изв-и	F, км ²	H _{ср.} , м	J _{ср.} , ‰	центр тяжести речного водосбора (СШ; ВД)	ρ ₀ , км/км ²
исток	устье	ср.	ср. взв.											
Бассейн р. Иле и реки ее бассейна														
1	2060002	р. Текес	1	458	3606	792	6,1	17,7	1,74	27550	2547	42,5	42°53'22,321"; 81°29'43,934"	0,08

Т а б л и ц а 4

**Основные гидрографические характеристики рек и временных водотоков и водосборов
(на примере р. Текес)**

№ пп	ID водотока	Наименование и тип водотока	Категория: 1 – постоянный; 2 – временный; 3 – теряющийся	Морфологические характеристики водосбора					
				озерность	распаханность	урбанизированность	лесистость	заболоченность	оледененность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бассейн р. Иле и реки ее бассейна									
1	2060002	р. Текес	1	0,003	0,136	0,008	0,111	0	0,035

Т а б л и ц а 5

Основные сведения о трансграничных реках Балкаш-Алакольского бассейна (на примере р. Текес)

№	ID водотока	Наименование и тип водотока	Порядок водотока	Куда впадает	С какого берега	Расположение		Примечание*
						истока	устья	
1	2060002	р. Текес	1	р. Или	лв	РК	КНР	НТР от РК в КНР

Верификация — это сравнение гидрографических характеристик, полученных с космоснимков и ДЗЗ (дистанционное зондирование Земли) путем обрабатывания ГИС программами, с результатами полевых изысканий и измерений: линейных, высотных и площадных характеристик, с получением погрешностей, переходных коэффициентов.

Рассмотрены трансграничные реки Балкаш-Алакольского бассейна и составлен соответствующий список. Представлена дополненная и уточненная информация о речной системе бассейна и водотоках, где указана порядковая классификация водотоков, сведения относительно принимающего водотока, а также расположение истоков и устьев с учетом их трансграничности. Кроме того, представлена основная информация о морфометрических и морфологических характеристиках водотоков и их водосборов, в том числе данные для сопредельной территории. Дополнительно дается информация о том, пересекает ли водоток Государственную границу или протекает вдоль нее (табл. 6).

Всего на территории Балкаш-Алакольского ВХБ находятся 32 трансграничных водотока.

По всем представленным гидрографическим сведениям о реках и временных водотоках для эффективности и решения ряда задач разработана их веб-версия, в виде «Система цифровых паспортов рек», представляющая собой интерактивную карту со множеством дополнительных модулей (рис. 3).

**Основные морфометрические характеристики трансграничных рек Балкаш-Алакольского бассейна
(на примере р. Текес)**

№	ID водо-тока	Наименование и тип водотока	Характер транс-гранич-ности	Водотоков								Водосборов								
				длина L , км			отметка высот, м БС		уклон реки, ‰		ко-эфф. из-вти	F , км ²			$H_{ср.}$, м			$J_{ср.}$, ‰		
				Все го	РК	СГ	Ис-ток	Ус-тье	ср.	ср. взв		Все го	РК	СГ	Все го	РК	СГ	Все го	РК	СГ
1	2060002	р. Текес	по гра-нице (64,1 км)	458	150	244	3606	792	6,1	17,7	1,74	27550	4549	23001	2547	2640	2525	42,5	23,5	25,9

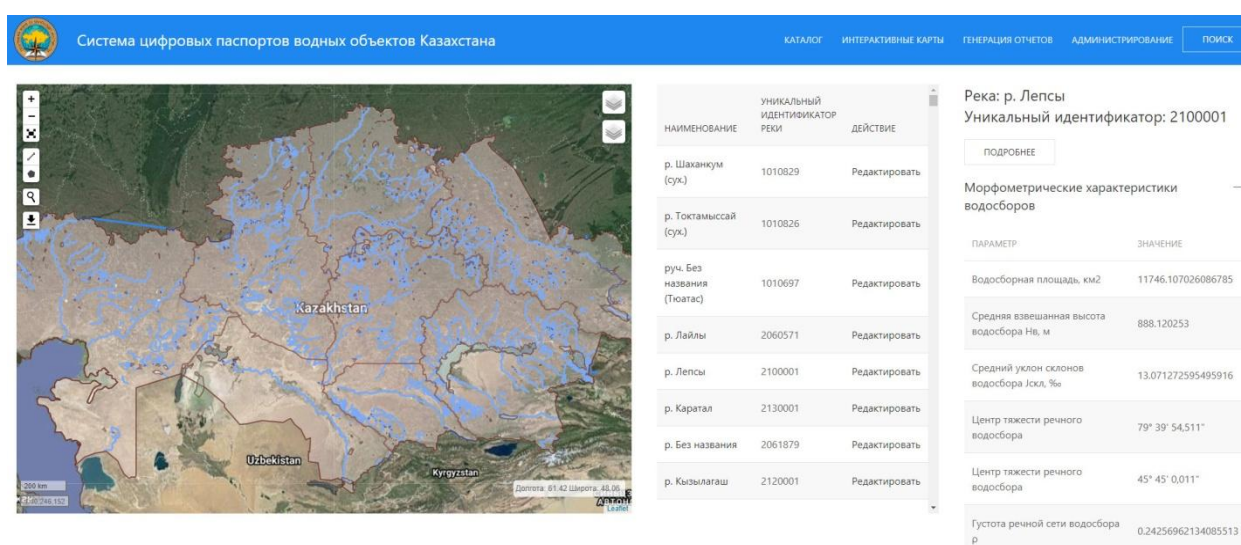


Рисунок 3. Основная веб-страница работы с цифровыми паспортами рек

Веб-версия предназначена для обеспечения автоматизированной работы с данными рек, временных водотоков и их водосборов; предоставляет возможность поиска и навигации по заданным параметрам и характеристикам, в том числе по крупным водоразделам, водосборным и водохозяйственным бассейнам, по административно-территориальному делению.

Данная система имеет отличный потенциал для расширения функциональных возможностей, доработки текущих функций, создания новых функций, модулей, интерфейсов программного взаимодействия (API) с другими системами, в том числе подобными геоинформационными системами.

Заключение

В процессе выполненной работы в Балкаш-Алакольском бассейне стало возможным идентифицировать 4869 рек различной длины, которые по территориально-бассейновой принадлежности и строению гидрографической сети подразделяются на 9 районов. Большинство рек относится к самым малым рекам длиной:

- до 10 км относится 2397 рек;
- к малым от 25 до 100 км — 593;
- к средним от 100 до 500 км — 54;
- к большим рекам длиной 500–1000 км всего 2 реки — р. Иле и Аягоз.

Такая же классификация представлена была в Ресурсах поверхностных вод СССР (Т. 13, 1970 г.), по данным этой монографии самые малые реки длиной до 10 км — 50114, малые — 503, средние — 53, большие — 1. Как видим, после идентификации современными методами и ГИС-технологиями, самых малых рек оказалось значительно меньше, а малые реки на 90 рек, средние и

большие на 1 реку меньше. Это также может быть связано с климатическими условиями, возможно, что малые и средние реки обмелели.

Основные гидрографические сведения в таком расширенном, электронном формате представлены впервые и являются уникальным, оригинальным справочным пособием. Каждая река, водоток идентифицированы и имеют присвоенные идентификаторы (уникальные номера), которые отражают порядок их расположения на гидрографической схеме с учетом административно-водохозяйственной принадлежности, выделены типы водотоков (река, протока, ручей и т.д.), указаны координаты истока и устья водотока, административная принадлежность (область, район), водохозяйственный участок (район, участок). Определены все морфометрические (*площадь, средняя высота водосбора, центр тяжести речного водосбора и густота русловой сети*) и морфологические: *относительная озерность и распаханность, урбанизированность, относительная лесистость, относительная заболоченность и оледененность*) характеристики. Представлены основные сведения по трансграничным рекам: расположение истоков и устьев с учетом их трансграничности, пересекает водоток Государственную границу или протекает вдоль нее.

Представленная информация полезна для специалистов водного профиля, а также государственных органов, принимающих решения в управлении водными ресурсами и занимающихся водохозяйственной инфраструктурой, и может применяться различными заинтересованными пользователями, органами управления водохозяйственной деятельностью.

Список литературы

- 1 Берг Л.С. Предварительный отчет об исследовании оз. Балхаш летом 1903 г. / Л.С. Берг // Изв. Росс. географ. общ-ва. — 1904. — Т. 40, Вып. 4. — С. 584–599.
- 2 Шульц В.Л. Реки Средней Азии / В.Л. Шульц. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 691 с.
- 3 Щеглова О.П. О закономерностях формирования и методе расчета стока в горных бассейнах / О.П. Щеглова // Изв. АН СССР. Сер. География. — 1969. — Вып. 3. — С. 102–110.
- 4 Бералиев З.Т. Гидрологические основы водохозяйственного использования р. Иле / З.Т. Бералиев. — Алма-Ата: Казгидромет, 1960. — 148 с.
- 5 Литовченко А.Ф. К вопросу о питании рек Заилийского Алатау / А.Ф. Литовченко // Тр. Казах. науч.-исслед. гидромет. ин-та. — 1963. — Вып. 18. — С. 120.
- 6 Соседов И.С. Методика территориальных водно-балансовых обобщений в горах / И.С. Соседов. — Алма-Ата: Наука КазССР, 1976. — 154 с.
- 7 Соседов И.С. Водный баланс и водные ресурсы северного склона Жонгарского Алатау / И.С. Соседов. — Алма-Ата: Наука КазССР, 1984. — 152 с.
- 8 Достай Ж.Д. Концепция равновесного природопользования в условиях Иле-Балкашского региона / Ж.Д. Достай, А.А. Турсунов // Вестн. Казах. гос. ун-та. Сер. География. — 1995. — № 2. — С. 12–25.
- 9 Dostaev J. Rational utilization of natural resources in Yili-Balkash areas / J. Dostaev, A.A. Tursunov // The effects of human activities on water resources and environmental Central Asia and evolution of snow resources on Tianshans Mountains. — Urumchy: Science Press, 1997. — P. 34–43.
- 10 Достаев Ж. Водные ресурсы предгорной равнины северного склона Заилийского Алатау // Геогр. проблемы Иле-Балкашского бассейна / Ж. Достаев. — Алматы: Ғылым, 1993. — С. 42–54.
- 11 Емельянова Л.А. Форитрование рек «карасу» восточной части левобережья Илийской долины / Л.А. Емельянова // Биология и география. — Вып. V. — Алма-Ата, 1970. — С. 219–229.
- 12 Жандаев М.Ж. Речные долины / М.Ж. Жандаев. — Алма-Ата: Казахстан, 1984. — 184 с.
- 13 Ресурсы поверхностных вод СССР. — Т. 13. Вып. 2. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 645 с.
- 14 Достаев Ж.Д. Трансформация стока рек северного склона Заилийского Алатау: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. геогр. наук / Ж.Д. Достаев. — Л., 1990. — 31 с.

А.А. Турсунова, С.К. Алимкулов, А.Б. Мырзахметов,
М.А. Канай, А.Ж. Достаева, Г. Исакан

Балқаш-Алакөл су шаруашылық алабының негізгі өзендері мен уақытша су ағындары туралы негізгі гидрографиялық мәліметтер

Мақалада Балқаш-Алакөл су шаруашылық алабындағы өзен желісінің жағдайы туралы негізгі мәліметтер берілген. Олар таулы аймақтарда 5 км-ден және жазық жерлерде 10 км-ден басталатын өзендер мен уақытша су ағындарының тізімінен тұрады, сонымен қатар олардың негізгі морфологиялық және морфометриялық сипаттамалары туралы мәліметтерді қамтиды, осындай мәліметтер тек 1970-ші жылдары берілген, ал 1970-ші жылдардан кейін осындай ауқымды зерттеулер жүргізілмеген. Зерттеудің мақсаты — өзендер мен уақытша су ағындарды идентификациялау, сонымен қатар далалық зерттеулер арқылы және заманауи ГАЖ технологияларының көмегімен негізгі гидрографиялық ақпаратты алу. Қойылған мақсатқа жету үшін заманауи гидрологиялық-геодезиялық жабдықтарды қолдану және ArcGIS құралдары мен бағдарламаларын пайдалана отырып, Sentinel 1,2 спутниктерінің ғарыштық суреттерін дешифрлеу арқылы кешенді дала жұмыстары жүргізілді. Өрбір өзен мен уақытша су ағыны географиялық ақпарат жүйесінде бірегей идентификаторға ие. Деректер базасы гидрология, экология, табиғатты пайдалану саласындағы аймақтық зерттеулерде пайдалануға арналған, сондай-ақ өзендердің мониторингі мен қалпына келтіру, трансшекаралық өзен алаптарында су пайдалануды ұйымдастыру жөніндегі іс-шараларды жүзеге асыру үшін ақпарат көзі болып табылады.

Кілт сөздер: гидрография, өзен жүйесі, су шаруашылық алабы, қайнар көз, саға, геоақпараттық жүйе, бірегей идентификатор, Жерді қашықтықтан зондтау.

A.A. Tursunova, S.K. Alimkulov, A.B. Myrzakhmetov,
M.A. Kanay, A.Zh. Dostaeva, G. Isakan

Basic hydrographic information about the rivers and temporary watercourses of the Balkash-Alakol basin

The article presents basic information about the state of the river network in the Balkash-Alakol basin. They consist of a list of rivers and temporary watercourses from 5 km in mountainous areas and from 10 km in lowland areas, and also include information on their main morphological and morphometric characteristics, which were presented only in the 1970s, after the 1970s such extensive research has not been done. The purpose of the study is to identify rivers and temporary streams, as well as to obtain basic hydrographic information through field surveys and with the help of modern GIS technologies. To achieve the goals, complex field work was carried out using modern hydrological and geodetic equipment and interpretation of space images of Sentinel 1,2 satellites using ArcGIS tools and programs. Each river and temporary watercourse record has a unique feature identifier in the geographic information system. The database is intended for use in regional studies in the field of hydrology, ecology, nature management, and is also an information source for the implementation of measures to monitor and restore rivers, organize water use in transboundary river basins.

Keywords: hydrography, river network, basin, source, mouth, geoinformation system, unique identifier, remote sensing of the Earth.

References

- 1 Berg, L.S. (1904). *Predvaritelnyi otchet ob issledovanii oz. Balkhash letom 1903 g.* [Preliminary report on the study of Balkhash lake in the summer of 1903]. *Izvestiia Rossiiskogo geograficheskogo obshchestva — Proceedings of the Russian Geographical Society*, 40 (4); 584–599 [in Russian].
- 2 Shults, V.L. (1965). *Reki Srednei Azii [Rivers of Middle Asia]*. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].
- 3 Shcheglova, O.P. (1969). *O zakonomernostiakh formirovaniia i metode rasscheta stoka v gornykh basseinakh* [On patterns of formation and method of calculation of runoff in mountain basins]. *Izvestiia AN SSSR. Serii Geografiia — Proceedings of AS USSR, series Geography*, 3; 102–110 [in Russian].
- 4 Beraliev, Z.T. (1960). *Gidrologicheskie osnovy vodokhoziaistvennogo ispolzovaniia r. Ile [Hydrological Basis for Water Management of Ili river]*. Alma-Ata: Kazgidromet [in Russian].

- 5 Litovchenko, A.F. (1963). K voprosu o pitanii rek Zailiiskogo Alatau [On the issue of nutrition of the rivers of the Zailiysky Alatau]. *Trudy Kazakhskogo nauchno-issledovatel'skogo gidrometeorologicheskogo instituta — Proceedings of Kazakh scientific and research hydrometeorological institute*, 18; 120 [in Russian].
- 6 Sosedov, I.S. (1976). *Metodika territorialnykh vodno-balansovykh obobshchenii v gorakh [Method of territorial water-balance generalizations in mountains]*. Alma-Ata: Nauka KazSSR [in Russian].
- 7 Sosedov, I.S. (1984). *Vodnyi balans i vodnye resursy severnogo sklona Zhongarskogo Alatau [Water balance and water resources of the northern slope of Jongar Alatau]*. Alma-Ata: Nauka KazSSR [in Russian].
- 8 Dostai, Zh.D. & Tursunov, A.A. (1995). Kontseptsiiia ravnovesnogo prirodopolzovaniia v usloviakh Ile-Balkashskogo regiona [Concept of Equilibrium Nature Management in the Ile-Balkash Region]. *Vestnik Kazakhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiia — Bulletin of Kazakh State University, series geography*, 2; 12–25 [in Russian].
- 9 Dostaev, J. & Tursunov, A.A. (1997). Rational utilization of natural resources in Yili-Balkash areas. *The effects of human activities on water resources and environmental Central Asia and evolution of snow resources on Tianshans Mountains*. Urumchy: Science Press; 34–43.
- 10 Dostaev, Zh. (1993). Vodnye resursy predgornoi ravniny severnogo sklona Zailiiskogo Alatau [Water resources of the foothill plain of the northern slope of the Zaili Alatau]. *Geograficheskie problemy Ile-Balkashskogo basseina — Geographical problems of the Ilya-Balkhash basin*. Almaty: Gylym; 42–54 [in Russian].
- 11 Emelianova, L.A. (1970). Foritrovanie rek “karasu” vostochnoi chasti levoberezhia Iliiskoi doliny [Fortification of the rivers “karasu” of the eastern part of the left bank of the Ili Valley]. *Biologiia i geografiia — Biology and geography*, V; 219–229 [in Russian].
- 12 Zhandaev, M.Zh. (1984). *Rechnye doliny [River basins]*. Alma-Ata: Kazakhstan [in Russian].
- 13 (1970). *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR [USSR Surface Water Resources]*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 13 (2); 645 [in Russian].
- 14 Dostaev, Zh.D. (1990). Transformatsiia stoka rek severnogo sklona Zailiiskogo Alatau [Transformation of the flow of rivers of the northern slope of the Zaili Alatau]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Leningrad [in Russian].

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT AUTHORS

- Abdreshov Serik** — Candidate of biological sciences, associate professor, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; snabdreshov@mail.ru
- Abdukarimov Ahdumurat** — Senior lecturer, Department of Biology, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan; tarum.65@mail.ru
- Abidkulova Karime Tulegenovna** — Senior lecturer, Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; Karime.Abidkulova@kaznu.kz
- Abikenova Fatima Samitovna** — Candidate of medical sciences, associated professor of Medical University of Karagandy, Karaganda, Kazakhstan; abikenova.pf@mail.ru
- Abukenova Veronica Sergeevna** — Candidate of biological science, associated professor of Zoology Department of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; abu-veronika@yandex.ru
- Aidarkhanova Gulnar Sabitovna** — Doctor of biological sciences, Department of Biology sciences, S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University, Astana, Kazakhstan; exbio@yandex.ru
- Aitkulov Aidar Muratovich** — Candidate of biological sciences, associate professor of Physiology Department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; fiziokar@yandex.ru
- Aitymov Aidos Kaizhanovich** — PhD-Student of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; aidoz@mail.ru
- Alimkulov Sayat Kurbanbayevich** — Candidate of Geographical sciences, Deputy Director for Science of “Institute of Geography and water security” LLP, Institute of Geography and water security, Almaty, Kazakhstan.
- Alimzhanova Aidana Zhandosovna** — PhD-student of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; Alimzhanovaaidana3@gmail.com
- Aliyeva Narmina Tarlan** — PhD in Chemical Sciences, Head of the Department Petrochemical Technologies and Industrial Ecology, Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan; narmina13.72@mail.ru
- Amanzholov Aidyn** — PhD-student, lecturer of Geography Department of the Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; aidyn_1988kz@mail.ru
- Amertayeva Gauhar Askarovna** — PhD-student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; gauhar.a78@mail.ru
- Amirgalieva Almira Smailovna** — Senior Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; almira-71@mail.ru
- Amirova Aigul Kuzembaevna** — Candidate of biological sciences, Senior Lecturer of the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Leading researcher of Laboratories of Plant Physiology and Biochemistry, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan; aigul_amir@mail.ru
- Atazhanova Gayane Abdulkakhimovna** — Doctor of chemical sciences, professor of the school of pharmacy, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; g-atazhanova@mail.ru
- Ataeva Gulshat Mukanovna** — Associate professor of the Department of Biology, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan; a.g.m.67@mail.ru

- Aubakirova Klara** — PhD, senior scientific researcher, M.A. Aitkhozhin Institute of Molecular Biology and Biochemistry, Almaty, Kazakhstan; Karla_78@mail.ru
- Baishagirova Gulbanu Bazarbayevna** — Master student of school of pharmacy, Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan; bayshagirovag@qmu.kz
- Begmanova Mamura Orakbaevna** — Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; bmamura@mail.ru
- Beisembay Aigerim Zhanatqyzy** — PhD-student, Department of Botany, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; aigera9522@mail.ru
- Bekitaeva Aidana Kuandykovna** — Researcher, Laboratory of Animal Genetics and Cytogenetics, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; aidana.bekitayeva@gmail.com
- Bgatova Nataliya** — Doctor of biological sciences, professor, Research Institute of Clinical and experimental Lymphology — branch of Institute of Cytology and Genetics Siberian Branch of Russian Academy of Science, Novosibirsk, Russia; n.bgatova@nsu.ru
- Bisseneva Anar Kazbekovna** — PhD-student of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; anar_pion@mail.ru
- Blyalova Zhanerke Zhakanovna** — Senior assistant of Zoology Department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; zhanerke1807@mail.ru
- Bodeyev Marat Turymovich** — Candidate of biological sciences, Associate Professor of the Department of physical education of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; marat_sport@mail.ru
- Cherednichenko Oksana Gennadievna** — Candidate of biological sciences, leading researcher, Laboratory of Genetic Monitoring, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; cherogen70@mail.ru
- Danilenko Michael Petrovich** — PhD, professor of the Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel; michadan@gmail.com
- Demchenko Georgy** — Doctor of medical sciences, chief researcher, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; georgiidemchenko@mail.ru
- Dostayeva Aigerim Zhakypbayevna** — Researcher, Institute of Geography and water security, Almaty, Kazakhstan; dosik18@mail.ru
- Elshina Kymbat Anaevna** — Assistant, head of Zoology Department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; kymbat_elshina@mail.ru
- Golovanov Dmitry Leonidovich** — Candidate of geographical sciences, Associate Professor of the Department of Geochemistry of Landscape and Geography of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; dm_golovanov@mail.ru
- Iamburov Michael Sergeevich** — Candidate of biological science, director of Siberian botanical garden of Tomsk State University, Tomsk, Russia; yamburov@mail.ru
- Ibadova Sevinj Yadulla** — Candidate of chemical science, Associated professor, Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan; sevinc2206@mail.ru
- Ibadullayeva Akerke** — PhD-student, Master of technical sciences, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; akerke.ibadullayeva@kaznaru.edu.kz
- Isakan Gulsaira** — Researcher, Institute of Geography and water security, Almaty, Kazakhstan; caira_t1412@mail.ru
- Ishmuratova Margarita Yulayevna** — Candidate of biological sciences, professor of botany department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; margarita.ishmur@mail.ru
- Iskakova Zhanar Baktybaevna** — Candidate of chemical sciences, Associate professor, Director of the Research Institute of New Chemical Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; zhanariskakova@mail.ru
- Ismagulova Altynai Bigazinovna** — PhD-student, Department of General and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; altynai14.02@mail.ru
- Kabylbekova Dina** — PhD-student, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan; dna_03@bk.ru

- Kali Almagul** — Candidate of biological sciences, associate Professor, head of Botany Department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; a-aelbekova@mail.ru
- Qanay Makpal Aldibekkyzy** — Junior researcher, Institute of Geography and water security, Almaty, Kazakhstan; qanayeva@gmail.com
- Kapasuly Tilek** — Researcher, Laboratory of Animal Genetics and Cytogenetics, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; tilek.kapas@mail.ru
- Khamdieva Ozada Khakimovna** — Master, Senior Researcher, Laboratory of Experimental Mutagenesis, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; azadahamdieva@gmail.com
- Khamzina Zhanar** — PhD-student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; zh_khamzina@mail.ru
- Kohnert Klaus-Dieter** — Doctor of medical sciences, professor, head of the Institute of Diabetes “Gerhardt Katsch”, Karlsburg, Germany; kohnert@diabetes-karlsburg.de
- Koishekenova Gulshat Akbarovna** — Bachelor, Researcher, Laboratory of Experimental Mutagenesis, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; ms.gulshat7@mail.ru
- Kozhaniyazova Ulbossin** — PhD-student, researcher, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; ulbossin_88@mail.ru
- Kubentayev Serik Argynbekovich** — PhD, Head of the laboratory of flora and plant resources of Astana Botanical Garden, Astana, Kazakhstan; kubserik@mail.ru
- Kulikova Gaukhar Islambekovna** — Master-student in biotechnology of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; gaukhar.kulikova@gmail.com
- Kurbatova Natalia Vladimirovna** — Candidate of biological sciences, Senior Lecturer of the Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; kurbatova_nv77@; nail.ru
- Kurmanbayeva Meruyert Sakenovna** — Doctor of biological sciences, Associate professor, Leading Researcher, Head of the Department Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; kurmanbayevakz@gmail.com
- Kusmangazin Adil Bolatuly** — Master of natural sciences, Researcher, PhD student of the Department Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; adil_06.1996@mail.ru.
- Li Constantin Grigoryevich** — Candidate of biological science, Senior Researcher of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; lee11@mail.ru
- Litvinov Yuri Narcissovich** — Doctor of biological sciences, Professor, Head of Laboratory of Vertebrate Animal Communities Ecology, Institute of Systematic and Ecology of Animals, Novosibirsk, Russia, litvinov@eco.nsc.ru
- Madiyeva Aida Narimanovna** — PhD-student of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; madiyevaaida@mail.ru
- Mamedova Rana Isgender** — Candidate of chemical sciences, Associate professor, Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan; maxmudrena1946@mail.ru
- Mamurova Asem Tleuzhanovna** — PhD, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; amamurova81@mail.ru
- Meyramov Gabit Gabdullovich** — Doctor of medical sciences, professor of Zoology Department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; meyramow@mail.ru
- Meyramova Aizhan Gabitovna** — Candidate of medical sciences, senior-assistant of Department of Pharmacology of Bolashaq academy, Karaganda, Kazakhstan; abdraimova 1981@mail.ru
- Mit Natalya Viktorovna** — Candidate of biological sciences, Head of Molecular Genetics Laboratory of the Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; nata-mit@yandex.kz
- Moldekova Irina Zhumabaevna** — Senior lecturer, Department of Biology, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan; irinamol1234@mail.ru

- Musaeva Aizhan Seilkanovna** — Candidate of biological sciences, leading researcher, Laboratory of Animal Genetics and Cytogenetics, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; aimus_@mail.ru
- Mylnbaeva Dana Omarovna** — Master of natural sciences, PhD-student of Al-Farabi Kazakh National University, junior researcher of laboratories of Physiology and biochemistry of plants, Institute of plant biology and biotechnology, Almaty, Kazakhstan; dana_1206@mail.ru
- Myrzabaev Amanay Baiturumovich** — Candidate of pedagogical sciences, Professor of the Zoology Department of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; mba_57@mail.ru
- Myrzakhmetov Akhan Bakytovich** — PhD, senior researcher, Institute of Geography and water security, Almaty, Kazakhstan; ahan_myrzakhmetov@mail.ru
- Nuraliev Serikbai Kenzhebaevich** — PhD, Senior Researcher, Laboratory of Genetic Monitoring, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; nur-kenzhe@mail.ru
- Osmonali Bektemir Birimkululy** — PhD-student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; be96ka_kz@mail.ru
- Ospanova Ainagul Kenzheshovna** — Candidate of biological sciences, professor, 6B01550 Biology; Head of the Department of Science and Commercialization, Pavlodar Pedagogical university, Pavlodar, Kazakhstan; ospain@mail.ru
- Pilyugina Anastasia Leonidovna** — Master, Researcher, Laboratory of Genetic Monitoring, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; labgenmon@mail.ru
- Pogossyan Gayane Pavlovna** — Candidate of biological science, professor of botany department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; gayane_63@mail.ru
- Protas Valeriya Viktorovna** — PhD-student of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; akimasix@mail.ru
- Sadigov Ramil Ali** — PhD in agrarian sciences, Associate professor, Azerbaijan State University of Economics-UNEC, Department of Engineering and Applied Sciences, Baku, Azerbaijan; ramil_sadiqov-1983@mail.ru
- Sadyr Gulim A.** — Senior lecturer of Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan; sadyr-g-a@mail.ru
- Sadyrov Galym A.** — PhD, senior lecturer of University of International Business, Almaty, Kazakhstan; g-sadyr@mail.ru
- Sadyrova Gulbanu A.** — Doctor of biological science, associated professor, Al-Farabi Kazakh National University, International engineering technological University, Almaty, Kazakhstan; gulbanu-s@mail.ru
- Sadyrova Gulnara Aueskhanovna** — Candidate of economic sciences, senior lecturer, International engineering technological university, Almaty, Kazakhstan; gsadyrova@bk.ru
- Sarkytbayeva Aisulu Karimkazhiyevna** — Master of Natural Sciences, Junior Researcher, PhD student of the Department Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; sarkytbaeva.aisulu@gmail.com
- Saskebay Aset Kambaruly** — Head of the Department of Scientific Information and Monitoring. Irgiz-Turgay State Natural Reserve, Aktobe, Kazakhstan; Irgiz-Turgai GPR@mail.ru
- Sayakova Zaure Zinurovna** — Senior researcher of State Natural Reserve “Ile-Balkhash”, Ile, Kazakhstan; zzsayakova@mail.ru
- Shalabayeva Aida** — Master of engineering science, teacher of Biotechnology and Microbiology Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; aidaoka@mail.ru
- Shaybek Altynay Zhuparovna** — PhD, head of Zoology Department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; altu_ekosya@mail.ru
- Shynybekova Sholpan** — Candidate of biological sciences, senior lecturer, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan; sholpan_63@inbox.ru
- Silantyeva Marina Mihailovna** — Professor, doctor of biological science, Altai State University, Barnaul, Russian Federation; msilan@mail.ru

- Smagulov Marlen Kemelbekovich** — Candidate of biological sciences, senior researcher, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; marlenkemel@mail.ru
- Spanbaev Aidar Demeubayevich** — PhD, association professor of biological sciences, Department of General and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; spanbayev@gmail.com
- Syrymbetov Serim Tynyshtykbaevich** — Senior lecturer, Department of Biology, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan; serim2117@mail.ru
- Temireeva Kynishan Slyamgasievna** — Senior-assistant of the Department of Pharmacology of Bolashaq Academy, Karaganda, Kazakhstan; abdraymova1981@mail.ru
- Tleukenova Saltanat Ushkempirovna** — Candidate of biological science, associated professor of Botany Department of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; damir—6@mail.ru
- Tolebaeva Anar Duisembekovna** — Master, Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan; tolebaeva_anara@mail.ru
- Tulakpayeva Saltanat** — PhD-student of Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; tsalltanat123@gmail.com
- Tulegenova Zhanar** — PhD, association professor of Biotechnology and Microbiology Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, zhan.ta@mail.ru
- Turalin Bauyrzhan Alpysbayuly** — Lecturer of the Biology Department, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan; bauke_1982@mail.ru
- Tursunova Aisulu Alashevna** — Candidate of geographical sciences, head of laboratory of water resources, Institute of Geography and water security, Almaty, Kazakhstan; ais.tursun@bk.ru
- Urbaniak Jacek** — Candidate of biological sciences, professor of University of Natural Sciences and the environment, Wroclaw, Poland; jacek.urbania@upwr.edu.pl
- Usenbekov Bakdaulet Naubaevich** — Head of Laboratories of Plant Physiology and Biochemistry, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; bakdaulet7@yandex.kz
- Yerzhanov Nurlan Telmanovich** — Doctor of Biological Sciences, Professor, Vice-rector on Scientific Work and International Cooperation of Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan, dirni@mail.ru
- Yeszhanov Aidyn Baurzhanovich** — Ph.D, head of laboratory of arachnology and other invertebrates, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; aidyn.eszhanov@gmail.com
- Zakanova Assel Nauryzbaevna** — PhD-student, Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan, assel.biology@gmail.com
- Zaypanova Saule Bazarbaevna** — Bachelor, Researcher, Laboratory of Experimental Mutagenesis, Institute of Genetics and Physiology, Almaty, Kazakhstan. iD ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3609-5860>; e-mail: saule1kz@mail.ru
- Zhumagul Moldir Zhakypzhanovna** — Master of natural sciences, Researcher, PhD student of the Department Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; mzhakypzhan@mail.ru
- Zhunusbayeva Zhazira Kabulovna** — Candidate of biological sciences, Head of the Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; zhazira.zhunusbayeva@kaznu.edu.kz
- Zhuzbaeva Gulmira Okibaevna** — Candidate of biological sciences, docent of Zoology department, Karagandy University of the name of academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan; gulmirago@mail.ru
- Zinner Nadezhda Sergeevna** — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Biology, Tomsk State University; zinner@inbox.ru
- Zlatanov Boris Vasiljevich** — Candidate of biological sciences, Senior researcher, Institute of zoology, Almaty, Kazakhstan; bor.zlat@mail.ru