

ISSN (Print) 2616-7255

ISSN (Online) 2663-2489

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы

BIOSCIENCE Series

Серия БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 4(145)/2023

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2023

Astana, 2023

Астана, 2023

Бас редакторы Р.І. Берсімбаев
ҚР ҰҒА академигі, б.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

Бас редактордың орынбасары Ж.К. Масалимов
б.ғ.к., доцент, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

Редакция алқасы

Акильжанова А.Р.	м.ғ.д., PhD, Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
Аликулов З.А.	б.ғ.к., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
Аскарова Ш.Н.	б.ғ.к., PhD, Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
Ау У.	PhD, проф., Техас университеті, Техас (АҚШ)
Бисенбаев А.К.	б.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі, Өл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы (Қазақстан)
Здунек-Застока Э.	PhD, проф., Варшава жаратылыстану ғылымдары университеті, Варшава (Польша)
Изотти А.	PhD, проф., Генуя университеті, Генуя (Италия)
Ильдербаев О.З.	м.ғ.д., проф., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
Коломиец М.	PhD, проф., Техас университеті, Техас (АҚШ)
Константинов Ю.М.	б.ғ.д., проф., Иркутск мемлекеттік университеті, Иркутск (Ресей)
Курманбаева А.Б.	PhD, оқытушы-зерттеуші, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана (Қазақстан)
Позо М.Х.	PhD, Испания ұлттық зерттеу кеңесінің Zaidin тәжірибелік станциясы, Гранада (Испания)
Рубцов Н.	б.ғ.д., проф., Цитология және генетика институты, Новосібір (Ресей)
Саги М.	PhD, проф., Бен Гурион атындағы Негев университеті, Беэр-Шева (Израиль)
Сарбасов Д.Д.	PhD, проф., Назарбаев университеті, Астана (Қазақстан)
Тарлыков П.В.	PhD, зертхана меңгерушісі, Ұлттық биотехнология орталығы, Астана (Қазақстан)
Халилов Р.И.	ф.-м.ғ.д., Баку мемлекеттік университеті, Баку (Әзірбайжан)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: eurjournbio@enu.kz
Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: А.Бекбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы

Меншіктенуші: КеАҚ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті»

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген
02.02.2021ж. № KZ11VPY00031938 қайта есепке қою туралы куәлігі

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі 13/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

Editor-in-Chief **R.I. Bersimbaev**
Academician of NAS RK, Doctor of Biological Sciences, Prof.,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Deputy Editor-in-Chief: **Zh.K. Masalimov,**
Candidate of Biological Sciences, Associate professor,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Editorial board

Akilzhanova A.R.	Doctor of Medical Sciences, PhD, Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)
Alikulov Z.A.	Prof., Can. of Biological Sciences, L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)
Askarova Sh.N.	PhD, Can. of Biological Sciences, Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)
Au W.	PhD, Prof., University of Texas, Texas (USA)
Bisenbayev A.K.	Doctor of Biological Sciences, Prof., Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty (Kazakhstan)
Zdunek-Zastocka E.	PhD, Prof, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw (Poland)
Izzotti A.	PhD, Prof., University of Genoa, Genoa (Italy)
Ilderbayev O.Z.	Doctor of Medical Sciences, Prof., L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)
Kolomiec M.	PhD, Prof., University of Texas, Texas (USA)
Konstantinov Yu.M.	Doctor of Biological Sciences, Prof., Irkutsk State University, Irkutsk (Russia)
Kurmanbayeva A.B.	PhD, teacher-researcher, L.N. Gumilyov ENU, Astana (Kazakhstan)
Pozo M.J.	PhD, Zaidin Experimental Station of the Spanish National Research Council, Granada (Spain)
Rubtsov N.	Doctor of Biological Sciences, Prof., Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk (Russia)
Sagi M.	PhD, Prof., Ben Gurion University of the Negev, Beer Sheva (Israel)
Sarbassov D.D.	PhD, Prof., Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)
Tarlykov P.V.	PhD, Head of the Laboratory, National Center for Biotechnology, Astana (Kazakhstan)
Khalilov R.I.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Baku State University, Baku (Azerbaijan)

Editorial address: 2 Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Kazakhstan, 010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: eurjourbio@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: Aliya Bekbayeva

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. BIOSCIENCE Series

Owner: Non-profit joint-stock company «L.N. Gumilyov Eurasian National University»

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan

Rediscount certificate № KZ11VPY00031938 from 02.02.2021

Address of Printing Office: 13/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: <http://bulbio.enu.kz>

*Главный редактор **Р.И. Берсимбай**
профессор, д.б.н., академик НАН РК, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

*Зам. главного редактора **Ж.К. Масалимов**
к.б.н., доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

Редакционная коллегия

Акильжанова А.Р.	д.м.н., PhD, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
Аликулов З.А.	к.б.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
Аскарова Ш.Н.	к.б.н., PhD, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
Ау У.	PhD, проф., Техасский университет, Техас (США)
Бисенбаев А.К.	д.б.н., проф., академик НАН РК, КазНУ имени аль-Фараби, Алматы (Казахстан)
Здунек-Застока Э.	PhD, проф., Варшавский университет естественных наук, Варшава (Польша)
Изотти А.	PhD, проф., Университет Генуя, Генуя (Италия)
Ильдербаев О.З.	д.м.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
Коломиец М.	PhD, профессор, Техасский университет, Техас (США)
Константинов Ю.М.	д.б.н., проф., Иркутский государственный университет, Иркутск (Россия)
Курманбаева А.Б.	PhD, преподаватель-исследователь, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана (Казахстан)
Позо М.Х.	PhD, Экспериментальная станция Zaidin Испанского национального исследовательского совета, Гранада (Испания)
Рубцов Н.	д.б.н., профессор, Институт цитологии и генетики, Новосибирск (Россия)
Саги М.	PhD, профессор, Университет имени Бен-Гуриона в Негеве, Беэр-Шева (Израиль)
Сарбасов Д.Д.	PhD, профессор, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)
Тарлыков П.В.	PhD, заведующий лабораторией, Национальный центр биотехнологии, Астана (Казахстан)
Халилов Р.И.	д.ф.-м.н., Бакинский государственный университет, Баку (Азербайджан)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2,
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: eurjourbio@enu.kz
Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А.Бекбаева

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Собственник: НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева»

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Свидетельство о постановке на переучет № KZ11VPY00031938 от 02.02.2021г.

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажымукана, 13/1,

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428). Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

© Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ.
БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР СЕРИЯСЫ

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY.
BIOSCIENCE SERIES

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ Л.Н. ГУМИЛЕВА.
СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

№ 4 (145)/2023

МАЗМҰНЫ/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ

- Байқара Б.Т., Садуакасова М.А., Акшалова П.Б., Султанов А.А.** Құстар миграциясының құс тұмауы вирусының Қазақстанда таралуына әсері
Baikara B.T., Saduakassova M.A., Akshalova P.B., Sultanov A.A. Impact of bird migration on the spread of avian influenza in Kazakhstan
Байқара Б.Т., Садуакасова М.А., Акшалова П.Б., Султанов А.А. Влияние миграции птиц на распространение вируса птичьего гриппа в Казахстане 7
- Наекова С.К., Сармурзина З.С., Салхожаева Г.М., Текебаева Ж.Б., Мамытбекова Г.К.** *Lenzites betulina* базидиальді саңырауқұлағының микробқа қарсы белсенділігін арттыруда оңтайлы өсіру жағдайларын таңдау
Nayekova S.K., Sarmurzina Z.S., Salkhozhayeva G.M., Tekebayeva Zh.B., Mamytbekova G.K. Selection of optimal cultivation conditions to increase the antimicrobial activity of the basidial fungus *Lenzites betulina*
Наекова С.К., Сармурзина З.С., Салхожаева Г.М., Текебаева Ж.Б., Мамытбекова Г.К. Подбор оптимальных условий культивирования для повышения антимикробной активности базидиального гриба *Lenzites betulina* 19
- Мырзағалиева А.Б., Самарханов Т.Н., Нұрсафина А.Ж., Болгибаева А.Б.** Биік қараандыздың (*Inula helenium* L.) Шығыс Қазақстан аумағындағы табиғи ресурстары
Myrzagaliyeva A.B., Samarkhanov T.N., Nursafina A.Zh., Bolgibayeva A.B. Natural resources of *Inula helenium* L. on the territory of East Kazakhstan
Мырзағалиева А.Б., Самарханов Т.Н., Нұрсафина А.Ж., Болгибаева А.Б. Природные ресурсы девясила высокого (*Inula helenium* L.) на территории Восточного Казахстана 34
- Кощанова Г.Р., Сагиндыкова Э.У., Шуакбаева Р.С., Семирханова Д.К., Мүкүшев Б.А.** Экологиялық жүйедегі екі биологиялық түрлердің популяцияларының өзара әрекеттесуін математикалық модельдеу
Koshchanova G.R., Sagindykova E.U., Shuakbaeva R.S., Semirkhanova D.K., Mukushev B.A. Mathematical modeling of the interaction of populations of two biological species in an ecological system
Кощанова Г.Р., Сагиндыкова Э.У., Шуакбаева Р.С., Семирханова Д.К., Мукушев Б.А. Математическое моделирование взаимодействия популяций двух биологических видов в экологической системе 43
- Аникина И.Н., Кусаинов А.А., Жагипарова М.Е., Инсебаева М.К.** Картоп өсімдіктерінің морфогенезін реттеуші ретінде өсірудің температуралық факторы *in vitro*
Anikina I.N., Kussainov A.A., Zhagiparova M.E., Insebaeva M.K. The temperature factor of cultivation as a regulator of potato plant morphogenesis *in vitro*
Аникина И.Н., Кусаинов А.А., Жагипарова М.Е., Инсебаева М.К. Температурный фактор культивирования как регулятор морфогенеза растений картофеля *in vitro* 54

- Сұлтанғазина Г.Ж., Куприянов А.Н.** «Каменное» көлі шапқалындағы ботаникалық табиғи ескерткішінің флористикалық құрамы (Қостанай облысы)
Sultangazina G.J., Kuprijanov A.N. Floral composition of the botanical natural monument “Kamenny lake tract” (Kostanay region)
Султангазина Г.Ж., Куприянов А.Н. Флористический состав ботанического памятника природы «урочище Каменное озеро» (Костанайская область) 63
- Исмагулова А.Б., Спанбаев А.Д., Наекова С.К., Салхожаева Г.М., Сармурзина З.С.** *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлақтан алынған экстрактың *Botrytis cinerea* және *Fusarium oxysporum* фитопатогендеріне антифунгалдық әсері
Ismagulova A.B., Spanbaev A.D., Nayekova S.K., Salkhozhayeva G.M., Sarmurzina Z.S. Antifungal effect of *Gliocladium catenulatum* mushroom extract on phytopathogens *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea*
Исмагулова А.Б., Спанбаев А.Д., Наекова С.К., Салхожаева Г.М., Сармурзина З.С. Противогрибковое действие экстракта гриба *Gliocladium catenulatum* на фитопатогены *Fusarium oxysporum* и *Botrytis cinerea* 71
- Муханбетжанов Н.А., Муханбетжанова Ж.Е., Кожаметов С.С., Кушугулова А.Р.** Лактозаға төзбеушілік кезінде ішек микробиотасын модуляциялаудағы пробиотиктердің рөлі
Mukhanbetzhanov N.A., Mukhanbetzhanova Zh.Ye., Kozhakhmetov S.S., Kushugulova A.R. The role of probiotics in the modulation of intestinal microbiota in lactose intolerance
Муханбетжанов Н.А., Муханбетжанова Ж.Е., Кожаметов С.С., Кушугулова А.Р. Роль пробиотиков в модуляции кишечной микробиоты при непереносимости лактозы 86
- Крупа Е.Г., Аубакирова М.О., Аргынбаева Е.М., Романова С.М.** Солтүстік Тянь-Шань таулы су айдындарының зоопланктон құрылымы және гидрохимиялық сипаттамалары
Krupa Ye.G., Aubakirova M.O., Argynbayeva Ye.M., Romanova S.M. Zooplankton structure and hydrochemical characteristics of mountain reservoirs of the northern Tien-Shan
Крупа Е.Г., Аубакирова М.О., Аргынбаева Е.М., Романова С.М. Структура зоопланктона и гидрохимическая характеристика горных водоемов Северного Тянь-Шаня 97
- Берденов Ж.Г., Нурсафина А.Ж., Инкарова Ж.И., Дмитриев П.С., Асылбеков К.М., Сагинов К.М.** Астана қаласының саябақ аймақтарының флорасын талдау
Berdenov Zh.G., Nursafina A.Zh., Inkárova Zh.I., Dmitriev P.S., Asylbekov K.M., Saginov K.M. Analysis of the park areas flora in Astana
Берденов Ж.Г., Нурсафина А.Ж., Инкарова Ж.И., Дмитриев П.С., Асылбеков К.М., Сагинов К.М. Анализ флоры парковых зон города Астаны 109
- Акбаева Л.Х., Панғалиев Е.М., Мамытова Н.С., Кобетаева Н.К., Кыздарбекова Г.Т.** Қарағанды облысы Үлкен Сарыкөл көлінің гидроэкологиялық көрсеткіштері
Akbaeva L.Kh., Pangaliev E.M., Mamytova N.S., Kobetayeva N.K., Kyzdarbekova G.T. Hydroecological indicators of Lake Bolshoy Sarykol, Karaganda region
Акбаева Л.Х., Панғалиев Е.М., Мамытова Н.С., Кобетаева Н.К., Кыздарбекова Г.Т. Гидроэкологические показатели озера Большой Сарыколь Карагандинской области 120
- Бабенко А.С., Безруков Д.В., Воробьев Д.С.** Мұнай өнімдерімен ластанған шөгінділерді өңдеу үшін вермикультураны қолдану
Babenko A.S., Bezrukov D.V., Vorobiev D.S. Use of vermiculture for processing bottom sediments contaminated with petroleum products
Бабенко А.С., Безруков Д.В., Воробьев Д.С. Использование вермикультуры для переработки донных отложений, загрязненных нефтепродуктами 133



Б.Т. Байқара^{1,2*}, М.А. Садуакасова¹, П.Б. Акшالова¹,
А.А. Султанов¹

¹Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринарлық институты, Алматы, Қазақстан

²әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: baikara.barshagul@gmail.com

Құстар миграциясының құс тұмауы вирусының Қазақстанда таралуына әсері

Аңдатпа. Құс тұмауы үй құстары үшін белгілі ірі қауіпті аурудың бірі болып табылады. Құс фабрикаларындағы тұмау ауруының таралуы әдетте үй құстарының барлық популяциясының толықтай жойылу себебінен, барлық дүние жүзі бойынша елеулі экономикалық шығындарға әкеп соқтыруда. Қоныс аударатын құстар, әсіресе суда жүзетіндер, құс тұмауы вирусының табиғи резервуары болып табылады. Олар қоныс аудару жолында патогенділігі жоғары вирустардың пайда болуына әкеп соғатын, антигенді дрейф пен антигендік жылжу тудыратын вирустың әр түрлі штаммдарымен өзара алмасады және таратады. Олардың маусымдық қоныс аударуы вирус популяциясының генетикалық құрылымының қалыптасуында маңызды рөл атқарады. Бұл құс тұмауы вирусының эволюциясы жайлы өзекті білімді жалғастырып және жаңа эпизоотикалық және эпидемиялық ауру ошақтарын алдын алу үшін әр түрлі аумақтарда үнемі мониторинг жүргізуді талап етеді.

Түйін сөздер: құс тұмауы вирусы, қоныс аударатын су құстары, жоғары патогенді құс тұмауы, тұмаудың мониторингі, үй құстары.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-7-18>

Кіріспе

Қоныс аударатын құстар әр түрлі зоонозды агенттердің географиялық таралуында маңызды рөл атқарады. Осы агенттердің ішінде құс тұмауы вирусының (ҚТВ) құстардың маусымдық көшіп-қонуы кезінде үлкен қашықтықтарға таралатындығы көрсетілді [1]. Жабайы, әсіресе суда жүзетін құстар ҚТВ негізгі резервуарлы қожайыны болып табылады және үй жануарлары мен адамдар арасында пандемикалық құбылыстардың туындауына себепкер. Жабайы суда жүзетін құстар көшу кезінде алыс қашықтыққа ұшады. Бұл ұшу құстарға ҚТВ жұқтыруға да, таратуға да мүмкіндік береді. Сондықтан да, ҚТВ құрлық ішінде және құрлық аралық таралуын түсіну, тұмау ошағын бақылаудың сәтті стратегиясын жасап шығару мен олардың зардабын төмендетуде шешуші рөл атқарады. Қазақстанда көптеген құс түрлері солтүстіктен оңтүстікке бойлай мерзімдік миграциялық қозғалыстар жасайды, ол вирустың үлкен аумаққа таралуына мүмкіндік береді. Бірақ құстардың осындай ұшу жолдарының ҚТВ популяциясының генетикалық құрылымының түзілуінде қандай қызмет атқаратындығы анықталмай отыр [2].

Өкінішке орай, Қазақстанда құстардың қоныс аудару сипаты жайлы мәселе айтарлықтай егжей-тегжейлі тәжірибелік зерттеуге ұшыратылмаған. Құстардың орын ауыстыруы жайлы қолда бар талдаулар көпшілігі көзбен бақылау негізінде жасалынғандығын дәлелдейді. Қазақстанның ұлан ғайыр аумағы мен бақылаудың аздығын ескергенде, ол бақылаулар құстардың миграциясы мен олардың ұя салуына қатысты мәселелерге толыққанды жауап бере алмайды [3]. Сондықтан да болашақта біз осы мәселе төңірегінде терең зерттеулер жүргізуді және ҚТВ таралу динамикасына мониторинг жүргізе отырып, оны болдырмау жолдарын қарастыруды қолға алу ойда бар.

Жарияланған зерттеулерге сүйенсек, ҚТВ әр түрлі құс түрлерінің арасында таралуы алуан-түрлі, сонымен қатар географиялық және уақыттық айырмашылықтар бар [4].

ҚТВ жиілігінің осылай ауытқуы құстардың қабылдағыштығы, климаттың әсері мен популяцияның динамикасын қосқанда жұғу динамикасының гетерогенді сипатына, сонымен қатар құстардың аялдауы, тамақтануы мен көбею сияқты осы суда жүзетін құстардың экологиялық тәртібінің нәтижесі болуы мүмкін. Осылайша, суда жүзетін құстардың алыс қашықтыққа көшуі инфекцияның таралуында маңызды рөл атқарады, бірақ құс тұмауының жаһандық штаммларының көп түрлерге жұғу динамикасымен байланысын әлі де зерттеу керек.

Көптеген көшпелі құстар жыл сайын бір ұшу жолын пайдалану үрдісі бар. Бұл ұшу жолдарының салыстырмалы түрде тар географиялық ұшу облысы болуы мүмкін, бірақ түр ареалына қатысты кең аумақтарды алып жатуы да ықтимал. Екінші жағынан, құстарға сақина салғаннан кейін және басқа да зерттеулерден соң, жекелеген дарақтар жыл сайын бір ұшу жолы мен тоқтайтын орынды пайдаланатындығы белгілі болды. Бұл көптеген суда жүзетін және су маңында мекендейтін, сонымен қатар торғайлар жасағының майда құстарына да тиесілі.

Популяцияда таралған вирустың далалық мониторингін ең тиімді жүргізу үшін, қоршаған ортадағы вирус бөлшектерінің тұрақтылығы, жұғу механизмдері мен инфекциялық шамасы туралы сенімді білімге ие болуымыз керек. Тұмау вирионы екі қабатты липидті қабықпен жабылған рибонуклеин қышқылы болып табылады. Құстар арасындағы құс тұмауы жұғуының негізгі жолы – нәжіс және ауызбен [5, 6]. Вирус бөлшектерінің нәжістегі және қоршаған ортада бос түрдегі (көбіне судағы) тұрақтылығы вируленттілік тұрғысынан, сонымен қатар далалық зерттеулер тұрғысынан бірінші кезекті мәнге ие. Көшіп-қонатын құстар тұрақтайтын және демалатын уақытта биотоптарға тән қоршаған орта жағдайында вирустың ұзақ сақталғыштығы мен оның инфекциялық қабілетінің сақталуы негізгі алаңдауды тудырады. Өткен ғасырдағы ҚТВ бойынша үйрек нәжісіндегі классикалық зерттеу болжамы бойынша нәжіс материалындағы вирустар жұққыштығын 4 °C ортада кем дегенде 30 күн және 20 °C-та 7 күн аралығында сақтайды [7].

Солтүстік Американың, атап айтқанда Аляска, Миннесота мен Луизиананың солтүстік сулы-батпақты алқабындағы зертханалық әдістермен үйлестірілген далалық зерттеулері вирустың табиғаттағы тіршілікке қабілеттілігін бағалауға мүмкіндік берді. ҚТВ бар үйректің клоакальді және ауыз жұтқыншақ жағындыларының қос үлгілері су үлгілерінің инокуляциясы үшін пайдаланылды, кейін оларды қатарлас зертхана жағдайында және батпақтанған аймақта сақталды (кейінгілерін тесілген шойын бөшектерде сақталынды). Тәжірибе 200 күннен аспады және қыс мезгілін қоса жүргізді. Аляска мен Миннесотаның далалы аймағынан жиналған үлгілерді қалыпты температурада беттік суларда сақтау кезінде вириондар жұққыштығын жеті айдан астам уақытта сақтайтынын анықтады, дегенмен олар уақыт өте вирус белсенділігі сақтала отырып, үлгі мөлшерінің баяу азаюын көрсеткен. Солтүстік сулы-батпақты алқапта төмен температура (0 °C-қа жақын) мен бейтарап рН физикалық жағдайда ҚТВ жұққыштығын сақтаған [8]. Бұл нәтижелер сулы орта ҚТВ маңызды резервуары болып табылатындығын көрсетеді.

Құс тұмауы вирусына түсінік

ҚТВ ортомиксовирустар тұқымдасының Influenza A туысына жатады. Бұл вирусының сегіз гендік сегменті бар, PB2, PB1, PA, HA, NP, NA, M және NS, олардың арасында HA

(гемагглютинин) мен NA (нейраминидаза) ең маңыздысы болып табылады және осы вирустардың патогенділігі үшін шешуші рөл атқарады. NA гені вирус бөлшегінің рецептор-қожайынға жабысуын реттейді, ал NA гені вирус ұрпағының қожайын-клеткаға кіруін реттейді [9]. Соңғы жылдары үй және жабайы құстар арасында жоғары патогенді құс тұмауы ошағы санының күрт өсуі орын алды. ҚТВ бірнеше подтиптері, атап айтқанда H5, H7 және H9, түр аралық барьерден өтіп, сүтқоректілерді, сонымен қатар адамға жұғып, өлімге душар қылды [10].

Вирустың вируленттілік ерекшелігінің негізінде оларды екі топқа бөуге болады:

- төменгі патогенді құс тұмауы (ТПҚТ) құстарда ауру белгілерін тудырмайды немесе ол жеңіл формада көрінеді (мысалы, қауырсынның үрпиуі мен жұмыртқалаудың азаюы). Үй құстарының жұққан кейбір төменгі патогенді вирустар жоғары патогенді құс тұмауы вирусына мутациялануы мүмкін;

- жоғары патогенді құс тұмауы (ЖПҚТ) жұққан құста ауру ауыр формада өтеді және көп жағдайда өлімге душар қылады. ҚТВ кейбіреулері, H5 пен H7 ғана ЖПҚТ деп жіктеледі, ал құстар арасында тараған H5 пен H7 подтиптерінің көпшілігі ТПҚТ болып табылады. ЖПҚТ вирусының инфекциясы құстың бірнеше ішкі ағзаларын зақымдап, 48 сағат ішінде олардың 90%-нан 100%-ға дейінгі өлімін тудырады. Бірақ үйректерге вирус аурудың қандай да бір белгісі байқалмастан жұғуы мүмкін. ЖПҚТ үй құстарынан жабайы құстарға да жұғып, оның әрі қарай географиялық таралуына әкеп соғуы әбден мүмкін.

Вирус көп жағдайда қоныс аударатын жабайы құстардан, әсіресе үйректер мен қаздардан тарайды (сурет 1). Әдетте, ауру симптомы жоқ құстар вирусты ауданнан ауданға тасиды және оны нәжісімен бөліп шығарады. Үй құстары, әсіресе түйетауықтар, ЖПҚТ жылдам жұқтырады және жаппай қырылады. Құс тұмауы негізінен ауру жұқтырған құс пен сау құс арасында тікелей байланыс орнаған кезде таралады. Ол құс қондырғылар немесе материалдармен (су мен жемді қосқанда) байланысқан кезде, ауру жұқтырған құстардың нәжісі немесе мұрыны не аузынан бөлінген сілекей арқылы да берілуі мүмкін. Адамдар да вирусты киімі, аяқ киімі немесе көлігінің дөңтелегімен ауруды фермадан фермаға жанама таратуы мүмкін. Жабайы құстар әдетте вирусты өздері ауырмай таратуы ықтимал. Алайда, жабайы құстар тобы аурған немесе көшіп-қонатын құстар ұшу жолында жергілікті құс топтарына вирусты жұқтырған бірнеше сирек жағдайлар орын алған. Қазіргі уақытта бұл өзгеріс не себепті орын алғандығы зерттелу үстінде.



Сурет 1. Қоныс аударатын суда жүзетін құстардан ҚТВ таралу жолдары

Осылайша, құс тұмауы қоғамды денсаулық сақтаудың негізгі проблемасы болып табылады. ЖПҚТ негізінен H5 және H7 подтиптерімен шектелген, және осы вирустарды жұқтыру үй құстарының қабылдағыш түрлерінің 100% өліміне әкеліп соғады. ТПҚТ көздің жасаурауы мен мұрыннан су ағу және инфраорбиталды қуыстың ісігі сияқты респираторлы симптомдарды тудыруы мүмкін.

ҚТВ эпизоотологиясы мен зоонозды ошақтары

ЖПҚТ H5N1 Азияда алғаш рет 1996 жылы тіркелді [10] және кейін Еуропа, Таяу Шығыс пен Африкаға таралып, көптеген адам өлімі мен жылдам даму үстіндегі азиялық құс шаруашылығы саласына ірі экономикалық шығын келтірді. ЖПҚТ H5N1 вирусының құстардан адамға және адамнан адамға жұғу қабілеті төмен болғандығына қарамастан, эпидемия басталғаннан кейін адамдар арасында тіркелген жоғары өлім-жітім мен H5N1 вирусы құстардың миграциялық жолдары арқылы пандемияға айналуы айтарлықтай қорқыныш тудырды [11]. Цинхайлық H5N1 линия, атап айтқанда, Цинхайдан Еуразияға және Үнді субконтинентіне, сонымен қатар солтүстік және орталық Африкаға миграциялық жолдарды бойлай таралды. Сондай-ақ кейбір құс түрлері клиникалық білгілері көрінгенге дейін немесе оларсыз-ақ вирусты бөлетіндігі тәжірибе жүзінде көрсетілді [12]. Бұл H5N1 вирусының ірі масштабта жыл құстарымен берілуі байқалмау қалуы мүмкіндігін көрсетеді. Gaidet et al. хабарлауынша, ауру жұқтырған бір ақ реңді ысқыратын үйрек (*Dendrocygna viduata*) ЖПҚТ H5N2 инфекциясынан тірі қалып, 47 күн бойы жерсеріктік таратқыш көмегімен қадағалау кезінде 655 км кем емес қашықтыққа көшіп ұша алды [13]. Басқа зерттеулер ЖПҚТ H5N1 географиялық таралу бағыты құстардың негізгі миграция жолдарына сай келетіндігін көрсетті [14, 15]. Бірқатар зерттеулер, ұзақ қашықтыққа құстардың көшіп-қонуы құстарда иммуносупрессияға әкеп соғуы мүмкін, ал вирустық инфекциялар миграциялық белсенділікке кері әсерін тигізетіндігін көрсетті. Бірақ айта кететін жайт, ЖПҚТ H5N1 тірі және дені сау жабайы құстарда сирек тіркеледі.

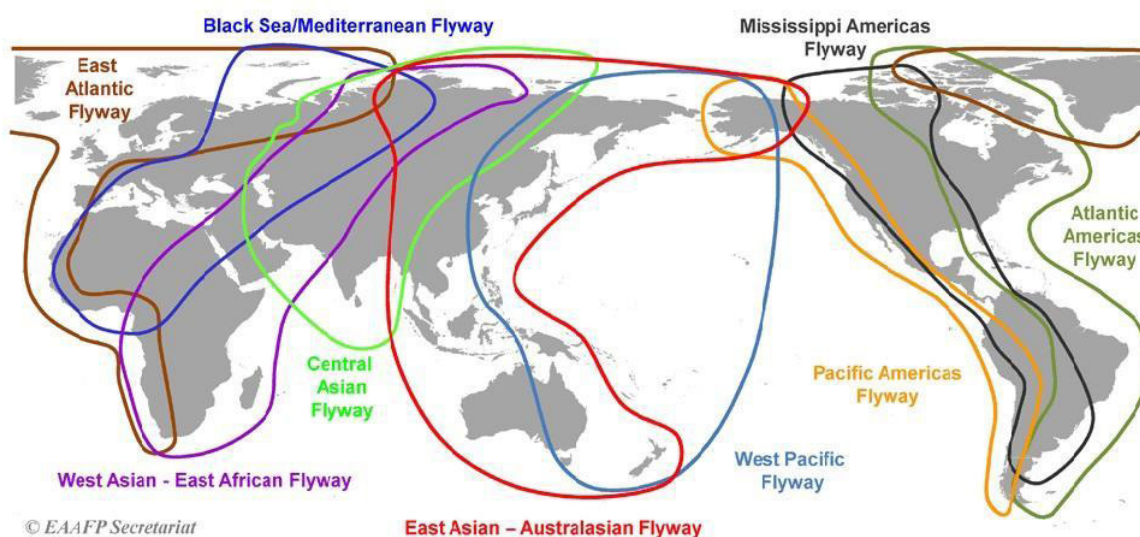
1996-1997 жж. Гонконгтағы ЖПҚТ 2006 ж. қазан айының басында 53 елде үй және жабайы құстары арасында таралуын туындатып, 256 адамға жұғып, олардың 151 өлімге душар қылды [16]. Вирустың таралуын тоқтату үшін миллиондаған тауықтар, үйректер, түйетауықтар мен қаздар өлді және жойылды. Құс тұмауы ауруы тіркелген елдердің құс етін экспорттауға тиым салуымен тірге экономикалық шығын 10 миллиард доллардан астам сумманы құрады. H5N1 түбегейлі жоюға күш салынуына қарамастан ол Оңтүстік-Шығыс Азиядан Орталық Азия, Еуропа мен Африкаға тарады. Интродукция жолдары жыл құстары, үй құстары мен оның өнімдерін тасымалдау, сонымен қатар жабайы құстарды сату деп болжанды. Бірақ H5N1 интродукциясына жекелеген жағдайлардың әсерімен болашақтағы таралуы жеткіліксіз зерттелген және кең талқылану тудыруда [14].

H5N1 таралу жолдарын анықтау осы вирустың болашақта таралуын болжау мен алдын-алуда шешуші мәнге ие [17]. Миграциялық құстардың орын ауыстыруы нәтижесінде ҚТВ елде таралу қаупі жоғарырақ болса, онда миграция жолындағы құстар тоқтайтын орындарды бақылау интродукциясының бірінші дәделдерін береді. Бұл жағдайда интродукцияның ең жоғарғы қаупі құстардың ең көп орын-ауыстыру мерзімі мен миграция жолдарына сай келетін болады [18]. ҚТВ өршуін болдырмау үшін фермада өсірілетін құстар мен миграция құстарының арасындағы байланысты болдырмау қажет. 2005-2006 жж. бірнеше еуропа елдерінде осы әдіс қолға алынып, ҚТВ таралуын болдырмауға ықпал етеді. Тағы мысал ретінде, егер құстар мен құс өнімдерінің сауда-саттығы арқылы ҚТВ таралу қатері жоғары болса, онда вирустың елге ену ықтималдылығын төмендету үшін импортты құстардың мониторингі мен қауіп-қатер жоғары елдерден импортты тоқтатуды алға қою қажет. Ақырында, ҚТВ жабайы құстардың коммерциялық саудасы шеңберінде Еуропа мен басқа елдерге әкелінген жабайы құстардан табылған болса [19], барлық импортталынған құстарды карантинге қойылмаған, құс тұмауына тексерілмеген және, қажет болғанда жойылмаған жағдайда ғана, осы жол тағы бір ықтималдылығы маңызды болып табылады.

Миграция жолдары, аялдау орындары мен ұя салмайтын аудандар

Республиканың географиялық орналасуы бойынша, қазақстанның суқоймалары су және су маңында мекендейтін құс түрлері үшін Азиядағы маңызды болып табылады. ҚТВ ошағының Қазақстан Республикасы аумағында пайда болу мүмкіндігі осы ауру бойынша қолайсыз елдерден ұя салу орындарына қоныс аударатын құстардың қайтып келуімен көктемде артады. Республикада ұя салу, түлеу, маусымдық миграция мен қыстау мерзімінде құстардың 130 түрі тіркелген. Жыл сайын ұя салатын құстар саны 10 миллионға жетеді, түлеуге 2-3 миллион құс ұшып келеді, ал шамамен 50 миллион жыл құстары көктем мен күзгі миграция мезгілінде біздің суқоймаларға тоқтайды. Сонымен қатар миграция құстары республиканың барлық дерлік аумағынан ұшып өтеді және ұя салады. Құстардың ұшу жолдары мен олардың жаппай жинақталу орындары ерекше қауіп төндіреді.

Ұшу жолы терминін бір бағытты пайдаланатын құстарға да қолданылады. Ұшу жолы одан әрі әр түрлі құстар үшін қоныс аудару бағытын болжай алады. Мысалы, 2 суретте көрсетілген жолдардың бірі – Шығыс-Атлант ұшу жолын балшықшы құстар ғана пайдаланбайды. Бұл ұшу жолын кейбір қырқылдақтар, шағалалар және кей жыртқыш құстарды қосқанда, басқа да құстар пайдаланады.



Сурет 2. Әлемдегі балшықшылардың ұшу жол картасы
(дерек көзі International Wader Study Group)

Суретте көріп тұрғандарыңыздай, қоныс аударатын су-батпақ құстары Қазақстан аумағы бойынша Еуразиядағы үш ірі миграция жолдары арқылы өтеді, олар Сібір-Қаратеңіз-Жерорта теңізі, Батыс Азия-Шығыс Африкалық және Орталық-Азия жолдар (сурет 2). Мүйіз тәріздестер, аққулар, қаздар, үйректер, қасқалдақтар, шағалалар, балшықшылар бірінші және екінші жолмен солтүстік-шығыстан оңтүстік-батысқа қыстау орындарына ұшып, Батыс және Орталық Сібірдің солтүстік аудандарында ұя салады. Үшінші жол шығыс Орал маңы, Батыс Сібір, сонымен қатар Қазақстанның аумағына таяу Монғолия мен Қытай аудандарында, және де Қазақстан аумағының өзінде, әсіресе оның шығыс бөлігін мекендейтін Podicipediformes, Pelecaniformes, Ciconiiformes, Anseriformes, Gruiformes және Charadriiformes құстарының ұя салу және жазғы тұрағын байланыстырады. Бірақ бұл жолдардың арасында анық шекара жоқ. Керісінше, Павлодар, Солтүстік-Қазақстан, Ақмола мен Қостанай облыстары аумағында бұл миграция жолдары біршама қиылысады. Осы себептен миграция мерзімі, әсіресе күздік Podicipediformes, Anseriformes, Gruiformes және Charadriiformes популяциясын сақтау үшін маңызды

мерзім болап табылады, олардың миллиондаға саны континенттің біршама бөлігінен осы жерлерге тоқтайды. Сақина салу әдісімен Қазақстанның суда жүзетін құстарының Ұлыбритания, Германия, Бельгия, Нидерландия, Италия, Грания, Марокка, Мысыр, Ирак, Иран, Пәкістан, Үндістан, Қытай мен Моңғолияның батыс аудандары, сонымен қатар Батыс, Орталық және Шығыс Сібірдің көптеген аудандарымен аумақтық байланыс орнатылды.

Қазақстанның солтүстік бөлігінде олардың ұя салатын және түлейтін орындары бар, олар: Қамыс-Самара көлдер жүйесі, Наурызым мен Теңіз-Қорғалжын көлдері, Қойбағар-Түнтұғыр көлдер тобы, Сары-Көп көлдер жүйесі, Ырғыз бен Торғай өзендерінің төменгі ағысындағы көлдер тобы. Оңтүстік аймақта көшіп-қону кезіндегі ең маңызды тоқтау орындары бар: Каспийдің солтүстік және солтүстік-шығыс жағалауы, Арал теңізінің солтүстік бөлігі - Кіші Арал, немесе – Балқаш қазандығы және Алакөл көлдер тобы.

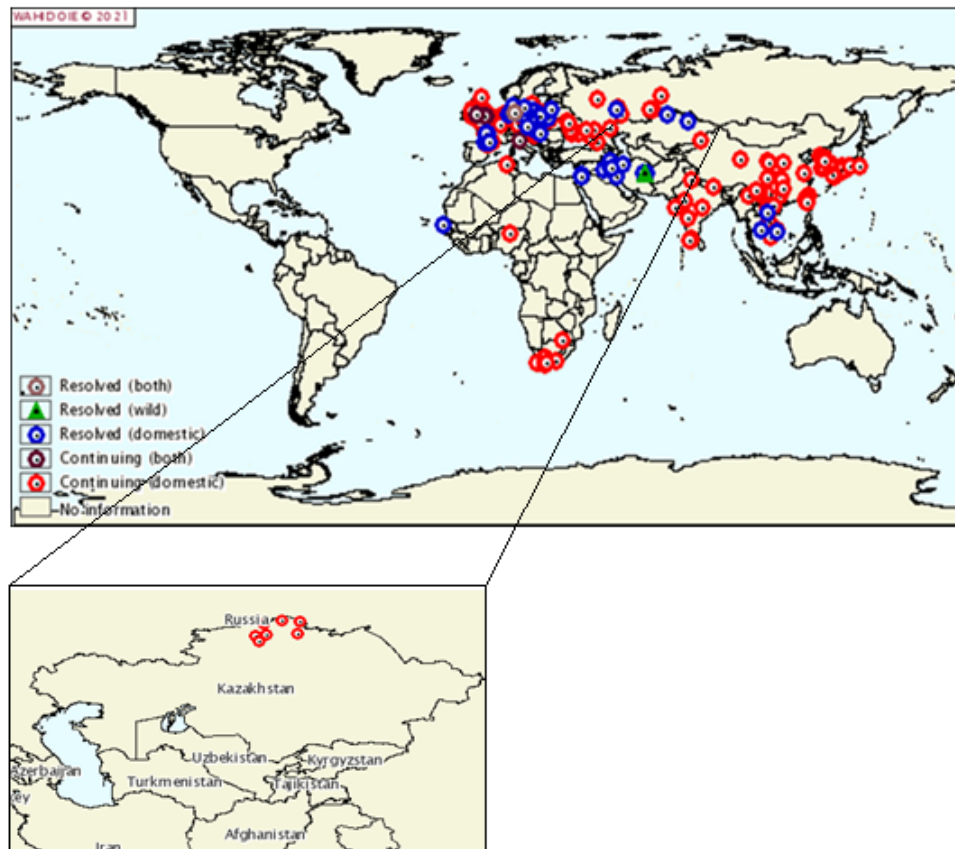
Мониторинг жүргізілетін құс түрлерінің жағдайы жайлы нақты мәліметтер алу өзінің биологиялық шамасын – популяция санын оңтайлы деңгейде ұстап тұру, экожүйенің ең көп таралған түрлерінің үлкен ауданды алуын толық іске асыруға мүмкіндік беретін, әр түрге тән тіршілік ету орын қадағалау жүргізген жағдайда мүмкін болады [3].

Көптеген құс түрлері қыс мерзімінде Орталық Азия мен Еуропа елдерінен Пәкістанға тамақ іздеу немесе қатаң ауа-райы жағдайынан қашу мақсатында ұшып кетеді. Қоқиқаз, сұңқар, аққу, қаз, балшықшы, тырна мен үйректер Пәкістанның маңызды жыл құстары болып табылады. Негізінен құстардың миграциясы солтүстік арктикалық аудандардан оңтүстік жазық жағына қарай жүреді. Қыстағы негізінен тропикалық аудандарда өтеді, олар онда 6-7 ай тұрақтап, ал көбеюі климаты қоңыржай аудандарда өтеді, онда құстар 2-3 ай тіршілік етеді. Миграция құстарының белгілі аудандарда мекендеуі бұл орын жайылуы, ұя салуы мен көбеюге қолайлылығын дәлелдейді. Әр түрлі зерттеулер, құстардың миграциясы тамақтың болуы, маусымдық өзгерістер мен жыртқыштардың шабуыл жасау қаупіне қарай әр түрлі аудандарда өтетіндігін көрсетті [19].

Қазақстандағы ҚТВ бойынша эпидемиологиялық жағдай

Қазақстан Республикасында құстарда ЖПҚТ індеті 2005 жылдың 22 шілдесінде Павлодар облысының Голубовка ауылында орналасқан Нан құс фабрикасында тіркелді. Зертханалық зерттеу Павлодар облысында өлген құстар арасында ЖПҚТ H5N1 вирусының жұққандығы растады [20]. Вирустың антигендік құрылымы Ресей Федерациясының Новосибирск облысы мен Қытайдағы оқшауланған вируспен бірдей болды. 2006 жылы Маңғыстау облысының Ақтау, Жаңа-Өзен, Түпқараған және Қарақия аудандарында H5N1 ҚТВ өлген 80 жабайы құс табылды. Бұл штамдар генетикалық жағынан Цингай көлінен (Қытай) құстардан оқшауланған вирус штамдарына және Нигерия, Ангола және Ресейдегі құстардан табылған оқшауланған вирус штамдарына ұқсас болды [21]. 2015 жылы Атырау облысындағы мемлекеттік табиғи парк аумағында табылған бірқазанның екі өлексесінен құс тұмауының H5 серотипі табылды [22].

2020 жылдың тамыз айының соңында Ресейдің оңтүстік-орталық бөлігінен жабайы суда жүзетін құстардан ЖПҚТ H5N8 тіркелді. 1 айдан соң Солтүстік Қазақстан облысының жеті ауданында (Тимирязев, Тайыншы, Жамбыл, Қызылжар, Шал ақын, Ғабит Мүсірепов атындағы, Мағжан Жұмабаев атындағы) 11 ЖПҚТ ошақтары туралы хабарлама келді, содан кейін Петропавл, Қостанай, Ақмола және Павлодар облыстарынан да құстардың жаппай өлімін тудырған ҚТВ анықталды. Еліміздің солтүстік аймағында құс тұмауының өршуіне Ресейде тіркелген H5N8 вирусы себеп болды деген болжам айтылды [23]. H5N8 адамға қауіптілігі өте төмен болғанымен, жабайы және үй құстарына өте қауіпті болды. Осы жылы ауру ошақтары дүние жүзінің ондаған елдерінде тіркеліп, құс шаруашылығына қыруар шығын әкелді. Әлемде, соның ішінде Қазақстанның солтүстік аумағында тіркелген құс тұмауы ошақтары 3-суретте көрсетілген. Суретте байқалғандай, ҚТВ тіркелген Солтүстік Қазақстан облысының аудандары қызылмен белгіленген және олардың барлығы Ресеймен іргелес жатқан аудандар.



Сурет 3. 2020 жылы әлемдегі және қыргүйегінде Қазақстандағы ҚТВ тіркелген аудандар. Картада үй құстарынан құс тұмауы тіркелген аудандар қызылмен белгіленген

Егер жабайы құстар құстар арасында құс тұмауы таралуының негізгі агенті ретінде орын алатын болса, онда аурудың сипаты жабайы құстардың таралуы мен орын ауыстыруына қатты байланысты болады деп күтіледі. Жабайы құстардың таралуы мен орын ауыстыруы климат, топография, тамақтану орны мен су-батпақты жер сияқты табиғи ресурстардың болуына байланысты [24].

Ғылыми қоғамдастық ЖПҚТ вирусының бірінші кезекте құс ауруын тудыратынын және қадағалау мен аурудың алдын-алу және күресу шаралары бірінші кезекте ауыл шаруашылығы деңгейінде мал шаруашылығы мен биотехнологиясын жақсарту үшін қабылдануы керек деп санайды. Бұл вирустың адамға жұғуын болдырмауға себеп болады және аурудың құстар арасында одан әрі таралуына жол бермейді. Алайда жабайы құстардың аурудың таратуы мен таралуындағы рөлін зерттеу мәселесін ескермеуге болмайды.

Қорытынды

Құс тұмауы үй құстарының миллиондап қырылуы мен адам өліміне себеп бола отырып, жыл сайын қаржылық шығынға ұшырататын, әлемдегі эпидемия мен эпизоотикалық ошақтардың негізгі көзінің бірі болып қалуда. Вирустың жоғары өзгергіштігі әсер ету ұзақтығы жоғары вакцинаны жасап шығаруды қиындатады. Жоғары өзгергіштік көзі жабайы құстардың популяциясымен ұсынылған кең ауқымды резервуар болып табылады, онда қоныс аударатын суда жүзетін құстар, бірінші кезекте үйрек тұқымдастарының өкілдері құстардың қоныс аудару жолдары арқылы әр түрлі тіршілік орындарында жаңа,

ықтимал жоғары патогенді вирус штамдарының негізгі тасымалдаушысы қызметін атқарады. ЖПҚТ жаңа штамдарының пайда болуы мен эволюциясы құстардың қоныс аударатын белгілі жолдарына тән. Осылайша, бірнеше штаммның генетикалық араласуының арқасында бір қожайынға ғана жұғатын, вирус эволюциясы жайлы сөз болғанда бірнеше миграция жолдары қиылысатын аумақтардың маңызы артады. Құс тұмауының жаңа штамдарының жыл сайынғы мониторингі мен ЖПҚТ ықтимал ошақтарын болжау осы аумақтарда маңызды болады. Олардың ішінде Ресей, әсіресе Сібір аз зерттелген. 2020 жылғы Ресейдің Астрахань облысының құс фабрикасында таралған H5N8 штаммының адамға жұғу жағдайы бірінші рет тіркелген [25].

Қазіргі уақытта қолданылатын және жасап шығарылатын әдістемелердің шолуын ескере отырып, мониторинг жүргізу, құс тұмауы ошағы мен ЖПҚТ зоонозын алдын-алу үшін одан әрі стратегия жасап шығаруды ұсынуға болады.

Бірінші кезекте суда жүзетін құстар миграциясы тарапынан маңызды аудандарға (мысалы, құстар демалатын негізгі ұшу жолының бойынша орналасқан ірі сукоймалар) жиі экспедиция жүргізу қажет. Далалық экспедицияларды әдетте қажытатын немесе қоршаған орта үшін зиянды дәстүрлі әдістермен үлгі жинаумен шектелмегені жөн. ҚТВ жұқтырғыш бөлшектерінің судағы айлық тұрақтылығын ескергенде, құс аулау, жұғындыла алу немесе нәжіс жинау рәсімдерін қолданбай, суға арналған зонд көмегімен вирус тікелей анықталатын, жаңа сезімталдылығы жоғары далалық скрининг сияқты әдістерді пайдаланған абзал. Далалық жағдайда қолданылатын скринингтің жаңа әдістері жылдам дамып жатқан ГИС технологиясымен үйлестіргенде тиімділігі артады, ол ҚТВ жаңа штамдарын дәл осы уақыт тәртібінде бақылауға мүмкіндік береді. ХХІ ғасырдың бұл әдістері құс тұмауының ықтимал ошағын тоқтатуға және оның таралуы, эволюциясы мен патогенезі жайлы білімді арттыруға ықпал етеді. Вирустың жаңа штамдары жайлы мәліметтер кері кегентикалық жүйелерді пайдаланып, жаңа вакцина жасап шығару үшін пайдаланылады [26].

Қорыта айтқанда, құстардың маусымдық қоныс аударуы ҚТВ популяциясының генетикалық құрылымының қалыптасуында маңызды рөл атқарады. Сондықтан да, жабайы құстар арасында құрлықтық масштабта ҚТВ таралуы қандай да бір деңгейде болжауға болады, ол Қазақстан Республикасында пайда болатын кез келген ЖПҚТ болашақта таралуын бақылауға көмектесе алады [2].

Қоныс аударатын құстар бір ауданнан екіншісіне ҚТВ тасымалдауда шешуші рөл атқарғанымен, аурумен күресуге арналған шаралар жабайы құстар популяциясына тиімді әсер етуі екіталай. Демек ол шаралар вирустың таралуы мен пайда болуының мониторингіне бағытталуы керек, ал кейін қауіп-қатер анық бола бастаған уақытта, беттік таралуына (мысалы, үй құстары базарына) бағытталуы керек.

Осылайша, ҚТВ жабайы құстар арасында құрлықтық масштабта таралуын қандай да бір деңгейде болжауға болады, ол ақырында Қазақстанда пайда болатын кез-келген жоғары патогенді құс тұмауы вирусының болашақта бізге таралуы ықтималдылығын бақылауға көмектесуі мүмкін.

Әдебиеттер тізімі

1. Huaiyu T., Sen Zh., Lu D., Thomas B., Yujun C., Scott H.N., John Y. T., Diann J. P., Xiangming X., Yarong W., Bernard C., Shanqian H., Ruifu Y., Bryan T.G. and Bing X. Avian influenza H5N1 viral and bird migration networks in Asia // PNAS. – 2014. – Vol. 112(1). – P. 172-177.
2. Fourment M., Darling A.E., Holmes E.C. The impact of migratory flyways on the spread of avian influenza virus in North America // BMC Evol Biol. – 2017. – Vol. 17. – P. 118. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-017-0965-4>.
3. Zuban I.A., Kassimov I.R., Zhadan K.S.. Informational and analytical system for monitoring migration of migratory birds in Northern Kazakhstan // Journal of Physics Conference Series. – 2020. – Vol. 1515(3). – P. 032075. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/3/032075.

4. Olsen B., Munster V. J., Wallensten A., Waldenström J., Osterhaus A. D. M. E., and Fouchier R. A. M. Global patterns of influenza A virus in wild birds // *Science*. – 2006. – Vol. 312(772). – P. 384-388.
5. Webster R.G., Bean W.J., Gorman O.T., Chambers T.M., Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A viruses // *Microbiol. Rev.* – 1992. – Vol. 56. – P. 152-179. DOI: 10.1128/MR.56.1.152-179.1992.
6. Kida H., Yanagawa R., Matsuoka Y. Duck influenza lacking evidence of disease signs and immune response // *Infect. Immun.* – 1980. – Vol. 30. – P. 547-553.
7. Webster R.G., Yakhno M., Hinshaw V.S., Bean W.J., Murti K.G. Intestinal influenza: Replication and characterization of influenza viruses in ducks // *Virology*. – 1978. – Vol. 84. – P. 268-278. DOI: 10.1016/0042-6822(78)90247-7.
8. Ramey A.M., Reeves A.B., Drexler J.Z., Ackerman J.T., De La Cruz S., Lang A.S., Leyson C., Link P., Prosser D.J., Robertson G.J., Wight J., Youk S., Spackman, E., Pantin-Jackwood, M., Poulson, R. L., & Stallknecht, D. E. Influenza A viruses remain infectious for more than seven months in northern wetlands of North America // *Proc. Biol. Sci.* – 2020. – Vol. 287. – P. 20201680. DOI: 10.1098/rspb.2020.1680.
9. Tao H., Li L., White M.C., Steel J., Lowen A.C. Influenza A Virus Coinfection through Transmission Can Support High Levels of Reassortment // *J. Virol.* – 2015. – Vol. 89. – P. 8453-8461. DOI: 10.1128/JVI.01162-15.
10. Li K.S., Guan Y., Wang J., Smith G.J., Xu K.M., Duan L., Rahardjo A.P., Puthavathana P., Buranathai C., Nguyen T.D., Estoepongastie A.T., Chaisingh A., Auewarakul P., Long H.T., Hanh N.T., Webby R.J., Poon L.L., Chen H., Shortridge K.F., Yuen K.Y., Webster R.G., Peiris J.S. Genesis of a highly pathogenic and potentially pandemic H5N1 influenza virus in eastern Asia // *Nature*. – 2004. – Vol. 430. – P. 209-213. DOI: 10.1038/nature02746.
11. Webster R.G., Govorkova E.A., H5N1 influenza-continuing evolution and spread // *N Engl J Med.* – 2006. – Vol. 355. – P. 2174-2177.
12. Brown J.D., Stallknecht D.E., Swayne D.E., Experimental infection of swans and geese with highly pathogenic avian influenza virus (H5N1) of Asian lineage // *Emerg Infect Dis.* – 2008. – Vol. 14. – P. 136-142.
13. Gaidet N., Cattoli G., Hammoumi S., Newman S.H., Hagemeijer W., Takekawa J.Y. Evidence of infection by H5N2 highly pathogenic avian influenza viruses in healthy wild waterfowl // *PLoS Pathog.* – 2008. – Vol. 4(8). – P. e1000127.
14. Kilpatrick A.M., Chmura A.A., Gibbons D.W., Fleischer R.C., Marra P.P., Daszak P. Predicting the global spread of H5N1 avian influenza // *Proc Natl Acad Sci USA*. – 2006. – Vol. 103. – P. 19368-19373.
15. Gilbert M., Chaitaweesub P., Parakamawongsa T., Premashtira S., Tiensin T., Kalpravidh W. Anatidae migration in the western Palearctic and spread of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus // *Emerg Infect Dis.* – 2006. – Vol. 12. – P. 1650-1656.
16. Paul K., Chan S. Outbreak of Avian Influenza A(H5N1) Virus Infection in Hong Kong in 1997 // *Clinical Infectious Diseases*. – 2002. – Vol. 34. – P. 58-S64. DOI: <https://doi.org/10.1086/338820>.
17. Webby R.J., Webster R.G. Are we ready for pandemic influenza? // *Science*. – 2003. – Vol. 302. – P. 1519-1522.
18. Liu J., Xiao H., Lei F., Zhu Q., Qin K., Zhang X.W., Zhang X.L., Zhao D., Wang G., Feng Y., Ma J., Liu W., Wang J., Gao G.F. Highly pathogenic H5N1 influenza virus infection in migratory birds // *Science*. – 2005. – Vol. 309. – P. 426-428.
19. Umar M., Hussain M., Murtaza G., Shaheen F.A., Zafar F. Ecological concerns of migratory birds in Pakistan: A review // *Punjab Univ. J. Zool.* – 2018. – Vol. 33(1). – P. 69-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/pujz/2018.33.1.69.76>.
20. Issabek A., Burashev Y., Chervyakova O., Orynbayev M., Kydyrbayev Z., Kassenov M., Zakarya K., Sultankulova K. Complete genome sequence of the highly pathogenic strain A/domestic goose/Pavlodar/1/05 (H5N1) of the avian influenza virus, isolated in Kazakhstan in 2005 // *Microbiol. Resour. Announc.* – 2020. – Vol. 9(10). – P. e00109-20.
21. Мамадалиев С.М., Матвеева В.М., Кошметов Ж.К., Хайруллин Б.М., Орынбаев М.Б., Сандыбаев Н.Т., Кыдырбаев Ж.К., Зайцев В.Л., Жилин Е.С., Нурабаев С.Ш., Корягина М.И. Мониторинг особо опасных вирусных заболеваний животных и птиц на территории республик Центральной Азии // *Актуальные вопросы ветеринарной биологии*. – 2010. – №2(6). – С. 3-10.
22. В Атырауской области бакланы погибли от птичьего гриппа H5N1. [Электронды ресурс] – URL: https://www.inform.kz/ru/v-atyrauskoy-oblasti-baklany-pogibli-ot-ptich-ego-grippa-h5n1_a2796602 (жүгінген күні: 14.07.2015).

23. Lewis N.S., Banyard A.C., Whittard E., Karibayev T., Al Kafagi T., Chvala I., Byrne A., Saduakassova M.A., King J., Harder T., Grund C., Essen S., Reid S.M., Brouwer A., Zinyakov N.G., Tegzhanov A., Irza V., Pohlmann A., Beer M., Fouchier R.A.M., Sultanov A.A., Brown I.H. Emergence and spread of novel H5N8, H5N5 and H5N1 clade 2.3.4.4 highly pathogenic avian influenza in 2020 // *Emerg Microbes Infect.* – 2021. – Vol. 10(1). – P. 148-151. DOI: 10.1080/22221751.2021.1872355.
24. Owen M., Black J.M. *Waterfowl Ecology*. – Blackie and Son Ltd., Glasgow, London, 1990. – 126-127 p.
25. World Health Organization. Human infection with avian influenza A (H5N8). [Электронды ресурсы] – URL: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2021-DON313> (жүгінген күні: 26.02.2021).
26. Blagodatski A., Trutneva K., Glazova O., Mityaeva O., Shevkova L., Kegeles E., Onyanov N., Fede K., Maznina A., Khavina E., Yeo S. J., Park H., Volchkov P. Avian Influenza in Wild Birds and Poultry: Dissemination Pathways, Monitoring Methods, and Virus Ecology // *Pathogens*. – 2021. – Vol. 10(5). – P. 630. DOI: 10.3390/pathogens10050630.

Б.Т. Байқара^{1,2}, М.А. Садуакасова¹, П.Б. Акшалова¹, А.А. Султанов¹

¹Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Влияние миграции птиц на распространение вируса птичьего гриппа в Казахстане

Аннотация. Птичий грипп является одним из самых опасных известных заболеваний домашней птицы. Из-за полного вымирания всего поголовья домашней птицы распространение гриппа на птицефабриках обычно приводит к значительным экономическим потерям во всем мире. Перелетные птицы, особенно водоплавающие, являются естественным резервуаром вируса птичьего гриппа. Они во время миграции обмениваются разными штаммами вируса, вызывая антигенный дрейф и антигенную миграцию, что приводит к возникновению высокопатогенных вирусов гриппа птиц. Их сезонная миграция играет важную роль в формировании генетической структуры вирусной популяции. Это требует постоянного наблюдения за эволюцией вируса птичьего гриппа и регулярного мониторинга в различных местах для предотвращения новых вспышек эпизоотических и эпидемических заболеваний.

Ключевые слова: вирус гриппа птиц, мониторинг гриппа, перелетные водоплавающие птицы, высокопатогенный грипп птиц, домашняя птица.

B.T. Baikara^{1,2}, M.A. Saduakassova¹, P.B. Akshalova¹, A.A. Sultanov¹

¹Kazakh Scientific Research Veterinary Institute, Kazakhstan, Almaty

²al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

Impact of bird migration on the spread of avian influenza in Kazakhstan

Abstract. Avian influenza is one of the most dangerous known diseases of poultry. Due to the complete extinction of the entire poultry population, the spread of influenza in poultry farms usually leads to significant economic losses throughout the world. Migratory birds, especially waterfowl, are a natural reservoir of the avian influenza virus. During migration, they exchange with different strains of the virus, causing antigenic drift and antigenic migration, which leads to the emergence of highly pathogenic avian influenza viruses. Their seasonal migration plays an important role in the formation of the genetic structure of the viral population. This requires constant observation of the evolution of the avian influenza virus and regular monitoring in various places to prevent new outbreaks of epizootic and epidemic diseases.

Keywords: avian influenza virus, influenza surveillance, migratory waterfowl, highly pathogenic avian influenza, poultry.

References

1. Huaiyu T., Sen Zh., Lu D., Thomas B., Yujun C., Scott H.N., John Y. T., Diann J. P., Xiangming X., Yarong W., Bernard C., Shanqian H., Ruifu Y., Bryan T.G. and Bing X. Avian influenza H5N1 viral and bird migration networks in Asia, PNAS, 112(1), 172-177 (2014).
2. Fourment M., Darling A.E., Holmes E.C. The impact of migratory flyways on the spread of avian influenza virus in North America, BMC Evol Biol., 17, 118 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12862-017-0965-4>.
3. Zuban I.A., Kassimov I.R., Zhadan K.S.. Informational and analytical system for monitoring migration of migratory birds in Northern Kazakhstan, Journal of Physics Conference Series, 1515(3), 032075 (2020). DOI: 10.1088/1742-6596/1515/3/032075.
4. Olsen B., Munster V. J., Wallensten A., Waldenström J., Osterhaus A. D. M. E., and Fouchier R. A. M. Global patterns of influenza A virus in wild birds, Science, 312(772), 384-388 (2006).
5. Webster R.G., Bean W.J., Gorman O.T., Chambers T.M., Kawaoka Y. Evolution and ecology of influenza A viruses, Microbiol. Rev., 56, 152-179 (1992). DOI: 10.1128/MR.56.1.152-179.1992.
6. Kida H., Yanagawa R., Matsuoka Y. Duck influenza lacking evidence of disease signs and immune response, Infect. Immun., 30, 547-553 (1980).
7. Webster R.G., Yakhno M., Hinshaw V.S., Bean W.J., Murti K.G. Intestinal influenza: Replication and characterization of influenza viruses in ducks, Virology, 84, 268-278 (1978). DOI: 10.1016/0042-6822(78)90247-7.
8. Ramey A.M., Reeves A.B., Drexler J.Z., Ackerman J.T., De La Cruz S., Lang A.S., Leyson C., Link P., Prosser D.J., Robertson G.J., Wight J., Youk S., Spackman, E., Pantin-Jackwood, M., Poulson, R. L., & Stallknecht, D. E. Influenza A viruses remain infectious for more than seven months in northern wetlands of North America, Proc. Biol. Sci., 287, 20201680 (2020). DOI: 10.1098/rspb.2020.1680.
9. Tao H., Li L., White M.C., Steel J., Lowen A.C. Influenza A Virus Coinfection through Transmission Can Support High Levels of Reassortment, J. Virol., 89, 8453-8461 (2015). DOI: 10.1128/JVI.01162-15.
10. Li K.S., Guan Y., Wang J., Smith G.J., Xu K.M., Duan L., Rahardjo A.P., Puthavathana P., Buranathai C., Nguyen T.D., Estoepangestie A.T., Chaisingh A., Auewarakul P., Long H.T., Hanh N.T., Webby R.J., Poon L.L., Chen H., Shortridge K.F., Yuen K.Y., Webster R.G., Peiris J.S. Genesis of a highly pathogenic and potentially pandemic H5N1 influenza virus in eastern Asia, Nature, 430, 209-213 (2004). DOI: 10.1038/nature02746.
11. Webster R.G., Govorkova E.A., H5N1 influenza-continuing evolution and spread, N Engl J Med., 355, 2174-2177 (2006).
12. Brown J.D., Stallknecht D.E., Swayne D.E., Experimental infection of swans and geese with highly pathogenic avian influenza virus (H5N1) of Asian lineage, Emerg Infect Dis., 14, 136-142 (2008).
13. Gaidet N., Cattoli G., Hammoumi S., Newman S.H., Hagemeijer W., Takekawa J.Y. Evidence of infection by H5N2 highly pathogenic avian influenza viruses in healthy wild waterfowl, PLoS Pathog., 4(8), e1000127 (2008).
14. Kilpatrick A.M., Chmura A.A., Gibbons D.W., Fleischer R.C., Marra P.P., Daszak P. Predicting the global spread of H5N1 avian influenza, Proc Natl Acad Sci USA, 103, 19368-19373 (2006).
15. Gilbert M., Chaitaweesub P., Parakamawongsa T., Premashtira S., Tiensin T., Kalpravidh W. Anatidae migration in the western Palearctic and spread of highly pathogenic avian influenza H5N1 virus, Emerg Infect Dis., 12, 1650-1656 (2006).
16. Paul K., Chan S. Outbreak of Avian Influenza A(H5N1) Virus Infection in Hong Kong in 1997, Clinical Infectious Diseases, 34, 58-S64 (2002). DOI: <https://doi.org/10.1086/338820>.
17. Webby R.J., Webster R.G. Are we ready for pandemic influenza? Science, 302, 1519-1522 (2003).
18. Liu J., Xiao H., Lei F., Zhu Q., Qin K., Zhang X.W., Zhang X.L., Zhao D., Wang G., Feng Y., Ma J., Liu W., Wang J., Gao G.F. Highly pathogenic H5N1 influenza virus infection in migratory birds, Science, 309, 426-428 (2005).
19. Umar M., Hussain M., Murtaza G., Shaheen F.A., Zafar F. Ecological concerns of migratory birds in Pakistan: A review, Punjab Univ. J. Zool., 33(1), 69-76 (2018). DOI: <http://dx.doi.org/10.17582/pujz/2018.33.1.69.76>.
20. Issabek A., Burashev Y., Chervyakova O., Orynbayev M., Kydyrbayev Z., Kassenov M., Zakarya K., Sultankulova K. Complete genome sequence of the highly pathogenic strain A/domestic goose/Pavlodar/1/05 (H5N1) of the avian influenza virus, isolated in Kazakhstan in 2005. Microbiol. Resour. Announc. – 2020. – Vol. 9(10). – P. e00109-20.

21. Mamadaliev S.M., Matveeva V.M., Koshemetov ZH.K., Hajrullin B.M., Orynbaev M.B, Sandybaev N.T., Kydyrbaev ZH.K., Zajcev V.L., ZHilin E.S., Nurabaev S.SH., Koryagina M.I. Monitoring osobo opasnyh virusnyh zabolevanij zhivotnyh i ptic na territorii respublik central'noj Azii, Aktual'nye voprosy veterinarnoj biologii [Monitoring of especially dangerous viral diseases of animals and birds on the territory of the republics of Central Asia, Current issues in veterinary biology], 2(6), 3-10 (2010). [in Russian]
22. V Atyrauskoy oblasti baklany pogibli ot ptich'ego grippa H5N1 [In the Atyrau region, cormorants died from bird flu H5N1]. [Electronic resource] – Available at: https://www.inform.kz/ru/v-atyrauskoy-oblasti-baklany-pogibli-ot-ptich-ego-grippa-h5n1_a2796602 (accessed: 14.07.2015). [in Russian]
23. Lewis N.S., Banyard A.C., Whittard E., Karibayev T., Al Kafagi T., Chvala I., Byrne A., Saduakassova M.A., King J., Harder T., Grund C., Essen S., Reid S.M., Brouwer A., Zinyakov N.G., Tegzhanov A., Irza V., Pohlmann A., Beer M., Fouchier R.A.M., Sultanov A.A., Brown I.H. Emergence and spread of novel H5N8, H5N5 and H5N1 clade 2.3.4.4 highly pathogenic avian influenza in 2020, Emerg Microbes Infect., 10(1), 148-151 (2021). DOI: 10.1080/22221751.2021.1872355.
24. Owen M., Black J.M. Waterfowl Ecology (Blackie and Son Ltd., Glasgow, London, 1990, 126-127 p.).
25. World Health Organization. Human infection with avian influenza A (H5N8). [Electronic resource] – Available at: <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2021-DON313> (accessed: 26.02.2021).
26. Blagodatski A., Trutneva K., Glazova O., Mityaeva O., Shevkova L., Kegeles E., Onyanov N., Fede K., Maznina A., Khavina E., Yeo S. J., Park H., Volchkov P. Avian Influenza in Wild Birds and Poultry: Dissemination Pathways, Monitoring Methods, and Virus Ecology, Pathogens., 10(5), 630 (2021). DOI: 10.3390/pathogens10050630.

Авторлар туралы мәлімет:

Байқара Б.Т. – техника ғылымдарының магистрі, докторант, ғылыми қызметкер, Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринарлық институты, Райымбек д-лы, 223, Алматы, Қазақстан.

Садуақасова М.А. – ветеринария ғылымдарының магистрі, докторант, ғылыми қызметкер, Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринарлық институты, Райымбек д-лы, 223, Алматы, Қазақстан.

Ақшалова П.Б. – ветеринария ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер, Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринарлық институты, Райымбек д-лы, 223, Алматы, Қазақстан.

Султанов А.А. – ветеринария ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ғылыми-зерттеу ветеринарлық институтын, Райымбек д-лы, 223, Алматы, Қазақстан.

Baikara B.T. – Master of Technical Sciences, Researcher, Kazakh Science Research Veterinary Institute, 223 Raiymbek avenue, Almaty, Kazakhstan.

Saduakassova M.A. – Master of Veterinary Sciences, Researcher, Kazakh Science Research Veterinary Institute, 223 Raiymbek avenue, Almaty, Kazakhstan.

Akshalova P.B. – Candidate of Veterinary Sciences, Senior Researcher, Kazakh Science Research Veterinary Institute, 223 Raiymbek avenue, Almaty, Kazakhstan.

Sultanov A.A. – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh Science Research Veterinary Institute, 223 Raiymbek avenue, Almaty, Kazakhstan.

С.К. Наекова^{1,2*}, З.С. Сармурзина¹, Г.М. Салхожаева²,
Ж.Б. Текебаева¹, Г.К. Мамытбекова¹

¹Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Астана, Қазақстан
²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: n.saltan@mail.ru

***Lenzites betulina* базидиальді саңырауқұлағының микробқа қарсы белсенділігін арттыруда оңтайлы өсіру жағдайларын таңдау**

Аңдатпа. Соңғы он жылдықтарда жоғары базидиальды саңырауқұлақтардан алынған әртүрлі қосылыстарды зерттеуге көбірек көңіл бөлінуде. Мақалада зертхана жағдайында қайың ағаштарының зиянкесі болып табылатын жоғары сатылы базидиомицет саңырауқұлағының таксономиялық түрлік құрамына талдау жүргізілді. Саңырауқұлақтың культуральді - морфологиялық және молекулалық - генетикалық қасиеттерін зерттеу барысында *Lenzites betulina* түріне жататындығы анықталды.

Бөліп алынған саңырауқұлақтың антимиқробтық қосылыстарды синтездеу қабілетін арттыру үшін қоректік ортаның құрамы (көміртегі мен пептонның арақатынасы) модификацияланды, қолайлы температура (28°C) мен рН ортасы (7,5-8,0) таңдап алынды. Сонымен қатар, *Lenzites betulina* саңырауқұлағының индикаторлы тест-культураларына *S.marcenscens*, *E. coli*, *S.aureus*, *Candida albicans* антогонистік әсері зерттелді. Зерттеу нәтижесінде саңырауқұлақтың *C. albicans* ашытқысына және *E.coli* бактерия клеткаларына антибиотикалық әсері жоғары көрсеткішке ие болды. Осылайша, саңырауқұлақтың шартты патогенді ашытқы және бактерия культураларына бактерицидті және фунгицидті жоғары белсенділік қасиет көрсетіндігі анықталды.

Түйін сөздер: *Lenzites betulina*, антимиқробтық белсенділік, саңырауқұлақ, ксилотроф, фугат, тест-культура.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-19-33>

Кіріспе

Қазіргі микологияны дамытудың басым бағыттарының бірі – екіншілік метаболиттерді синтездейтін базидиальды саңырауқұлақтарды қолдана отырып, белсенді антибиотиктер алу технологиясын өңдеу болып табылады. Бұл қосылыстардың көпшілігі фармакологиялық белсенді және химиялық синтез өнімдерімен салыстырғанда уыттылығы төмен, әрі тиімді [1]. Осыған байланысты жүргізілген жұмыстар тағамдық ақуыздарды, ферменттерді және құнды қасиеттері бар басқа қосылыстарды өндіретін саңырауқұлақтарды өсіру мәселелерін қарастырады. Мұндай заттарды синтездеуі дәрі-дәрмектердің, биологиялық белсенді профилактикалық қоспалардың дамуына негіз болады [2]. Макромицеттердің фармакологиялық әсері әртүрлі, яғни антимиқробтық, адаптогендік, иммуностимуляторлық, седативті және басқа да құнды қасиеттерге ие, сондықтан оларды гипотензивті, капиллярды күшейтетін, жараға қарсы, қатерлі ісікке қарсы және басқа құралдар ретінде қолданылады [3-6].

Ксилотрофты саңырауқұлақтардың ең перспективалы түрлеріне – *Lenzites* туысына жататын саңырауқұлақ түрі. Саңырауқұлақтың бұл түрі табиғи ағаштарда ақ шірік тудыратын паразиттер санатына жатады. Бұл саңырауқұлақ қайыңға (лат. *Betula*) қоныстанады, сонымен қатар басқа да ағаш сабақтарында, бұтақтарында және қылқан жапырақты ағаштарда сапротроф түрінде тіршілік етеді. Еліміздің Қатон-Қарағай аймақтарында бұл саңырауқұлақ кеңінен тараған [7,8].

Кейбір әдеби мәліметтерге сүйенсек, саңырауқұлақтың метанол сығындысынан бос радикалдарды белсенді түрде бейтараптау қабілетімен сипатталатын бетулинандар А және В деп аталатын екі антиоксиданттық компонент бөліп алынған. Бетулинандар бос радикалдардың (ишемиялар, атеросклероз, қант диабеті, ревматоидты артрит, ісіктердің,б.) қалыптасуымен және әсерлерімен байланысты бірқатар аурулардың алдын алу және емдеу үшін перспективалы болып табылатыны белгілі. Радикалды тазарту тестінде бетулинан А, Е витаминіне қарағанда төрт есе тиімді болды. *L. betulina* метанол сығындысы эргостерол асқын тотығымен 9(11)-дегидроэргостерол асқын тотығының болуын байланысты иммуносупрессиялық белсенділікті көрсетті. Иммуносупрессанттар иммундық жүйенің белсенділігін тежейді және ағзалармен ұлпаларды трансплантациялау кезінде, сондай-ақ аутоиммунды ауруларда имплантациядан бас тартудың алдын алу үшін қолданылады. *L. betulina* сығындыларын *E. coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* және *Saccharomyces* туысына жататын ашытқыларға қарсы микробтық белсенділік көрсетуде қолданады [9].

Соңғы уақытта антагонист саңырауқұлақтардың көмегімен өсімдіктердің әртүрлі ауруларының қоздырғыштарын биобақылау механизмдерін зерттеуге және олардың негізінде ауылшаруашылық дақылдарының ауруға төзімділігі мен өнімділігін реттеу әдістерін өңдеуге айтарлықтай көңіл бөлінген [10,11]. Саңырауқұлақтардың көптеген түрлеріне қатысты ақпараттың үздіксіз жинақталуы морфологиялық белгілерді зерттеу мен салыстыру, оны таксономиялық мақсаттарда пайдалану мүмкіндігі және биотехнологиялық процестерде культуралардың тазалығын бақылауда жаңа материал ретінде қолданады [12].

Зерттеу жұмысымыздың мақсаты – *Lenzites betulina* базидиальді саңырауқұлағының микробқа қарсы белсенділігін арттыруда оңтайлы өсіру жағдайларын (қоректік орта құрамы, температура, рН) таңдауға негізделген.

Ғылыми-зерттеу жұмыстары 2021-2022 жылдары «Өнеркәсіптік құнды микроорганизмдер коллекциясын құру және толықтыру, биотехнология, медицина және ауыл шаруашылығы қажеттіліктері үшін олардың биологиялық әртүрлілігін зерттеу және сақтау» бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру шеңберінде орындалды. Зерттеу тәжірибелері микроорганизмдердің республикалық коллекциясы, «Антибиотиктер және екіншілік метаболиттер бойынша пәнаралық шешімдер орталығы» зертханасында жүргізілді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу материалы

Қайың (лат. *Betula*) ағашының үгінділерінен саңырауқұлақ культурасын бөліп алу. Алдын ала тазартылған, 50-120 г қайың үгінділерін (ұнтақтау дәрежесі-10 мм) 100 мл стерильді дистилденген суда суспендирленді және бөлме температурасында 1 минут аралығында Тип 16700 миксерде араластырылды, сосын арнайы стандартты сұйылтудан кейін арнайы агарлы орталарға егілді.

Саңырауқұлақтарды бөліп алу үшін *Chapeka dextrose* және *Potato dextrose* агарлы қоректік орталары қолданылды. Инкубациялау 26-28°C температурада 7 тәулік бойы жүргізілді. Агарлы ортада өскен саңырауқұлақ колонияларын *Chapeka dextrose* агар ортасы бар пробиркаларға отырғызылды. Балдырлар мен бактериялардың өсуін тежеу үшін

0,01% концентрациядағы ампициллин антибиотигін *Chapeka dextrose* ортасы бар Петри табақшасына қосылды. Инкубация 7 тәулік бойы бөлме температурасында қараңғы жерде жүргізілді. Әрбір партияда өсіп шыққан саңырауқұлақ колонияларының тазалығы мен біркелкілігі бақыланды. Нәтижесінде бөлініп алынған микромицеттер Биомед 3Т микроскобының көмегімен 40x20 үлкейту арқылы микроскопиялық зерттеулер жүргізілді [13,14,15].

Зерттеу әдістері

Саңырауқұлақ культурасын өсіру. Саңырауқұлақ мицелийін ламинарлы шкафта стерильді жағдайда қиғаш *Chapek-Dox* агарлы ортасы бар пробиркаларда, 26-27°C температурада, 7 тәулік бойы өсірілді. Өсіп жетілген саңырауқұлақтың конидиялары Горяев камерасында есептелді, 2,2×10⁶/мл (немесе 3,8×10⁶/мл) мөлшердегі конидиялар 100 мл көлемді модификацияланған сұйық *Чапек-Докс* ортасы бар 500 мл колбаға құйылды және 21 тәулік бойы шейкерде (120 айн/мин) 24°C температурада өсірілді. Культуральды сұйықтықты мицелий мен спорадан бөлу 3000 айналымда центрифугалау арқылы 30 минут жүргізілді. Супернатант қызыл таспалы қағаз сүзгісі арқылы өтті және алынған культуральды фильтрат 20°C температурада сақталды [16].

Саңырауқұлақ культурасын молекулярлық-генетикалық идентификациялау. ДНҚ-ны бөліп алу. Саңырауқұлақ культурасы 2 мл стерильді пробиркада екі шыны шарикпен (6мм) 30Hz, 15минут MM300 mixerMill құрылғысында гомогенизацияланды. Содан кейін 350 мкл СТАВ ерітіндісін қосып, араластырып, 700 мкл хлороформ-изоамил спирті ерітіндісін (24:1) қосып, мұқият араластырып, 10 минут тұндырып, супернатантты таза пробиркаларға ауыстырылды. Содан кейін 700 мкл хлороформ-изоамил спирті ерітіндісі (24:1) қосылып, 65°C температурада 60 минут инкубацияланды, мұқият араластырылды және 10 минут ішінде 12000 айн/мин центрифугаланды. Центрифугалаудан кейін су фазасы жаңа таза пробиркаларға ауыстырылды және ДНҚ изопропил спиртінің көлемімен алынды. Әрі қарай, бір минут ішінде 12000 айн/мин центрифугаланды. Колонка шайғыш буферімен (80% этанол, 10 мМ Tris-HCl, pH 8,0) 2 рет жуылды. ДНҚ үлгілері 100 мкл TE буферде ерітіліп, -20°C температурада сақталды. Толқын ұзындығы 280нм болатын NANODROP спектрофотометрін қолдана отырып, ДНҚ концентрациясы спектрофотометриялық әдіспен өлшенді.

Зерттелген саңырауқұлақ штамдарын генотиптеу үшін ішінара 18S, 28S және толық 5.8S рРНҚ нуклеотид тізбегін, сондай-ақ 18S, 5.8S және 28S рРНҚ (ITS1 және ITS2 аймақтары) кодтайтын гендердің арасында орналасқан ДНҚ тізбегін ITS1F 5' CTT GGT CAT TTA рибосомаларының гендердің консервативті аймақтарына стандартты олигонуклеотидті праймерлерді қолдана отырып анықтау жүргізілді Gag GAA GTA а 3' және ITS4B 5' CAG GAG ACT TGT ACA CGG TCC AG 3'. ПТР келесі жағдайларда жүргізілді: 1 цикл 5 мин 95°C, содан кейін 25 цикл (1 мин 90°C, 1 мин 56°C, 1 мин 72°C) және 1 цикл 10 мин 72°C [17].

Нуклеотидтер тізбегін анықтау. ПТР өнімдері байланыспаған праймерлерден тазарту экзонуклеаза I (ферменттер) және сілтілі фосфатазды *Shrimp Alkaline Phosphatase*, *Fermentas* ферментативті әдіспен жүргізілді. Секвенирлеу реакциясы өндірушінің нұсқауларына сәйкес BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit қолдану арқылы жүзеге асырылды, содан кейін фрагменттерді 3730xl DNA Analyzer (Applied Biosystems) автоматты генетикалық анализаторында бөлінді [18].

Саңырауқұлақ культурасының антимикробтық белсенділігін анықтау. Бастапқы скрининг нәтижесінде іріктелген микромицеттердің белсенді штамдары Чапеканың сұйық стандарты орталарында өсірілді. Бактерияларға және патогенді саңырауқұлақтарға қарсы әсер ету спектрі тест-культуралар – *Serratia marcescens* B-RKM 0832, *Escherichia coli* ATCC 25922 B-RKM 0447, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 B-RKM 0470, *Candida albicans* ATCC 885-653 RKM-0475 арқылы зерттелді [19]. Зерттелетін штамдармен зерттелетін культураның өсуін тежеу аймағының диаметрінің өлшемі екі күнде (бактериялар үшін), ал 5-7 күнде (саңырауқұлақтар үшін) бағаланды. Штамдардың белсенділігін салыстырмалы бағалау

үшін антибиотикалық белсенділік коэффициенті қолданылды, ол формула бойынша есептелді:

$$Ka = \frac{A}{K} \quad (1)$$

мұнда:

Ka – саңырауқұлақтың антибиотикалық белсенділігінің коэффициенті, мм;

A – сынақ объектілерінің тежеу аймақтарының диаметрлерінің қосындысы, мм;

K – сынақ объектілерінің саны.

Статистикалық өңдеу. Барлық эксперименттер үш биологиялық және аналитикалық қайталануларда жүргізілді. Алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу STATISTICA 8.0 бағдарламасын қолдану арқылы жүргізілді. Зерттелген саңырауқұлақ культурасын топтарға біріктіру үшін алынған тәжірибелік мәліметтер ағаш тәрізді кластерлеуге талдау жүргізілді. Кластерлерді қалыптастыру кезінде Эвклид қашықтығы пайдаланылды [20].

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі, Ғылым комитеті қаржыландыру аясында жүргізілді (ИРН BR18574066).

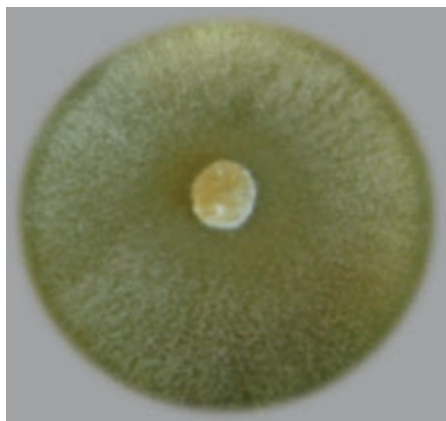
Зерттеу нәтижелері

Саңырауқұлақ культурасын бөліп алу және идентификациялау. Саңырауқұлақ культурасының колониялары ақ түсті ұлпідек формада, мақта-жүнді болады, сосын киізденеді. Колонияның шеткі бөлігі тығыз емес, тегіс, пресстелген. Клеткалары қартаю кезінде колониялары сарғыш немесе кілегей реңге ие болады, диаметрі 3-10 мм түйнектер түрінде кілегей түсті, уақыт өте сарғыштау түске айналады. Кейде жақсы дамыған гименофор мен базидиоспоралары бар жеміс денелері (әрқашан бір қабатты) пайда болады. Саңырауқұлақ жағымды иісі бар, диаметрі 90 мм Петри табақшасында 26°C температурада 6 тәулікте саңырауқұлақ культурасы өсіп жетіледі. Агар пластинкасында бір ғана мицелий түзілген, хламидоспоралар, артроспорлар және оидиялар түзілмейді. Түптік культурада сфералық немесе дұрыс емес пішінді мицелиалды агрегаттар пайда болады. Меласса және этанол бар орталарда олар өсудің дисперсті түріне оңай өтеді. Зерттелген саңырауқұлақтың морфологиялық-культуральді белгілері *Lenzites* туысына жататындығы анықталды (кесте-1, сурет-1).

Кесте 1

Зерттелген саңырауқұлақ штамына сипаттама

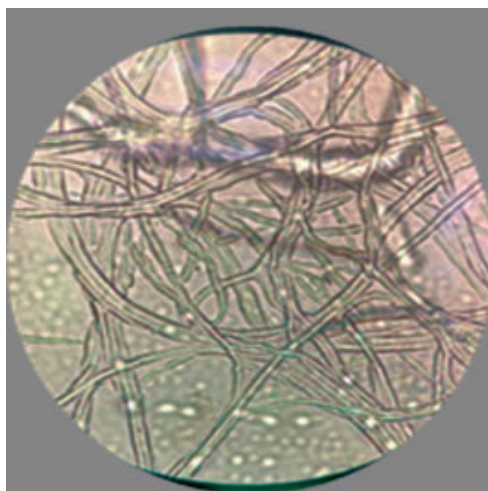
Штамм	Түрлік құрамы	Таксономиялық құрамы	Географиялық орналасқан жері	Түрдің экологиясы
LE-BIN	<i>Lenzites betulina</i>	<i>Polyporaceae</i> , <i>Polyporales</i>	Шығыс-Қазақстан, Қ а т о н - Қ а р а ғ а й орман алқапты жері, субстрат- қайын ағашының сүрегі	Ксилотроф (ағаш қабығының ыдырауын бірінші сатысында жүзеге асырады) сүрек шірігі ауруын тудырады. Жапырақты ағаштардың сүрегінде тіршілік етеді.



а



б



в

Сурет 1. Агарда өсірілген *Lenzites betulina* саңырауқұлағының культурасы

а - саңырауқұлақтың ақ ұлпідек колониялары, б - саңырауқұлақтың түптік көрінісі, в - саңырауқұлақ мицелийі

Lenzites туысына жататын саңырауқұлақтың вегетативті мицелийінің морфологиясы алғаш рет зерттелді және культураның сәйкестендіру дұрыстығын растау үшін олардың рРНҚ нуклеотидтер тізбегін, сондай-ақ ITS1 және ITS2 аймақтарының тізбегін ішінара 18S, 28S және толық 5.8S анықтау жүргізілді. Молекулалық - генетикалық сәйкестендіру нәтижесінде бұл саңырауқұлақтың *Lenzites betulina* түріне жататындығы расталды (гомологиялық деңгейі - 99%) (кесте-2).

Кесте 2

Lenzites культураның генотипирлеу нәтижелері

Жүйелігі	Accession # GenBank	Штаммның атауы	% сәйкестігі
TAATGTAATGTGAATTGCAGAATTC AGTGAATCATCGAATCTTTGAACGC ACCTTGCGCTCCTTGGTATTCCGAG GAGCATGCCTGTTTGAGTGTCATAA AGAAACTAACAAGGATTCCCCTAG TAACTGCGAGTGAAGCGGGA GCTCAAATTTAAATCTGGCGGTCT TTGGCCGTCCGAGTTGTAGTCTGGA GAAGTGCTTTCCGCGCTGGACCGT GTACAAGTCTCTTGGAACAGAGCG TCATAGAGGGTGAGAATCCCGTCTT TGACACGGACTACCAAGTGCTTTGTG ATGCGCTCTCAAAGAGTTCGAGTTG TTTGGGAATGCAGCTCAAATGGG TGGTGAATTCCATCTAAAGCTAAAT ATTGCGGAGAGACCGATAGCG	AY463436.1	<i>Lenzites betulina</i>	99,0

Сабуро қоректік орта құрамын модификациялау

Көмірсулар мен органикалық азот қосылыстары саңырауқұлақтардың конструктивті және энергетикалық алмасуының негізгі компоненттері болып табылады. Әдетте пептидті антибиотиктерді алу үшін ортада азот көзі ретінде ақуыздар мен олардың гидролиз өнімдері - пептондар, гидролизаттар, жеке аминқышқылдары болуы қажет [21]. Саңырауқұлақтар арқылы пептидті антибиотиктерді өндіру үшін ортадағы көміртегі мен азоттың арақатынасына аса мән беру маңызды және ол әрбір продуцент штамм үшін әртүрлі болып келеді. Саңырауқұлақтардың өсуі мен спора түзуіне қоректік ортаның құрамы, температура, аэрацияға байланысты екендігі белгілі [22].

Зерттеу тәжірибемізде *Lenzites betulina* саңырауқұлағының микробқа қарсы антогонистік белсенділігін жоғарылатуда қоректік орта құрамын оптимизациялауда стандартты Сабуро қоректік ортасы таңдалды. Сабуро қоректік орта құрамында көміртегі мен азот көзінің әртүрлі қатынастары алынды. Тәжірибе нәтижелері 3-кестеде берілген.

Кесте 3

Lenzites betulina – саңырауқұлағының дамуына көміртегі мен азот көзінің қатынасы, мм

Тәулік	Өлшеу уақытына байланысты штамм колониясының диаметрі, мм			
	1-нұсқа 50 г C/12,5г N	2-нұсқа 30 г C/12,5г N	3-нұсқа 50 г C/7,5г N	4-нұсқа 30 г C/7,5г N
5	2,00±0,2	2,00±0,2	-	-
10	35,0±0,2	30,0±0,2	-	-
15	55,0±0,2	47,0±0,2	36,5±0,2	34,0±0,2
20	65,5±0,1	59,5±0,1	36,5±0,2	35,5±0,1
25	75,0±0,3	70,5±0,4	45,0±0,1	55,0±0,1

Құрамында көміртегі көзі ретінде глюкоза бар және азот көзі ретінде пептон (Г+П) жартылай синтетикалық орта бір жағынан табиғи индукторларсыз, ал екінші жағынан глюкозалы орталарда өскен кезде ақ шірік саңырауқұлақтар глюкозооксидазаны синтездеуге қабілетті, яғни ағаш субстраттарда өсу барысында кейбір базидиомицеттер H_2O_2 түзілуінің негізгі көзі болып табылады.

Алынған тәжірибе нәтижелерінен 5 және 25 тәулік аралығында әртүрлі Г+П мөлшерде алынған қоректік ортада саңырауқұлақ колонияларының 1 және 2-ші нұсқаларда белсенді өсуі байқалады. 1-нұсқада 5 және 25 тәулік аралығында көміртегі (50 г) және азот көзі (12,5 г) бар қоректік ортада саңырауқұлақ штамының дамуына белсенді әсер етуі байқалады. Екінші нұсқада көміртегі көзін - 30г, ал азот - 12,5 г мөлшерде қоректік ортаны дайындау барысында саңырауқұлақ колонияларының өсуі, бірінші нұсқаға қарағанда төмен болды. 3-ші және 4-нұсқада саңырауқұлақ колонияларының өсуі 5 және 10 тәулік аралығында мүлдем байқалмады, тек қана 15 және 25 тәулік аралығында саңырауқұлақтың белсенді дамуы байқалды. Зерттеу нәтижелерінен қоректік орта құрамындағы көміртегі (50 г) және азот көзі (12,5 г) концентрациялары саңырауқұлақ колонияларының өсуіне белсенді оң әсер етті.

***Lenzites betulina* микробқа қарсы белсенділігін анықтау**

Lenzites betulina продуцирлейтін көптеген антибиотиктердің табиғаты ақуызды немесе полипептидті құрамды болып келеді. Осыған байланысты культуралық сұйықтықтағы антибиотиктің (лиофилизациядан кейінгі белсенді сығындының мөлшері) индикаторлы тест-культураларға *S. marcescens*, *E. coli*, *S. aureus*, *Candida albicans* антагонистік белсенділігіне температураның әсері зерттелді. Ол үшін Сабуро қоректік ортасында көміртегі (50 г) және азот көзі (12,5 г) концентрациялары бар қолайлы орта қолданылды. Антибиотиктер жинақталу үшін саңырауқұлақ штамын өсірудің беттік әдісі пайдаланылды. Саңырауқұлақ сұйық ортаның бетінде тығыз мицелиальді пленкалар түзеді, ал 5-6 тәуліктен кейін споруляциялық мүшелер пайда болады және антибиотиктердің культуралық сұйықтыққа синтезделуі басталады.

Жалпы ксилотрофтар үшін температура шегі 4°C-тан - 38°C-қа дейінгі кең диапазонда болатыны белгілі [23-26]. Көптеген саңырауқұлақтардың өсуі мен дамуы үшін қолайлы температура 20°C-тан 30°C-қа дейін (*Armillaria mellea*, *Lentinula edodes*, *Luophyllum ulmarium*, *Kuehneromyces mutabilis*, *Grifola frondosa*, *Piptoporus betulinus*) [27]. Сондай-ақ, *Lentinula edodes* штамдарының өсуі үшін оңтайлы температура 26°C, ал кейбір *Grifola frondosa* штамдары үшін 24-28°C [28]. *Lenzites betulina* саңырауқұлағының шартты-патогенді штамдарға әсерін зерттеуде әртүрлі температурада (5-28°C) тежеу аймақтарының өлшемінен анықталды (кесте-4).

Кесте 4

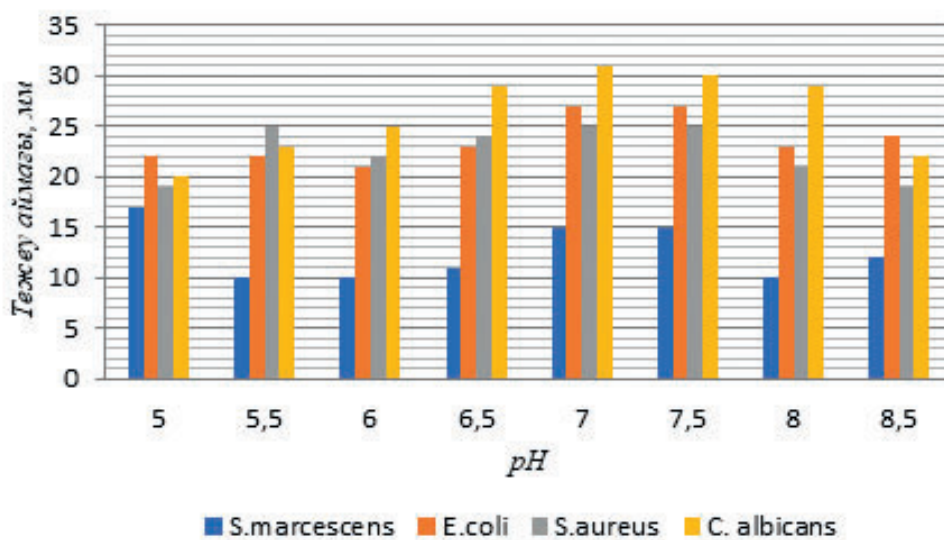
***Lenzites betulina* штамының тест-культураларын тежеу аймақтарының температураға тәуелділігі, мм**

t°C	Тест-культураның тежеу аймағы, мм				Антибиотикалық белсенділіктің коэффициенті
	<i>S.marcescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>C.albicans</i>	
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-
20	-	-	8,00±0,2	8,00±0,1	4,00
25	10,0±0,5	21,0±0,2	22,0±0,3	28,0±0,5	21,0
28	14,0±0,1	29,0±0,2	25,0±0,1	33,0±0,2	25,0

Тәжірибе нәтижелерінен саңырауқұлақ штамының тест-культураларға белсенді әсері $t=25^{\circ}\text{C}$ және 28°C температураларда тежеу аймақтарының өсуімен сипатталады. Ал $t=5^{\circ}\text{C}$ және 15°C температураларда саңырауқұлақ штамының тест-культураларға антагонистік белсенділік көрсетпеді, тек қана 20°C температурада саңырауқұлақ штамының биологиялық әсері *S.aureus* және *Candida albicans* тест-культураларында байқалды (8 мм-ден). Яғни, саңырауқұлақтың өсу белгілері болмағанымен, тіршілік ету қабілетін сақталуымен сипатталады, себебі температураның одан әрі жоғарылауы барысында тежеу аймақтарының пайда болуымен ерекшеленеді. Тәжірибе нәтижелерінен әртүрлі температурада саңырауқұлақ штамының антагонистік белсенділігі 28°C температурада жоғары болды.

Саңырауқұлақтардың көптеген түрлері қышқылдықтың әртүрлі мәндерінде өседі, көбінесе жоғары базидиомицеттердің мицелийінің өсуіне қолайлы рН 5,0-6,0 диапазоны болып табылады. *Trametes* туысының базидиомицеттері 3,5-тен 7,5-ке дейін рН-ның кең диапазонында өсуге қабілетті, алайда ортаның рН-ы туыстар мен түрлер арасында айырмашылықтарға ие. Сутегі иондарының (рН) концентрациясының әртүрлі мәндеріндегі культураның өсуін зерттеу *T. versicolor* 353 штамында мицелийдің белсенді өсуі ортасы рН - 4,5-тен 6,5-ке дейін өсетіні анықталды [29,30].

Біздің зерттеуімізде *Lenzites betulina* саңырауқұлағының антимикробты белсенділігін арттыру мақсатында қолайлы рН-ортасына зерттеу жүргізілді. Ол үшін әртүрлі рН 5,0-9,0 орталарында саңырауқұлақтың индикаторлы тест-культураларға *S. marcescens*, *E. coli*, *S.aureus*, *Candida albicans* әсері тежеу аймақтарының өлшемінен анықталды (сурет-2).



Сурет 2. *Lenzites betulina* штамының тест-культураларын тежеу аймақтарының әртүрлі рН ортасына тәуелділігі, мм

Саңырауқұлақ культураның әртүрлі рН 5,0-9,0 аралығында антагонистік белсенділігі *S. marcescens* тест-культурасында ең жоғары көрсеткіш рН-2-де тежеу аймағы - 17,0мм және рН - 7,5-8,0 тежеу аймағы - 15,0 мм құрады. *E. coli* тест-культурасында ең жоғары көрсеткіш рН - 7,5-8,0 тежеу аймағы - 27,0 мм құрады. *Lenzites betulina* саңырауқұлағының антибиотиктік қасиеті *E. coli* тест-культурасында рН-тың барлық мәндерінде жоғары болды. Келесі *S. aureus* тест-культурасында тежеу аймағының жоғары көрсеткіші рН - 7,5- 8,0 мәндерінде - 25,0 мм құрады. Ал *C. albicans* тест-культурасында да рН - 7,5-8,0 тежеу аймағы - 31,0 мм құрады.

Тәжірибе нәтижелерінен *Lenzites betulina* саңырауқұлағының әртүрлі рН 5,0-9,0 мәндерінде тест-культураларға антагонистік белсенділігін зерттеу барысында ең қолайлы рН 7,5-8,0 ортасы екендігі анықталды.

Зертханалық жағдайда *Lenzites betulina* саңырауқұлағын сұйық қоректік ортада антибиотиктерді синтездеу қабілетін зерттеу

Жаңа антибиотиктерді продуцирлеуші ретінде микроорганизмдердің штамдарын іздестіру көптеген патогенді микробтарда актиномицет сериясының антибиотиктеріне төзімділіктің пайда болуына байланысты ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Антибиотикалық қасиеттері бар заттарды синтездеуші ретінде ксилотрофты саңырауқұлақтар жеткілікті зерттелмеген.

Осыған байланысты *Lenzites betulina* саңырауқұлағының антибиотикалық белсенділігіне бағалау жүргізілді. Сынақ объектілері ретінде: *S. marcescens*, *E. coli*, грам оң *Staphylococcus aureus* бактериясы және *Candida albicans* саңырауқұлағы қолданылды. *Lenzites betulina* саңырауқұлағын өсірудің ең тиімді тәсілі - 1 литрге 28°C, рН - 7,5 температурада, глюкоза - 30,0 г және пептон - 12,5 г глюкозасы бар сұйық Сабура ортада беттік өсіру 22 тәулікті құрады. Культуральды сұйықтық (КС) мицелийден центрифугалау арқылы бөлініп, фугаттың белсенділігі анықталды (кесте-5).

Кесте 5

***Lenzites betulina* саңырауқұлағының сығындыларында антибиотикалық белсенділігі**

Нұсқа	Тәулік	Тест-культураны тежеу аймағы, мм			
		<i>S.marcescens</i>	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>C. albicans</i>
1	1	7,0±0,4	12±0,3	16±0,3	12±0,3
2	3	10±0,7	22±0,1	25±0,1	23±0,4
3	5	10±0,3	21±0,2	22±0,1	25±0,2
4	7	11±0,1	23±0,4	24±0,5	29±0,2
5	9	15±0,1	27±0,1	25±0,2	31±0,3
6	12	10±0,2	35±0,4	29±0,3	39±0,1
7	16	14±0,1	40±0,2	36±0,2	43±0,2
8	22	13±0,2	38±0,3	31±0,4	38±0,2

Lenzites betulina саңырауқұлағына тестілеу тәжірибесін жүргізу барысында, ксилотрофтың бактерицидті немесе фунгицидті белсенділік көрсетіндігі байқалды. 5-кестеде *Lenzites betulina* культурасында тәулік аралығында тест-культураларда тежеу аймағы біртіндеп жоғарылайды. Әсіресе, саңырауқұлақ сығындыларының *Candida albicans* – 43 мм және *E.coli*-40 мм тест-культураларына қатынасы жоғары белсенділікке ие болды. Сонымен қатар саңырауқұлақ культурасының антибиотикалық белсенділігі тест-культураларға селективті әсер ету қасиетімен сипатталады. *S.aureus* тест-культурасын тежеу аймағы 16 тәулікте жоғары болды (36 мм), саңырауқұлақтың *S.marcescens*-ке қатынасында жоғары көрсеткіш 9 тәулікте байқалды, яғни тежеу аймағы – 15 мм құрады. Ал *E.coli* таяқшасына және *C. albicans* тест-культураларына антибиотикалық белсенділігі 16 тәулікте жоғары мәнге: 40 мм; 43 мм ие болды.

Қорытынды

Ағаш шірігін тудыратын жоғары сатылы базидиомицет саңырауқұлағының түрлік құрамына талдау жүргізілді. Талдау барысында саңырауқұлақтың культуральді – морфологиялық және молекулалық-генетикалық қасиеттері саңырауқұлақтың *Lenzites betulina* түріне жататындығы анықталды. Саңырауқұлақтың антимикроптық белсенділігін арттыру мақсатында қоректік орта құрамы модификацияланды. Тәжірибе нәтижесінде Сабуро қоректік орта құрамындағы көміртегінің - 50 г мен азот - 12,5 г концентрациялары саңырауқұлақ колонияларының өсуіне белсенді оң әсер етті.

Сонымен қатар саңырауқұлақтың индикаторлы тест-культураларға *S. marcescens* *E. coli*, *S. aureus*, *Candida albicans* антагонистік белсенділігіне әртүрлі (t-5-28°C) температуралардың және рН-орталарының (5,0-9,0) әсері зерттелді. Нәтижесінде саңырауқұлақ штаммының тест-культураларға антагонистік белсенділігі - 28°C температурада және рН 7,5-8,0 қолайлы ортада жүретіндігі анықталды.

Lenzites betulina саңырауқұлағының бактерицидті немесе фунгицидті белсенділігі тест-культураларда тежеу аймағының біртіндеп жоғарылауымен ерекшеленді. Әсіресе, саңырауқұлақ сығындыларының әсері *Candida albicans* – 43 мм және *E. coli* – 40 мм тест-культураларында ең жоғары көрсеткішке ие болды. Сонымен қатар саңырауқұлақ культурасының антибиотикалық белсенділігі *S. aureus* тест-культурасын тежеу аймағы 16 тәулікте жоғары болды (36 мм), ал *S. marcescens*-ке қатынасында жоғары көрсеткіш 9 тәулікте байқалды, яғни тежеу аймағы – 15 мм құрады.

Қаржыландыру. Бұл зерттеулерді (IRN BR18574066) Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі, ғылым комитеті қаржыландырды.

Әдебиеттер тізімі

1. Щерба В.В. Грибные метаболиты - основа функциональных препаратов нового поколения // Материалы второй Международной научной конференции «Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы». – Минск: «БГУ», 2005. – С. 175.
2. Denisova N.P. Healing properties of mushrooms. Ethno-mycological essay. – Saint Petersburg: Publishing house “State Medical University”, 1998. – 259 p.
3. Ilyina G.V. Ecological and physiological potential of natural isolates of xylophilic basidiomycetes. Dissertation for the doctor of biological sciences: 2011. – 432 p.
4. Гарибова Л.В. Обзор и анализ современных систем грибов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. – 28 с.
5. Liang X., Ni X., Han L.P. Advances in bioactivities of polysaccharides from edible medicinal fungi // J. Changchun Norm. Uni. – 2018. – Vol. 3. – P. 82-85.
6. Sadgrove N.J., Senbill H., Ben-Erik Van Wyk., Greatrex B.W. New labdanes with antimicrobial and acaricidal activity: Terpenes of *Callitris* and *Widdringtonia* (Cupressaceae) // Antibiotics (Basel). – 2020. – Vol. 9(4). – P. 173.
7. Merad N., Andreu V., Chaib S. de Carvalho Augusto R., Duval D., Bertrand C., Boumghar Y., Pichette A., Djabou N. Essential oils from two Apiaceae species as potential agents in organic crops protection // Antibiotics. – 2021. – Vol. 10. – P. 636.
8. Гарибова Л.В. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 207 с.
9. Рабинович М.Л., Болобова А.В., Кондращенко В.И. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов // Древесина и разрушающие ее грибы. – 2001. – Т. 1. – №5. – С. 264-275.
10. Биско Н.А., Бухало А.С., Вассер С.П. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре. – Киев: Наук. думка, 1983. – 312 с.
11. Решетников С.В. Эволюция бесполого размножения высших базидиомицетов. – Киев: Наук. думка, 1991. – 185 с.

12. Сидоренко С.В. Перспективы контроля распространения антибиотикорезистентности // Антибиотики и химиотерапия. – 1998. – № 7. – С. 3-6.
13. Ильина Г.В. Интенсивность накопления мицелиальной биомассы ксилотрофных базидиомицетов в глубинной культуре в зависимости от параметров культивирования // Высшие базидиальные грибы: индивидуумы, популяции, сообщества. – Москва: Наука, 2008. – С. 188-189.
14. Скобанев А.В., Ильина Г.В. Эколого-трофические особенности распространенных в Пензенской области видов лигнинразрушающих базидиомицетов в природе и искусственной культуре // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения. – Пенза, 2008. – С. 399-400.
15. Hoshino F., Kajino T., Sugiyama H., Asami O., Takahashi H. Thermally stable and hydrogen peroxide tolerant manganese peroxidase (MnP) from *Lenzites betulinus* // FEBS Lett. – 2002. Vol. 530. – P. 249-252.
16. Guo L., Tan D.C., Hui F.Y., Gu F., Xiao K.M., Hua Y. Optimization of the cellulase-ultrasonic synergistic extraction conditions of polysaccharides from *Lenzites betulina* // Chem Biodiver. – 2019. – Vol. 16(11). – P. 16.
17. Wu Y., Xu F., Li X.S., Zhu J.H., Shen L.Q. Structural elucidation and antioxidant activity of LRP-I and LRP-II polysaccharide from *Leccinum rugosiceps* // Sc. Technol. Food Ind. – 2020. Vol. 41. – P. 8-14.
18. Teplyakova T.V., Psurtseva N.V., Kosogova T.A., Mazurkova N.A., Khanin V.A., Vlasenko V.A. Antiviral activity of polyporoid mushrooms (higher Basidiomycetes) from Altai Mountains (Russia) // Int. J. Med. Mushrooms. – 2012. Vol. 4. – P. 308-314.
19. Zaidman B.Z., Yassin M., Mahajna J., Wasser S.P. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2005. – Vol. 67(4). – P. 453-468.
20. Бухало А.С., Соломко Э.Ф., Пархоменко Л.П. Опыт глубинного выращивания *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. на комплексных средах // Производство высших съедобных грибов СССР. – Киев: Наука, 1978. – С. 29-32.
21. Фёдорова Т.В., Шахова Н.В., Кляйн О.И., Глазунова О.А., Малошенко Л.Г. Сравнительный анализ лигнолитического потенциала базидиальных грибов, принадлежащих к различным таксономическим и экологическим группам // Прикладная биохимия и микробиология. – 2013. – Т. 49. – № 6. – С. 570-579.
22. Иванов А.И., Ильина Г.В., Ильин Д.Ю., Скобанев А.В., Костычев А.А. Изучение биоаккумуляции химических элементов грибами как актуальное направление микологических исследований // Образование, наука, практика: инновационный аспект. – Пенза, 2008. – С. 33-38.
23. Дьяков М. Ю., Камзолкина О. В., Штаер О. В., Бисько Н. А. Морфологические признаки природных штаммов некоторых видов базидиомицетов и биологический анализ антимикробной активности в условиях глубинного культивирования // Микология и фитопатология. – 2010. – Т.44. – №3. – С. 225-239.
24. Халафян А.А. Статистический анализ данных. – Москва: Изд: ООО «Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
25. Мустафин К.Г., Ахметсадыков Н.Н., Бисько Н.А., Сулейменова Ж.Б., Нармуратова Ж.Б., Садуева Ж.К. Подбор оптимальных условий культивирования для повышенного синтеза биомассы базидиального гриба *Trametes versicolor* // Вестник КазНУ. – 2016. – №2. – С. 150-158.
26. Автономова А.В., Краснопольская Л.М., Максимов В.Н. Оптимизация состава питательной среды для погруженного культивирования *Ganoderma lucidum* // Микробиология. – 2006. – Т. 75. – №2. – С. 186-192.
27. Краснопольская Л.М. Грибы класса *Basidiomycetes* - источники лекарственных веществ // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии. – Москва: Наука, 1993. – С. 230-232.
28. Сашенкова С.А., Ильина Г.В., Козырева Н.С., Иванов А.И. Рост и морфологические особенности мицелия чистых культур трутовика серно-желтого *Laetiporus sulphureus* в зависимости от условий культивирования // Микология и фитопатология. – 2005. – Т. 39. – №1. – С. 35-40.
29. Гарибова Л.В., Ильина Г.В. Региональные коллекции мицелиальных культур как возможность сохранения природного разнообразия базидиомицетов, а также их физиолого-биохимических особенностей // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2009. – №1. – С. 38-39.
30. Ильина Г.В., Лыков Ю.С., Костычев А.А. Изучение антимикробной активности местных штаммов *Laetiporus sulphureus* Bond. et Sing. // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2009. – №2. – С. 178-179.

С.К. Наекова^{1,2}, З.С. Сармурзина¹, Г.М. Салхожаева², Ж.Б. Текебаева¹,
Г.К. Мамытбекова¹

¹Республиканская коллекция микроорганизмов, Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Подбор оптимальных условий культивирования для повышения антимикробной активности базидиального гриба *Lenzites betulina*

Аннотация. В последние десятилетия все больше внимания уделяется изучению различных соединений, выделенных из высших базидиальных грибов. Проведен анализ таксономического видового состава грибов рода базидиомицеты, вызывающего белую гниль на березе. В ходе изучения культурально-морфологических и молекулярно-генетических свойств установлено, что культура грибов относится к виду *Lenzites betulina*.

Для повышения способности выделенного гриба синтезировать антимикробные соединения был модифицирован состав питательной среды (соотношение углерода и пептона), была подобрана оптимальная температура (28°C) и pH-среда (7,5-8,0). Также были изучены антагонистические свойства между тест-культурами *S.marcenscens*, *E. coli*, *S.aureus*, *Candida albicans* и культурой грибов *Lenzites betulina*. Исследование показало, что наибольшее антибиотическое воздействие грибов *Lenzites betulina* было оказано на культуру дрожжей *C. albicans* и бактерий *E.coli*. Таким образом, установлено, что грибы вида *Lenzites betulina* проявляют высокую бактерицидную и фунгицидную активность к условно-патогенным культурам дрожжей и бактерий.

Ключевые слова: *Lenzites betulina*, антимикробная активность, гриб, ксилотроф, фугат, тест-культура.

S.K. Nayekova^{1,2}, Z.S. Sarmurzina¹, G.M. Salkhozhayeva², Zh.B. Tekebayeva¹,
G.K. Mamytbekova¹

¹Republican Collection of Microorganisms, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Selection of optimal cultivation conditions to increase the antimicrobial activity of the basidial fungus *Lenzites betulina*

Abstract. In recent decades, more and more attention has been paid to the study of various compounds isolated from higher basidial fungi. The analysis of the taxonomic species composition of fungi of the genus basidiomycetes causing white rot on birch is carried out. During the study of cultural - morphological and molecular - genetic properties, it was found that the culture of fungi belongs to the species *Lenzites betulina*.

To increase the ability of the isolated fungus to synthesize antimicrobial compounds, the composition of the nutrient medium (the ratio of carbon and peptone) was modified, the optimal temperature (28 °C) and pH medium (7.5-8.0) were selected. Antagonistic properties between the test cultures of *S.marcenscens*, *E. coli*, *S.aureus*, *C. albicans* and the culture of *Lenzites betulina* fungi were also studied. The study showed that the greatest antibiotic effect of *Lenzites betulina* fungi was exerted on the culture of *C.albicans* yeast and *E.coli* bacteria. Thus, it was found that fungi of the *Lenzites betulina* species exhibit high bactericidal and fungicidal activity to opportunistic yeast and bacterial cultures.

Keywords: *Lenzites betulina*, antimicrobial activity, mushroom, xylophore, fugate, test culture.

References

1. SHCHerba V.V. Gribnye metabolity - osnova funktsional'nykh preparatov novogo pokoleniya, Materialy vtoroj Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Mediko-social'naya ekologiya lichnosti: sostoyanie i perspektivy», Minsk: «BGU» [Mushroom metabolites are the basis of functional drugs of a new generation, Proceedings of the Second International Scientific Conference "Medical and Social Ecology of Personality: State and Prospects", Minsk: "BSU", 175 (2005). [in Russian]
2. Denisova N.P. Healing properties of mushrooms. Ethno-mycological essay (Saint Petersburg: Publishing house "State Medical University", 1998, 259 p.).
3. Ilyina G.V. Ecological and physiological potential of natural isolates of xylotrophic basidiomycetes. Dissertation for the doctor of biological sciences: 2011, 432 p.
4. Garibova L.V. Obzor i analiz sovremennykh sistem gribov [Review and analysis of modern fungal systems] (Petrozavodsk: Karelskij nauchnyj centr RAN, 1999, 28 s.) [Petrozavodsk: Karelian Scientific Center RAS, 1999, 28 p.]. [in Russian]
5. Liang X., Ni X., Han L.P. Advances in bioactivities of polysaccharides from edible medicinal fungi, J. Changchun Norm Uni., 3, 82-85 (2018).
6. Sadgrove N.J., Senbill H., Ben-Erik Van Wyk., Greatrex B.W. New labdanes with antimicrobial and acaricidal activity: Terpenes of Callitris and Widdringtonia (Cupressaceae), Antibiotics (Basel), 9(4), 173 (2020).
7. Merad N., Andreu V., Chaib S. de Carvalho Augusto R., Duval D., Bertrand C., Boumghar Y., Pichette A., Djabou N. Essential oils from two Apiaceae species as potential agents in organic crops protection, Antibiotics, 10, 636 (2021).
8. Garibova L.V. Osnovy mikologii. Morfologiya i sistematika gribov i gribopodobnykh organizmov [Fundamentals of mycology. Morphology and systematics of fungi and fungi-like organisms] (Moskva: Tovarishestvo nauchnykh izdanij KMK, 2005, 207 s.) [Moscow: Association of Scientific Publications KMK, 2005, 207 p.]. [in Russian]
9. Rabinovich M.L., Bolobova A.V., Kondrashchenko V.I. Teoreticheskie osnovy biotekhnologii drevesnykh kompozitov, Drevesina i razrushayushchie ee griby [Theoretical foundations of biotechnology of wood composites // Wood and fungi that destroy it], 1(5), 264-275 (2001). [in Russian]
10. Bisko N.A., Buhalo A.S., Vasser S.P. Vysshie s'edobnye bazidiomicety v poverhnostnoj i glubinnoj kul'ture [Higher edible basidiomycetes in surface and deep culture] (Kiev: Nauk. dumka, 1983, 312 s.) [Kyiv: Nauk. Dumka, 1983, 312 p.]. [in Russian]
11. Reshetnikov S.V. Evolyuciya bespologo razmnozheniya vysshih bazidiomicetov [Evolution of asexual reproduction in higher basidiomycetes] (Kiev: Nauk. dumka, 1991, 185 s.) [Kyiv: Nauk. Dumka, 1991, 185 p.]. [in Russian]
12. Sidorenko S.V. Perspektivy kontrolya rasprostraneniya antibiotikorezistentnosti, Antibiotiki i himioterapiya [Prospects for controlling the spread of antibiotic resistance, Antibiotics and chemotherapy], 7, 3-6 (1998). [in Russian]
13. Il'ina G.V. Intensivnost' nakopleniya micelial'noj biomassy ksilotrofnykh bazidiomicetov v glubinnoj kul'ture v zavisimosti ot parametrov kul'tivirovaniya, Vysshie bazidial'nye griby: individuumy, populyacii, soobshchestva [The intensity of accumulation of mycelial biomass of xylotrophic basidiomycetes in deep culture depending on cultivation parameters, Higher basidiomycetes: individuals, populations, communities] (Moskva: Nauka, 2008, 188-189 s.) [Moscow: Science, 2008, 188-189 p.]. [in Russian]
14. Skobanev A.V., Il'ina G.V. Ekologo-troficheskie osobennosti rasprostranennykh v Penzenskoj oblasti vidov ligninrazrushayushchih bazidiomicetov v prirode i iskusstvennoj kul'ture, Bioraznoobrazie: problemy i perspektivy sohraneniya [Ecological and trophic features of species of lignin-degrading basidiomycetes common in the Penza region in nature and artificial culture, Biodiversity: problems and prospects for conservation] (Penza, 2008, 399-400 s.) [Penza, 2008, 399-400 p.]. [in Russian]
15. Hoshino F., Kajino T., Sugiyama H., Asami O., Takahashi H. Thermally stable and hydrogen peroxide tolerant manganese peroxidase (MnP) from *Lenzites betulinus* // FEBS Lett. – 2002. Vol. 530. – P. 249-252.
16. Guo L., Tan D.C., Hui F.Y., Gu F., Xiao K.M., Hua Y. Optimization of the cellulase-ultrasonic synergistic extraction conditions of polysaccharides from *Lenzites betulina*, Chem Biodiver., 16(11), 16 (2019).
17. Wu Y., Xu F., Li X.S., Zhu J.H., Shen L.Q. Structural elucidation and antioxidant activity of LRP-I and LRP-II polysaccharide from *Leccinum rugosiceps*, Sc. Technol. Food Ind., 41, 8-14. (2020).

18. Teplyakova T.V., Psurtseva N.V., Kosogova T.A., Mazurkova N.A., Khanin V.A., Vlasenko V.A. Antiviral activity of polyporoid mushrooms (higher Basidiomycetes) from Altai Mountains (Russia), *Int. J. Med. Mushrooms*, 4, 308-314 (2012).
19. Zaidman B.Z., Yassin M., Mahajna J., Wasser S.P. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 67(4), 453-468 (2005).
20. Buhalo A.S., Solomko E.F., Parhomenko L.P. Opyt glubinnogo vyrashchivaniya *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. na kompleksnyh sredah. Proizvodstvo vysshih s"edobnyh gribov SSSR [Experience of deep cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. on complex media, Production of higher edible mushrooms of the USSR] (Kiev: Nauka, 1978, 29-32 s.) [Kyiv: Nauka, 1978, 29-32 p.]. [in Russian]
21. Fyodorova T.V., SHahova N.V., Klyajn O.I., Glazunova O.A., Maloshenok L.G. Sravnitel'nyy analiz lignoliticheskogo potentsiala bazidial'nyh gribov, prinallezhashchih k razlichnym taksonomicheskim i ekologicheskim gruppam, Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya [Comparative analysis of the ligninolytic potential of basidiomycetes belonging to various taxonomic and ecological groups, Applied biochemistry and microbiology], 49(6), 570-579 (2013). [in Russian]
22. Ivanov A.I., Il'ina G.V., Il'in D.YU., Skobanev A.V., Kostychev A.A. Izuchenie bioakkumulyatsii himicheskikh elementov gribami kak aktual'noe napravlenie mikologicheskikh issledovaniy, Obrazovanie, nauka, praktika: innovatsionnyy aspekt [Study of bioaccumulation of chemical elements by fungi as a current direction of mycological research, Education, science, practice: innovative aspect] (Penza, 2008, 33-38 s.) [Penza, 2008, 33-38 p.]. [in Russian]
23. Дьяков М. Ю., Камзолкина О. В., Штаер О. В., Бисёко Н. А. Морфологические признаки природных штаммов некоторых видов базидиомикетов и биологический анализ антимикробной активности в условиях глубокого культивирования, Микология и фитопатология [Morphological characteristics of natural strains of some species of basidiomycetes and biological analysis of antimicrobial activity under deep cultivation conditions, Mycology and Phytopathology], 44(3), 225-239 (2010). [in Russian]
24. Halafyan A.A. Statisticheskij analiz dannyh [Statistical data analysis] (Moskva: Izd. OOO "Binom-Press, 2007, 512 s.) [Moscow: Publishing house: Binom-Press LLC, 2007, 512 p.]. [in Russian]
25. Mustafin K.G., Ahmetsadykov N.N., Bis'ko N.A., Sulejmenova ZH.B., Narmuratova ZH.B., Sadueva ZH.K. Podbor optimal'nyh uslovij kul'tivirovaniya dlya povyshennogo sinteza biomassy bazidial'nogo griba *Trametes versicolor*, Vestnik KazNU [Selection of optimal cultivation conditions for increased biomass synthesis of the basidiomycete fungus *Trametes versicolor*, Vestnik KazNU], 2, 150-158 (2016). [in Russian]
26. Avtonomova A.B., Krasnopol'skaya L.M., Maksimov V.N. Optimizatsiya sostava pitatel'noj sredy dlya pogruzhennogo kul'tivirovaniya *Ganoderma lucidum*, Mikrobiologiya [Optimization of the composition of the nutrient medium for submerged cultivation of *Ganoderma lucidum*, Microbiology], 75(2), 186-192 (2006). [in Russian]
27. Krasnopol'skaya L.M. Griby klassa Basidiomycetes - istochniki lekarstvennyh veshchestv. Sovremennye problemy mikologii, al'gologii i fitopatologii [Fungi of the class Basidiomycetes - sources of medicinal substances // Modern problems of mycology, algology and phytopathology] (Moskva: Nauka, 1993, 230-232 s.) [Moscow: Science, 1993, 230-232 p.]. [in Russian]
28. Sashenkova S.A., Il'ina G.V., Kozyreva N.S., Ivanov A.I. Rost i morfologicheskie osobennosti miceliya chistyyh kul'tur trutovika serno - zheltogo *Laetiporus sulphureus* v zavisimosti ot uslovij kul'tivirovaniya, Mikologiya i fitopatologiya [Growth and morphological features of the mycelium of pure cultures of the yellow sulfur polypore *Laetiporus sulphureus* depending on cultivation condition, Mycology and phytopathology], 39(1), 35-40 (2005). [in Russian]
29. Garibova L.V., Il'ina G.V. Regional'nye kollektsii micelial'nyh kul'tur kak vozmozhnost' sohraneniya prirodnogo raznoobraziya bazidiomicetov, a takzhe ih fiziologo-biohimicheskikh osobennostej, Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya [Regional collections of mycelial cultures as an opportunity to preserve the natural diversity of basidiomycetes, as well as their physiological and biochemical characteristics, Immunopathology, allergology, infectology], 1, 38-39 (2009). [in Russian]
30. Il'ina G.V., Lykov YU.S., Kostychev A.A. Izuchenie antimikrobnoj aktivnosti mestnyh shtammov *Laetiporus sulphureus* Bond. et Sing., Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya [Study of the antimicrobial activity of local strains of *Laetiporus sulphureus* Bond. et Sing., Immunopathology, allergology, infectology], 2, 178-179 (2009). [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет:

Наекова С.К. – аға ғылыми қызметкер, биология ғылымдарының магистрі, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

Сармурзина З.С. – биология ғылымдарының кандидаты, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

Салхожаева Г.М. – аға оқытушы, биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан

Текебаева Ж.Б. – микробиология зертханасының меңгерушісі қызметін атқарушы, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

Мамытбекова Г.К. – аға ғылыми қызметкер, ветеринария ғылымдарының магистрі, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

Nayekova S.K. – Senior Researcher, Master of Biological Sciences, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

Sarmurzina Z.S. – Candidate of Biological Sciences, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

Salkhozhayeva G.M. – Candidate of Biological Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaytpasov 13, Astana, Kazakhstan.

Tekebayeva Zh.B. – Acting Head of the Laboratory of Microbiology, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

Mamytbekova G.K. – Senior Researcher, Master of Veterinary Sciences, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

А.Б. Мырзагалиева^{1*}, Т.Н. Самарханов¹, А.Ж. Нурсафина²,
А.Б. Болгибаева¹

¹Международный университет Астана, Астана, Казахстан

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

*Автор для корреспонденции: an.myrzagaliyeva@gmail.com

Природные ресурсы девясила высокого (*Inula helenium* L.) на территории Восточного Казахстана

Аннотация. В данной статье приведены результаты исследований по оценке природных ресурсов девясила высокого на территории Восточного Казахстана. Дана характеристика девясила высокого (*Inula helenium* L.) и представлены сведения об его полезных свойствах и возможностях использования в медицине. В ходе исследований выявлены две перспективные для заготовки лекарственного сырья ценопопуляции (Ушбулакская и Селезневская ценопопуляции) девясила высокого на территории хребтов Листвяга и Ульбинский. Девясил высокий на изученных территориях приурочен к разнотравно-злаковым, злаково-разнотравным фитоценозам. Определены биологические и эксплуатационные запасы корневищ и корней, а также объем ежегодной заготовки сырья. В связи с расположением зарослей девясила высокого Ушбулакской ценопопуляции вблизи населенного пункта с.Ушбулак, травостой частично нарушен выпасом скота, что сказывается на разрастании в травостое девясила высокого. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения возможных ресурсов важного лекарственного растения и разработки мер охраны данного вида в Восточном Казахстане.

Ключевые слова: девясил высокий, лекарственные растения, ценопопуляция, биологический запас, эксплуатационный запас.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-34-42>

Введение

С каждым годом возрастает интерес населения к траволечению и лекарственным препаратам растительного происхождения, с глобализацией всё большее число людей подключается к интернету и получает информацию о тех или иных лекарственных растениях, часто их используют в самолечении. В связи с этим постоянно увеличивается объем неконтролируемых заготовок сырья лекарственных растений, что ставит под угрозу их существование в природе. Информационный поток создает новую жизнь, в этой новой жизни под угрозу попадает биоразнообразие растений. Одним из таких растений является девясил высокий (*Inula helenium* L.) – широко применяемый вид как в народной, так и официальной медицине. Девясил высокий как лекарственное средство применялся еще в Древней Греции, Риме, Китае, Тибете, Иране, Монголии и Средней Азии.

Девясил высокий – травянистый многолетник-гемикриптофит семейства *Asteraceae* Dumort, высотой до 2,5 м с мясистым многоглавым корневищем, от которого отходят немногочисленные толстые придаточные корни. Девясил высокий – евро-западноазиатский вид встречается в Европе, Европейской части России, Средней Азии,

Западной Сибири (север Алтае-Саянской горной страны), Южной Азии, Средиземноморье и на Кавказе [1, 2].

В 1804 г. в корневищах и корнях девясила высокого был обнаружен инулин, который может применяться как заменитель крахмала и сахара при сахарном диабете [3, 4]. Также в корневищах с корнями девясила высокого обнаружены инуленин, псевдоинулин, эфирное масло, слизи, органические кислоты (уксусная, бензойная), витамин Е, сапонины, камеди, смолы, флавоноиды, незначительное количество алкалоидов, макро- и микроэлементы [5]. В надземной части выявлены алантолактон, изоалантолактон, b-ситостерин, кофейная и хлорогеновая кислоты, скополетин, умбеллиферон, кверцетин, кверцетин-3-гликозид, кемпферол, кемпферол-3-гликозид, липиды, каротиноиды и углеводороды [6, 7]. В листьях содержатся эфирные масла, углеводы и родственные соединения алантолактон, изоалантолактон, алантопикрин, витамины (С, Е, каротин и фолиевая кислота), фенольные соединения [8, 9]. В листьях отмечена наибольшая концентрация флавоноидов. Все органы растений *I. helenium* богаты фенольными соединениями, наибольшая концентрация фенольных соединений обнаружена в соцветиях, в соцветиях также обнаружены флавоноиды, кверцетин, 3-метилвый эфир кверцетина, 7- тригликозид кверцетина [10, 11].

В медицине девясил высокий применяется как отхаркивающее, противовоспалительное, антисептическое, противоглистное средство [12]. *I. helenium* обладает антимикробной активностью [13, 14], в ирландской народной медицине вид используется при респираторных и кожных заболеваниях [13]. Данный вид широко используется в ветеринарной практике, биоактивный потенциал корней *I. helenium* в отношении патогенных бактерий и грибов является основой для разработки фармацевтических препаратов ветеринарного применения [15, 16]. Кроме того, девясил высокий входит в число медоносных растений, используется в декоративных целях [17]. Известно, что девясил высокий применяется как кормовое растение, зеленая масса растения может использоваться на силос [18]. *I. helenium* является не только ценным лекарственным растением, но и растением широкого спектра использования. Не зря в русском языке этот вид называют девясил, что означает девять сил. В настоящее время необходимы дальнейшие исследования данного полезного растения на предмет распространения, выявления природных ресурсов, идентификации биологически активных веществ, использования растительного материала в медицинской и ветеринарной практике из природных местообитаний Восточного Казахстана, в частности, и Республики Казахстан в целом.

Девясил высокий – широко распространённое растение во флоре Восточного Казахстана. Растет на сыроватых лугах по берегам рек, водоемов, по влажным лугам, по межгорным понижениям, среди луговой растительности, в местах выхода грунтовых вод, среди кустарников, на полянах пойменных лесов [1, 2]. К сожалению, в результате выпаса скота и неконтролируемой заготовки корневищ и корней площадь типичных участков девясила высокого в Восточном Казахстане ежегодно сокращается. Для сохранения естественных популяций ценного вида многоцелевого использования необходимо принятие мер по их сохранению. В связи с этим изучение ареала распространения, природных запасов, эколого-фитоценологических условий природных популяций девясила высокого актуально.

Цель исследования – изучение фитоценологической приуроченности и природных ресурсов *Inula helenium* L. на территории Восточного Казахстана.

Объекты и методы исследования

Исследования по определению естественных запасов девясила высокого проводились маршрутно-рекогносцировочным путем в характерных местообитаниях этого растения на территории хребтов Листвяга и Ульбинский. Объектом исследования стали две ценопопуляции *I. helenium* L. – Ушбулакская ценопопуляция на хребте Листвяга и

Селезневская на хребте Ульбинский. Для изучения растительности были использованы общепринятые методики геоботанических описаний. Полевые исследования проводились в период цветения девясила высокого на пробных площадках площадью 100 м². Расчеты запасов сырья производились по методике определения запасов лекарственных растений [19].

Результаты и обсуждение

Исследования ресурсов девясила высокого проводили в двух ценопопуляциях. Первая ценопопуляция отмечена на территории Катон-Карагайского района Восточно-Казахстанской области в окрестностях с.Ушбулак. Географические координаты – 49°23'631» с. ш., 085°13'649» в.д., высота над уровнем моря – 774 м. Расположена в 0,5 км на юго-восток и 0,2 км на юго-запад от села Ушбулак в пойме реки Черемошка (рисунок 1).

Заливной луг представлен злаково-разнотравной растительностью с участием девясила высокого, здесь зарегистрировано более 50 видов. Общее проективное покрытие 90%. Видовое разнообразие представлено: *Milium effusum* L., *Poa altaica* Trin., *Elytrigia repens* L., *Poa pratensis* L., *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub., *Chaerophyllum prescottii* DC., *Galium boreale* L., *Stellaria graminea* L., *Alopecurus arundinaceus* Poir., *Arctium tomentosum* Mill., *Artemisia vulgare* L., *Artemisia absinthium* L., *Rumex acetosa* L., *Rumex confertus* Willd., *Urtica dioica* L., *Mentha longifolia* (L.) Huds., *Filipendula vulgaris* Moench, *Tanacetum vulgare* L., *Achillea millefolium* L., *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Ranunculus acris* L., *Vicia cracca* L., *Solidago virgaurea* L., *Thalictrum flavum* L., *Geranium sibiricum* L., *Brassica campestris* L., *Malva thuringiaca* (L.) Vis., *Tussilago farfara* L., *Medicago falcata* L., *Lamium album* L., *Geranium albiflorum* Ledeb., *Angelica decurrens* (Ledeb.) B. Fedtsch., *Epilobium hirsutum* L., *Stellaria crassifolia* Ehrh., *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Rhinanthus serotinus* (Schonh.), *Trifolium arvense* L., *Trifolium pratense* L., *Silene latifolia* (Mill.) Britton & Rendle и другие.



Рисунок 1. Спутниковая карта Ушбулакской ценопопуляции

Ушбулакская ценопопуляция девясила высокого по этапам развития ценопопуляций относится к нормальному типу, полночленная, имеются особи всех возрастных состояний, особи девясила высокого находятся в хорошем состоянии, формируют многостебельные кусты, где на долю генеративных побегов приходится 6-7 кустов. Ценопопуляция девясила – прогрессирующая. Площадь зарослей девясила высокого составляет 4,5 га. На 1 м² в среднем приходится по 4 особи. Масса корневищ с корнями одного растения в среднем составила 209,4 г. Биологический и эксплуатационный запасы представлены в таблице 1.

Ушбулакская ценопопуляция девясила высокого входит на территорию Катон-Карагайского государственного национального природного парка.

Таблица 1

Биологические ресурсы *Inula helenium* в двух ценопопуляциях в 2022 году

Название ценопопуляции	Общая площадь зарослей, га	Урожайность, г/м ²	Эксплуатационный запас, т.	Объем возможных ежегодных заготовок, т
Селезневская	8	212,2±5,3	16,1	4,0
Ушбулакская	12	209,4±9,1	22,9	5,7

Вторая ценопопуляция девясила высокого изучена на территории Зыряновского района Восточно-Казахстанской области, в окрестностях с. Селезневка, в пойме реки Селезневка. Географические координаты – 49°65'693» с.ш., 83°52'864» в.д., высота над уровнем моря – 516 м. Расположена в 3 км к северу от поселка Новая Бухтарма, в 1 км на юго-восток от села Селезневка, в пойме реки Селезневка (рисунок 2). Заливной луг представлен разнотравно-злаково-девясиловой растительностью. Травянистый покров представлен *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Poa pratensis* L., *Bromus inermis* Leyss, *Dactylis glomerata* L., *Alopecurus pratensis* L., *Carex acuta*, *Trifolium pratense* L., *Galium verum* L., *Lycopus exaltatus* L., *Thalictrum simplex* L., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench., *Dracocephalum integrifolium* Bunge, *Sanguisorba officinalis* L., *Lathyrus pratensis* L., *Vicia cracca* L., *Inula britannica* L., *Cichorium intybus* L., *Mentha arvensis* L., *Mentha × interrupta* Boriss., *Rumex acetosa* L., *Agrimonia pilosa* Ledeb., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Artemisia absinthium* L., *Artemisia vulgare* L., *Lythrum virgatum* L., *Veronica longifolia* L., *Agrimonia asiatica* Juz., *Medicago falcata* L., *Carum carvi* L., и другие, более 30 видов растений. Общее проективное покрытие 90%.



Рисунок 2. Общий вид Селезневской ценопопуляции

Селезневская ценопопуляция девясила высокого по этапам развития ценопопуляций относится так же, как и Ушбулакская, к нормальному типу, ценопопуляция полночленная с особями всех возрастных состояний, особи находятся в хорошем состоянии, девясил формирует многостебельные кусты, где на долю генеративных побегов приходится 4-6 кустов. Ценопопуляция – прогрессирующая, сравнительно молодая.

Общее проективное покрытие – 85-95 %, на долю девясила высокого приходится более 40%. Девясил достигает 1,0-1,5 м высоты. Ценопопуляция находится в хорошем состоянии. Площадь зарослей девясила высокого составляет 6 га. На 1 м² в среднем приходится по 5 особей. Масса корневищ с корнями одного растения в среднем составила 212,2 г. Биологический и эксплуатационный запасы представлены в таблице 1.

Выводы

Таким образом, результаты данного исследования показывают, что девясил высокий (*Inula helenium* L.) на территории Восточного Казахстана приурочен к разнотравно-злаковым, злаково-разнотравным фитоценозам. Обе ценопопуляции по этапам развития относятся к нормальному типу, полночленные, особи девясила высокого находятся в хорошем состоянии, имеются особи всех возрастных состояний. По сравнению с Селезневской ценопопуляцией, в связи с расположением зарослей девясила высокого Ушбулакской ценопопуляции вблизи населенного пункта (с. Ушбулак) травостой частично нарушен выпасом скота, что негативно сказывается на разрастании в травостое девясила высокого. Лимитирующим фактором возобновления ценопопуляции девясила высокого является выпас скота. Однако по состоянию растительности перевыпас скота не наблюдается.

Запасы девясила высокого, выявленные в Восточном Казахстане, при эффективном использовании могут служить объектом заготовки для отечественных фармакологических предприятий. В дальнейшем результаты исследований могут быть использованы для

разработки научной основы сохранения и рационального использования девясила высокого. Изученные ценопопуляции девясила высокого можно использовать для получения качественных семян с последующим введением вида в культуру. Для сохранения вида *I. helenium* необходимо выращивание вида в культуре, создание условий для вегетативного и семенного возобновления в природных местообитаниях путем ограничения бесконтрольного сбора корней и корневищ растения и выпаса скота на главных промысловых массивах вида.

Роль использования растительного материала из *I. helenium* высока, в связи с этим в настоящее время необходимы более детальные исследования по идентификации биологически активных веществ и применения в медицинских и ветеринарных целях этого вида из природной популяции Республики Казахстан.

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта грантового финансирования научных и научно-технических проектов ИРН АР19680461 «Современное состояние популяций и ресурсный потенциал лекарственной флоры Казахстанской части Южного и Западного Алтая».

Список литературы

1. Адекенов С.М., Байтулин И.О., Мырзагалиева А.Б. Запасы сырья *Inula helenium* L. на хребтах Калбинский и Нарын // Доклады Национальной Академии наук Республики Казахстан. – 2013. – №4. – С. 80-84.
2. Флора СССР. Т. XXV. – Москва, Ленинград: Изд-во АН СССР, 1959. – С. 452.
3. Путьский И.Н., Прохоров В.Н. Лекарственные растения. Энциклопедия. – Мн.: Книжный Дом, 2003. – С. 118-120.
4. Дергачева Ж.М., Гурина Н.С. Перспективы применения цветков девясила высокого // Вестник фармации. – 2008. – №3(41). – С. 18-20.
5. Авдохина А.А. Местонахождение и ресурсная значимость девясила высокого в Аркадакском районе Саратовской области // Качественное экологическое образование и инновационная деятельность – основа прогресса и устойчивого развития: сборник статей международной научно-практической конференции. – Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2019. – С. 4-6.
6. Котов А.Г., Хворост П.П., Комиссаренко Н.Ф. Девясил высокий и его биологически активные вещества // Новые лекарственные препараты из растений Сибири и Дальнего Востока: тезисы докладов всесоюз. конф. – Томск. – 1989. – С. 87.
7. Гусакова С.Д., Степаненко Г.А., Асилбекова Д.Т. Липиды некоторых лекарственных растений // Растительные ресурсы. – 1983. – Т. 19. – Вып. 4. – С. 444-445.
8. Муравьева Т.Н. Новые фармакосонирующие вещества в ряду фитоадаптогенов для валеологии // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения: материалы 2-го международного съезда. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 66-68.
9. Максютин Н.П., Комиссаренко Н.Ф., Прокопенко А.П. и др. Растительные лекарственные средства. – Киев: Здоров'я, 1985. – 280 с.
10. Kowalewska K., Lutomski J. Flawonoidy w kwiatostanach omanu wielkiego (*Inula helenium* L.) // Herba Polonica. – 1978. – Vol. 24(3). – P. 107-113.
11. Nenad Zlatic, Dragana Jakovljevic, Milan Stankovic. Temporal, Plant Part, and Interpopulation Variability of Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of *Inula helenium* L. // Plants. – 2019. – №8 (6): 179. – P. 2-10.
12. Толмачев А.И., Шретер А.И. Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. – Москва, 1976. – 58 с.
13. Kenny C.-R., Stojakowska A., Furey A., Lucey B. From Monographs to Chromatograms: The Antimicrobial Potential of *Inula helenium* L. (Elecampane) Naturalised in Ireland // Molecules. – 2022. – Vol. 27 (4): 1406. – P. 2-21.
14. Stojanović-Radić Z., Čomić L., Radulović N. et al. Antistaphylococcal activity of *Inula helenium* L. root essential oil: eudesmane sesquiterpene lactones induce cell membrane damage // European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases. – 2012. – Vol. 31. – P. 1015-1025.

15. Липницкий С.С., Пилуй А.Ф., Лаппо Л.В. Зеленая аптека в ветеринарии. – Минск: Ураджай, 1987. – 228 с.
16. Diguță C., Cornea C., Ioniță L., Brîndușe E., Farcaș N., Bobit D., Matei F. Studies on antimicrobial activity of *Inula helenium* L Romanian cultivar // Romanian Biotechnological Letters. – 2014. – Vol. 19. – №5. – P. 9699-9704.
17. Захаренко В.Г. Девясил высокий – лекарственное и декоративное растение // Бюллетень Никитского ботанического сада. – 2006. – Вып. 93. – С. 17-20.
18. Медведев П.Ф., Сметанникова А.И. Кормовые растения европейской части СССР. – Ленинград: Колос, 1981. – 336 с.
19. Методика определения запасов лекарственных растений. Москва, Ленинград, 1986. – 258 с.

А.Б. Мырзағалиева¹, Т.Н. Самарханов¹, А.Ж. Нурсафина², А.Б. Болгибаева¹

¹Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Биік қараандызың (*Inula helenium* L.) Шығыс Қазақстан аумағындағы табиғи ресурстары

Аңдатпа. Берілген мақалада Шығыс Қазақстан аумағында өсетін, ғылыми, сондай-ақ халық медицинасында қолданысын тапқан дәрілік өсімдік – биік қараандызың табиғи қорларын бағалау бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Зерттеу барысында дәрілік шикізатты дайындау үшін биік қараандызың екі перспективалы ценопопуляциясы (Үшбұлақ және Селезнев ценопопуляциялары) Листвяга және Үлбі жоталарының аумағында анықталды. Зерттелген аумақтардағы биік қараандыз түрлішөптесін-астықшөпті және астықшөпті-түрлішөптесін фитоценоздарға бейімделген. Тамырсабақтары мен тамырларының биологиялық және пайдалану қорлары, сондай-ақ жыл сайынғы шикізат жинау көлемі анықталды. Биік қараандыз қопаларының Үшбұлақ ценопопуляциясы Үшбұлақ ауылының маңында орналасуына байланысты өсімдік жамылғысы мал жаю салдарынан ішінара бұзылған, бұл биік қараандызың таралуына әсер етеді. Алынған нәтижелер маңызды дәрілік өсімдіктің ықтимал ресурстарын нақтылау және Шығыс Қазақстанда осы түрді қорғау шараларын әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: биік қараандыз, дәрілік өсімдіктер, ценопопуляция, биологиялық қор, қолданыстық қоры.

A.B. Myrzagaliyeva¹, T.N. Samarkhanov¹, A.Zh. Nursafina², A.B. Bolgibayeva¹

¹Astana International University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Natural resources of *Inula helenium* L. on the territory of East Kazakhstan

Abstract. This article presents the results of research on the assessment of natural resources of a medicinal plant used in both scientific and folk medicine – high-grade elecampane on the territory of East Kazakhstan. In the course of the research, two promising cenopopulations (Ushbulak and Seleznevskaya cenopopulations) of high-grade elecampane on the territory of the Listvyaga and Ulbinsky ridges were identified for the procurement of medicinal raw materials. The biological and operational reserves of rhizomes and roots, as well as the volume of annual raw material procurement, have been determined. Due to the location of the thickets of *Inula helenium* in the Ushbulak cenopopulation near the village of Ushbulak, the herbage is partially disturbed by cattle grazing, which affects the growth of *Inula helenium* in the herbage. The results obtained can be used to clarify the possible resources of an important medicinal plant and to develop measures for the protection of this species in East Kazakhstan.

Keywords: *Inula helenium*, medicinal plants, cenopopulation, biological reserve, operational reserve.

References

1. Adekenov S.M., Bajtulin I.O., Myrzagaliyeva A.B. Zapasy syr'ya *Inula helenium* L. na hrebtah Kalbinskij i Naryn, Doklady Nacional'noj Akademii nauk Respubliki Kazahstan [Stocks of raw materials of *Inula helenium* L. on Kalbinsky and Naryn ridges] 4, 80-84 (2013). [in Russian]
2. Flora SSSR. T. XXV. [Flora of the USSR. Volume XXV.] (Moskva, Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1959, 452 p.) [Moscow, Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1959, 452 p.]. [in Russian]
3. Lekarstvennye rasteniya. Enciklopediya. [Medicinal plants. Encyclopedia] (Mn.: Knizhnyj Dom, 2003, 118-120 p.). [in Russian]
4. Dergacheva ZH.M., Gurina N.S. Perspektivy primeneniya cvetkov devyasila vysokogo, Vestnik farmacii [Prospects for the use of *Inula helenium* flowers, Bulletin of Pharmacy], 3 (41), 18-20 (2008). [in Russian]
5. Avdohina A.A. Mestonahozhdenie i resursnaya znachimost' devyasila vysokogo v Arkadakskom rajone Saratovskoj oblasti, Kachestvennoe ekologicheskoe obrazovanie i innovacionnaya deyatel'nost' – osnova progressa i ustojchivogo razvitiya: sbornik statej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Saratov: OOO «Centr social'nyh agroinnovacij SGAU» [Location and resource significance of *Inula helenium* in Arkadaksky district of Saratov region, High-quality environmental education and innovative activity - the basis of progress and sustainable development: collection of articles of the international scientific and practical conference, Saratov: LLC "Center for Social agroinnovations of SSAU"], 4-6 (2019). [in Russian]
6. Kotov A.G., Hvorost P.P., Komissarenko N.F. Devyasil vysokij i ego biologicheski aktivnye veshchestva, Novye lekarstvennye preparaty iz rastenij Sibiri i Dal'nego Vostoka: tezis dokladov Vsesoyuzn. konferentsii, Tomsk [Inula helenium and its biologically active substances, New medicinal preparations from plants of Siberia and the Far East: abstracts of reports of the All-Union Conference, Tomsk], 87 (1989). [in Russian]
7. Gusakova S.D., Stepanenko G.A., Asilbekova D.T. Lipidy nekotoryh lekarstvennyh rastenij, Rastitel'nye resursy [Lipids of some medicinal plants, Plant resources], 19 (4), 444-445 (1983). [in Russian]
8. Murav'eva T.N. Novye farmakosoniruyucie veshchestva v ryadu fitoadatogenov dlya valeologii, Aktual'nye problemy sozdaniya novyh lekarstvennyh preparatov prirodnogo proiskhozhdeniya: materialy 2-go Mezhdunarodnogo s'ezda, SPb [New pharmacosonizing substances in the range of phytoadaptogens for valeology, Actual problems of creating new medicines of natural origin: materials of the 2nd International Congress, SPb], 66-68 (1998). [in Russian]
9. Maksyutina N.P., Komissarenko N.F., Prokopenko A.P. Rastitel'nye lekarstvennye sredstva [Herbal medicines] (Kiev: Zdorov'ya, 1985, 280 p.). [in Russian]
10. Kowalewska K., Lutomski J. Flawonoidy w kwiatostanach omanu wielkiego (*Inula helenium* L.), Herba Polonica [Flavonoids in the inflorescence of elecampane (*Inula helenium* L.), Herba Polonica], 3(24), 107-113 (1978). [in Polish]
11. Nenad Zlatic, Dragana Jakovljevic, Milan Stankovic. Temporal, Plant Part, and Interpopulation Variability of Secondary Metabolites and Antioxidant Activity of *Inula helenium* L., Plants, 8(6):179, 2-10 (2019).
12. Atlas arealov i resursov lekarstvennyh rastenij SSSR [Atlas of areas and resources of medicinal plants of the USSR] (Moscow, 1976, 58 p.). [in Russian]
13. Kenny C.-R., Stojakowska A., Furey A., Lucey B. From Monographs to Chromatograms: The Antimicrobial Potential of *Inula helenium* L. (Elecampane) Naturalised in Ireland, Molecules, 27(4):1406, 2-21 (2022).
14. Stojanović-Radić Z., Čomić L., Radulović N. et al. Antistaphylococcal activity of *Inula helenium* L. root essential oil: eudesmane sesquiterpene lactones induce cell membrane damage, European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, 31, 1015-1025 (2012).
15. Lipnickij S.S., Piluj A.F., Lappo L.V. Zelenaya apteka v veterinarii [Green pharmacy in veterinary medicine] (Minsk: Uradzaj, 1987, 228 p.). [in Russian]
16. Diguță C., Cornea C., Ioniță L., Brîndușe E., Farcaș N., Bobit D., Matei F. Studies on antimicrobial activity of *Inula helenium* L Romanian cultivar, Romanian Biotechnological Letters, 5, 9699-9704 (2014).
17. Zaharenko V.G. Devyasil vysokij – lekarstvennoe i dekorativnoe rastenie, Byulleten' Nikitskogo botanicheskogo sada [Inula helenium – medicinal and ornamental plant, Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden], 93, 17-20 (2006). [in Russian]
18. Medvedev P.F., Smetannikova A.I. Kormovye rasteniya evropejskoj chasti SSSR [Fodder plants of the European part of the USSR] (Leningrad: Kolos, 1981, 336 p.). [in Russian]

19. Metodika opredeleniya zapasov lekarstvennyh rastenij [Methodology for determining stocks of medicinal plants] (Moscow, Leningrad, 1986, 258 p.). [in Russian]

Сведения об авторах:

Мырзагалиева А.Б. – доктор биологических наук, профессор, первый вице-президент, Международный университет Астана, пр. Кabanбай батыра, 8, Астана, Казахстан.

Самарханов Т.Н. – PhD, ассоциированный профессор, Международный университет Астана, пр. Кabanбай батыра, 8, Астана, Казахстан.

Нурсафина А.Ж. – PhD, и.о. доцента, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, К. Мунайтпасова, 22, Астана, Казахстан.

Болгибаева А.Б. – магистр, докторант, Международный университет Астана, пр. Кabanбай батыра, 8, Астана, Казахстан.

Myrzagaliyeva A.B. – Doctor of Biological Sciences, Professor, First Vice-President, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr Ave., Astana, Kazakhstan.

Samarkhanov T.N. – PhD, Associate Professor, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr Ave., Astana, Kazakhstan.

Nursafina A.Zh. – PhD, Acting Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 22 Kazhymukan Munaytpasov st., Astana, Kazakhstan.

Bolgibayeva A.B. – PhD student, Astana International University, 8 Kabanbay Batyr Ave., Astana, Kazakhstan.

Г.Р. Кощанова¹, Э.У. Сагиндыкова¹, Р.С. Шуакбаева¹,
Д.К. Семирханова¹, Б.А. Мүкүшев^{2*}

¹Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті,
Ақтау, Қазақстан

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: tba-55@mail.ru

Экологиялық жүйедегі екі биологиялық түрлердің популяцияларының өзара әрекеттесуін математикалық модельдеу

Аңдатпа. Оқшауланған жыртқыш-жемтік экожүйесінде екі биологиялық түрдің популяцияларының өзара әрекеттесуі зерттелді. Осы биологиялық түрлердің өзара әрекеттесуінің математикалық модельдері қарастырылды. Математикалық моделдер дифференциалдық теңдеулер жүйесі түрінде берілген. Mathcad пакеті көмегімен жасалған бағдарлама арқылы математикалық модельдердің графикалық және сандық шешімдері алынды. Екі популяцияны сипаттайтын параметрлердің уақытқа тәуелді өзгерісінің динамикасы зерттелді.

«Жыртқыш-жемтік» екі биологиялық түрдің популяциясына қатысты тәжірибелік-эксперименттік практикалық нәтижелер қарастырылды және зерттелді. Қоян мен сілеусін терілерінің санын сипаттайтын Канадалық аң терісі компаниясының статистикалық мәліметтері талданды. Шығыс Қазақстан облысы Көкентау қорығындағы арқарлар мен қасқырлар популяциясын зерттеу нәтижелерінің эксперименттерінің нәтижелері келтірілді. «Арқар-қасқыр» экожүйесіндегі жануарлардың өзара әрекеттесуін сипаттайтын графиктік деректер мен популяцияның математикалық модельдерінің теориялық нәтижелерінің сәйкестігі дәлелденді.

Түйін сөздер: популяцияның өзара әрекеттесуі, популяция динамикасының математикалық моделі, Mathcad пакеті, модельдеудің теориялық және эксперименттік нәтижелері.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-43-53>

Кіріспе

Қазіргі уақытта математикалық модельдеу экология мен биологияның өзекті мәселелерін шешу үшін кеңінен қолданылады. Ұзақ мерзімді экологиялық болжамдар, қоршаған ортаға антропогендік әсерді зерттеу, тіршіліктің пайда болу заңдылықтары, адам ағзасын зерттеу, генетиканың кейбір мәселелері математикалық модельдер көмегімен оңтайлы түрде шешіліп отыр.

Аталған зерттеулердегі маңызды бағыттардың бірі – биологиялық популяцияларды математикалық модельдеу. Бұл зерттеу әдісі жойылып кету қаупі төнген және сирек кездесетін түрлерді сақтау, кәсіптік мақсатқа қажет популяциялардың санын болжау және балық аулаудың оңтайлы стратегияларын әзірлеу, биологиялық түрлердің санына антропогендік факторлардың әсерін зерттеу және т.б. сияқты мәселелерді шешу үшін қолданылады.

Әсіресе биогеоценозға немесе экологиялық жүйеге, микробиологиялық процестерге және басқа да күрделі нысандарға қатысты мәселелерді математикалық модельдерді қолданбай шешу мүмкін емес. Биогеоценоз (экожүйе) - белгілі бір аумақта салыстырмалы түрде бірдей жағдайлармен ұзақ уақыт өмір сүретін биологиялық түрлердің өзара байланысты популяцияларының жиынтығы. Тірі организмдер бір-бірімен және жансыз табиғат нысандарымен үнемі өзара әрекеттеседі. Осы экожүйе жасайтын құрылымдар (өсімдіктер, микроорганизмдер, жануарлар және т.б.) арасындағы өзара әсер белгілі бір аймақта тұратын биологиялық түрлердің популяциясына өз түзетулерін енгізеді.

Табиғаттағы биологиялық түрлер көптеген популяциялардың жиынтығы ретінде өмір сүреді, сондықтан теориялық биология организмдердің бір түрдің барлық популяцияларына тән тіршілік ету ортасының жағдайымен қарым-қатынасының заңдылықтарын қарастырады. «Белгілі бір аумақты ұзақ уақыт мекендейтін (ұрпақтардың көп саны көп болатын), белгілі бір биологиялық түрлердің жиынтығын популяция деп түсінеміз. Олардың ішінде белгілі бір панмиксия дәрежесі іс жүзінде жүзеге асады және оқшаулау кедергілері аз және көршілес популяциялардан белгілі бір дәрежеде (кейде үлкен, кейде кіші) оқшаулану жағдайы орнайды» [1].

Түрлер популяциясы теориясын қолданудың негізгі мақсаты – табиғи экожүйелер құрамындағы түрлерді ұтымды пайдалану және сақтау. Ауыл шаруашылығында (мысалы, мәдени өсімдіктерді себу нормасын негіздеу кезінде) және орман шаруашылығында оңтайлы екпелер тығыздығын құру үшін орман екпелерінде күтім жасау үшін кесу режимін анықтауда түрлер популяциясының заңдылықтары белгілі бір рөл атқарады.

Биологиялық түрлердің (мысалы, жануарлардың) популяциясының саны уақыт бойынша әр түрлі жолмен өзгеруі мүмкін: өсу, тербеліс жасау, құлдырау себептері әр түрлі болуы мүмкін (1-сурет) [2-5].



Сурет 1. 1945-1970 жылдар аралығындағы Антарктикадағы Финвал класына жататын киттер санының популяциясы

Жанды табиғаттың күрделі құбылыстарын зерттеу мен танудағы модельдеудің маңыздылығы ерекше. Мұнда біз популяциялардың өсу заңдылықтарын және әртүрлі популяциялар санының динамикасын сипаттайтын математикалық аппараттарды қарастырамыз.

Зерттеу материалдары мен әдістері

1. Экожүйедегі популяция динамикасының математикалық модельдері. Оқшауланған экожүйеде екі биологиялық түр өмір сүрсін, олардың бірін жыртқыш (мысалы, қасқыр), екіншісін жемтік (қоян) деп атайық. Олардың популяцияларының санының өзгеруі бір-бірімен байланысты болатынын ескереміз. Бұл жағдайда жемтіктер санының салыстырмалы өсуі жыртқыштар популяциясының санына байланысты болады және осы популяцияның өсуі кезінде азаяды. Жыртқыш популяцияның салыстырмалы түрде өсуі жемтік популяцияға пропорционалды деп санауға болады, сонымен қатар жемтіктер саны азайса жыртқыштардың саны да азаяды. Жемтіктердің саны N_1 , ал жыртқыштардың саны N_2 . Және бір биологиялық түрдің жеке мүшелері арасында бәсекелестік және симбиоз жоқ деп келісейік [6-8].

Жемтіктердің әсерінсіз жыртқыш популяцияның өсу қарқыны $\frac{dN_1}{dt}$ шөптің M мөлшеріне және жыртқыш популяцияның N_1 санына пропорционалды. Жемтіктер үшін қорек жеткілікті болсын, яғни $M = \text{const}$. Бұл жағдайда:

$$\frac{dN_1}{dt} = k_p N_1$$

Мұнда k_p - жемтіктердің көбею коэффициенті. Жыртқыштардың әсерінен жемтіктердің популяциясы азаюы керек. Жемтіктердің санының азаю жылдамдығы жыртқыштардың санына және N_1 жемтіктердің популяциясына пропорционал :

$$\frac{dN_1}{dt} = -k_c N_2 N_1$$

мұндағы k_c - жемтіктердің жойылу коэффициенті. Осылайша, жемтіктердің санының өзгеру жылдамдығы

$$\frac{dN_1}{dt} = k_p N_1 - k_c N_2 N_1 = (k_p - k_c N_2) N_1$$

Жемтіктер мен жыртқыштардың кездесулері жиі болған сайын жыртқыштардың саны тезірек өседі. Мұндай кездесулердің жиілігі $N_1 N_2$ көбейтіндісіне пропорционалды

шамамен сипатталады. Осылайша, жыртқыш популяцияның өсу қарқыны $\frac{dN_2}{dt}$ мынаған тең болады:

$$\frac{dN_2}{dt} = f_p N_1 N_2$$

f_p жыртқыштардың көбею коэффициенті. Жыртқыштардың саны өсіп қана қоймайды, сонымен қатар қорек тапшылығына байланысты азаяды. Өйткені олардың қорегі жемтіктер болып табылады. Жыртқыштардың азаю жылдамдығы жыртқыш популяциясының санына N_2 пропорционал:

$$\frac{dN_2}{dt} = -f_c N_2$$

f_c -жыртқыштардың жойылу коэффициенті. Жыртқыштар санының өзгеру жылдамдығын келесі дифференциалдық теңдеу түрінде көрсетуге болады:

$$\frac{dN_2}{dt} = f_p N_1 N_2 - f_c N_2 = (f_p N_1 - f_c) N_2$$

Дифференциалдық теңдеулер жүйесі

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(k_p - k_c N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} = -N_2(f_c - f_p N_1) \end{cases} \quad (1)$$

Бұл теңдеулер жүйесі экологиялық жүйе – «жыртқыш – жемтік» немесе Вольтерра - Лотка моделі деп аталады. Оны алғаш рет А. Лотка (1925) тапты. Бұл теңдеулер жүйесі ол өзара әрекеттесетін биологиялық популяциялардың динамикасын сипаттау үшін. Сәл кейінірек осындай математикалық модельдерді итальяндық математик В. Вольтерра да (1926) жасады. Биологиялық түрлердің популяциясы және олардың өзара әрекеттесуі туралы терең зерттеулер *математикалық экология* деп аталатын ғылыми бағыттың негізін қалады.

Бұл дифференциалдық теңдеулер жүйесін $t = 0$ $N_1 = N_1(0)$, $N_2 = N_2(0)$ кезіндегі бастапқы шарттарды ескере отырып шешу экологиялық жүйедегі популяция динамикасын болжауға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері және талдау

«Жыртқыш-жемтік» экожүйе параметрлерін компьютерлік зерттеу нәтижелері. «Жыртқыш-жемтік» жүйесінде болатын өзара әрекеттесу процестерін нақты түсіну және экожүйе параметрлерінің өзгеру заңдылықтарын бекіту үшін біз Mathcad қолданбалы бағдарламалар пакетінің мүмкіндіктерін пайдаланамыз [9-13].

Біз $k_p = 1,00$; $k_c = 0,10$; $f_p = 0,05$; $f_c = 0,50$ үшін Вольтерра–Лотка моделін білдіретін дифференциалдық теңдеулер жүйесі (1) көмегімен популяция динамикасын зерттейміз және аталған теңдеудің сандық шешімін табамыз. Бастапқы шарттар: $N_1(0) = 10$, $N_2(0) = 3$. Листинг 1-де Mathcad пакеті көмегімен жасалған бағдарлама көрсетілген. Осы бағдарлама көмегімен (1) дифференциалдық теңдеулер жүйесінің графикалық және сандық шешімдерін таптық (1 және 2-суреттер).

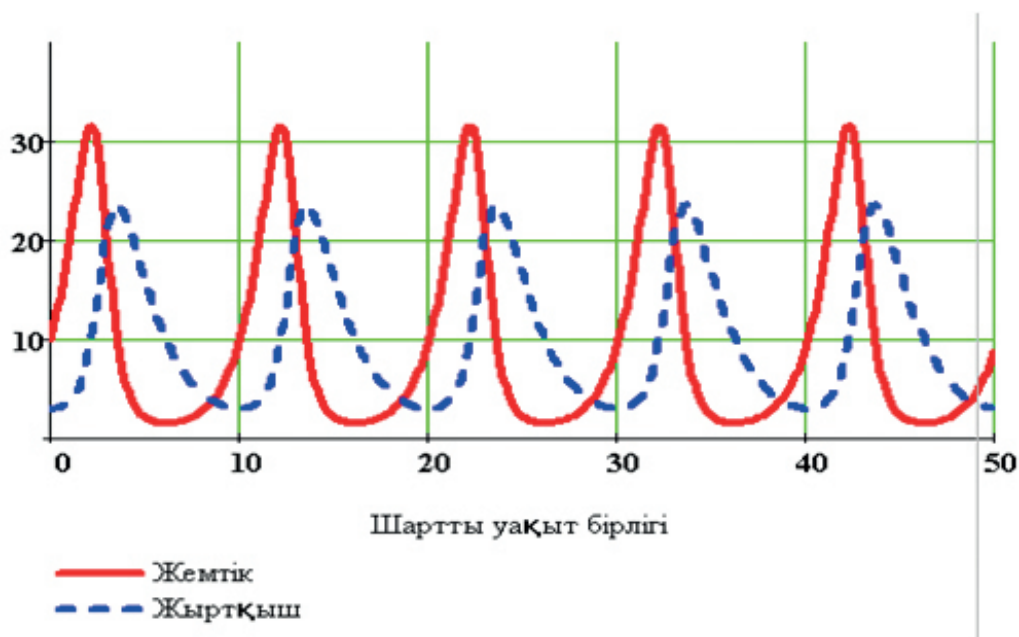
```

ORIGIN := 1

Kp := 1.00 Жемтіктердің көбею коэффициенті
Kc := 0.10 Жемтіктердің жойылу коэффициенті
Fp := 0.05 Жыртқыштардың көбею коэффициенті
Fc := 0.50 Жыртқыштардың жойылу коэффициенті
N :=  $\begin{pmatrix} 10 \\ 3 \end{pmatrix}$  - Жемтіктердің бастапқы саны (мың)
      - Жыртқыштардың бастапқы саны (мың)

F(t, N) :=  $\begin{bmatrix} (Kp - Kc \cdot N_2) \cdot N_1 \\ (-Fc + Fp \cdot N_1) \cdot N_2 \end{bmatrix}$ 
N := rkfixed(N, 0, 50, 400, F)
    
```

Листинг 1



Сурет 2. Дифференциалдық теңдеу жүйесінің (1) графикалық шешімдері

Биологиялық түрлердің популяциясының динамикасы тербелмелі үрдіс. Жыртқыштар мен жемтіктердің саны сәйкесінше $N_1=10$, $N_2=3$ шамаларына жақын тербелмелі түрде өзгереді. Биологиялық түрлердің саны уақытқа байланысты периодты түрде өзгеріп отырады. (1) теңдеудің графикалық шешімінен жыртқыштардың саны әрқашан жемтіктердің санынан артта қалатыны анық көрінеді.

Алайда тербелістің сипаты күрделі: тербелістер гармоникалық емес, синусоидалармен бейнеленбейді. Тербелістердің бұл ерекшелігі графиктерден жақсы көрініп тұр (Сурет 2). Сөнбейтін тербеліс периоды 10 шартты уақыт бірлігіне тең (ш.у.б.). Екі популяцияның да саны уақыт (2,25 - 3,25) ш.у.б. аралығындағы максималды мәнге жеткенін көреміз.

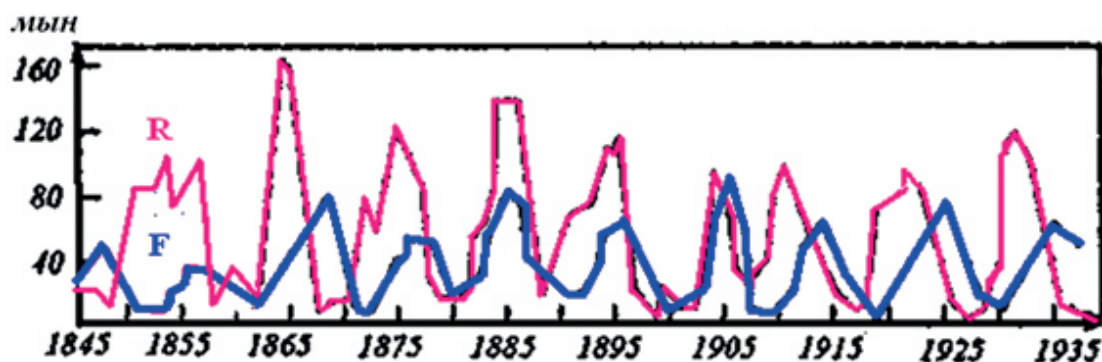
	1		1	
	1	10	1	3
	2	10.914	2	3.008
	3	11.909	3	3.035
	4	12.989	4	3.082
	5	14.156	5	3.151
	6	15.413	6	3.247
	7	16.758	7	3.372
	8	18.188	8	3.533
	9	19.695	9	3.736
	10	21.267	10	3.989
	11	22.883	11	4.302
	12	24.515	12	4.686
	13	26.124	13	5.157
	14	27.658	14	5.732
	15	29.051	15	6.429
	16	...	16	...

Сурет 3. Дифференциалдық теңдеудің сандық шешімдері (1)

Тәжірибелік-эксперименттік практикалық нәтижелер және оларды зерттеу

а) Канадалық аң терісі компаниясының статистикалық мәліметтерін талдау. Жоғарыда қарастырылған қарапайым «жыртқыш – жемтік» экожүйесі стационарлық күйдеп аталады. Стационарлық күй тыныштық күйі емес, динамикалық тепе-теңдік екенін ескеру керек. Біз канадалық аң терісі компаниясының қояндар (R) және сілеусіндер (F) популяцияларының жүз жылдық бақылауларының нәтижелерімен таныстырмақпыз (Сурет 4).

Бұл қисықтар аң терісін дайындайтын кеңселерге түсетін терілердің саны туралы мәліметтер негізінде салынған. Қояндар мен сілеусіндер санының өзгеру кезеңдері шамамен бірдей және шамамен 9-10 жыл екені көрініп тұр. Бұл жағдайда қояндар санының максимумы, әдетте, сілеусін санының максимумынан 1 жылға озады. Әрине, өмірден алынған популяция графиктері математикалық модельден алынған графиктер сияқты тұрақты емес. Өйткені, бұл жерде қояндар мен сілеусіндердің қарым-қатынасы тұйық жүйеде болмайды. Қояндар мен сілеусіндердің популяциясына Канадада өмір сүретін басқа жыртқыштар мен жемтіктердің болуы, әртүрлі климаттық жағдайлар, аңшылардың іс-әрекеті, әр түрлі жануарларға тән эпидемиялар және т.б. факторлар әсер етеді. Дегенмен табиғатта болып жатқан «жыртқыш-жемтік» қарым-қатынастары біз қарастырған математикалық модельге қарағанда күрделі болғанымен, математикалық модель табиғи процестердің негізгі ерекшеліктерін қайталайды: жыртқыштардың және жемтіктердің популяциялар санының тербелісі байқалады, сілеусіндер саны қояндар санынан әрдайым фаза бойынша артта қалады, және аталған жануарлардың тербеліс амплитудасы өзара байланыст болады [14].



Сурет 4. Канадада аң терісі компаниясының 1845-1935 жылдары өндірген қоян мен сілеусін терілерінің санының өзгерісі

б) «Арқар-қасқыр» экожүйесіндегі жануарлардың өзара әрекеттесуін зерттеу нәтижелері. 1-кестеде Семей мемлекеттік педагогикалық институтының биолог-ғалымдары жүргізген Шығыс Қазақстан облысындағы Көкентау қорығындағы арқарлар мен қасқырлар популяциясын зерттеу нәтижелерінің статистикалық деректері келтірілген. Бұл деректер зерттеу негізінде 10 жыл ішінде (1999-2011 жж) құрастырылды.

Кесте 1

Шығыс Қазақстан облысындағы Көкентау қорығындағы арқарлар мен қасқырлар популяциясы

Жылдар	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Арқарлар саны	26	18	16	18	24	29	17	15	16	21	25	26
Қасқырлар саны	6	10	7	5	7	8	11	8	6	5	7	10

1-кестеге сүйене отырып, графиктер жасалды (Сурет 5). Онда арқарлар мен қасқырлар популяциясының тербелмелі сипатын анықтауға болады. Бұл жағдайда қасқырлар санының максимумы арқарлар санының максимумынан шамамен бір жылға артта қалады.

Осылайша, өзара байланысты элементтерден тұратын экожүйелерде популяциялардың көбеюін шектеуге және оқиғалардың жалпы дамуында белгілі бір заңдылықтарды орнатуға қабілетті өзін-өзі реттейтін құрылым пайда болады.



Сурет 5. «Арқар-қасқыр» экожүйесіндегі жануарлардың өзара әрекеттесуі

Қорытынды

Біздің жұмысымызда оқшауланған «жыртқыш-жемтік» экологиялық жүйесінде екі биологиялық түрдің популяцияларының өзара әрекеттесуі теориялық және эксперименттік әдістермен зерттелді. «Жыртқыш-жемтік» екі биологиялық түрдің популяциясына қатысты тәжірибелік-эксперименттік практикалық нәтижелер қарастырылды және зерттелді. Аталған биологиялық түрлердің популяциясын зерттеу барысында төмендегідей ғылыми нәтижелерді алдық:

- «Жыртқыш-жемтік» экожүйесінде екі биологиялық түрдің өзара әрекеттесуін сипаттайтын дифференциалдық теңдеулер жүйесі құрылды;
- Mathcad пакеті көмегімен жасалған бағдарлама көмегімен математикалық модельдердің графикалық және сандық шешімдері алынды.
- 1845-1935 жылдары өндірілген қоян мен сілеусін терілерінің санының өзгеуін сипаттайтын Канадалық аң терісі компаниясының статистикалық мәліметтері талданды.
- Шығыс Қазақстан облысы Көкентау қорығындағы арқарлар мен қасқырлар популяциясын сипаттайтын графиктік деректер мен популяцияның математикалық модельдерінің теориялық нәтижелерінің сәйкестігі дәлелденді.

Жұмыстың ғылыми нәтижелерін биологтар, экологтар және қолданбалы математика мамандары биологиялық түрлердің популяциясын зерттеу кезінде пайдалана алады.

Қаржыландыру. Жұмыс Қазақстан Республикасының Жоғары білім және ғылым министрлігінің қаржылық демеуі арқылы орындалды (грант No AP14869376).

Әдебиеттер тізімі

1. Математическое моделирование в биологии. – Москва: Изд-во «Наука», 1975. – 160 с.
2. Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. [Электронды ресурс] – URL: <http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/Lect01.htm> (жүгінген күні: 09.11.2023).
3. Charles S. Elton. The Ecology of Invasions by Animals and Plants. – Chicago and London: University of Chicago Press, 2000. – 196 p.
4. Письман Т.И., Богданова О.Н., Каламбет Н.С. Особенности взаимодействия смешанной культуры водорослей и беспозвоночных в водном биотическом цикле «продуцент-консумент» // Сибирский экологический журнал. – 2002. – №6 – С. 657-662.
5. Мұқұшев Б.А., Киян В.С., Мырзағалиева А.Б., Мукушев А.Б., Турлыбек Н.В. Микроағзалардың популяциясын зерттеуде модельдер әдісін қолдану // Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ Хабаршысы. Биологиялық ғылымдар сериясы. – 2022. – №1(138). – Б. 6-16.
6. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические системы и модели биологии. – Москва: Физматлит, 2011. – 400 с.
7. Volterra V. Mathematical Theory of Struggle for Existence. – Moscow: Nauka, 1976. – 288 p.
8. Jorgensen S.E. Handbook of environmental Data and Ecological parameters. – Oxford: Pergamon Press, 2013. – 1162 p.
9. Кирьянов Д. Mathcad 14 в подлиннике. – Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2007. – 682 с.
10. Очков В. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. – Санкт-Петербург: «БХВ-Петербург», 2007. – 370 с.
11. Ризниченко Г.Ю. Математические модели в биофизике и экологии. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 184 с.
12. Кучай Л.А. Модель инвазии на примере системы хищник-жертва // Экология. – 2010. – №2. – С. 155-157.
13. Игонина Е.В. Исследование устойчивости динамических моделей с помощью систем компьютерной математики: учебное пособие. – Елец: ЕГУ им. И.А. Бунина, 2020. – 83 с.
14. Романовский Ю.М. Что такое математическая биофизика. – Москва: Просвещение, 1971. – 246 с.

Г.Р. Кощанова¹, Э.У. Сагиндыкова¹, Р.С. Шуакбаева¹, Д.К. Семирханова¹,
Б.А. Мукушев²

¹Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, Актау, Казахстан

²Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан

Математическое моделирование взаимодействия популяций двух биологических видов в экологической системе

Аннотация. Исследовано взаимодействие популяций двух биологических видов в изолированной экосистеме «хищник-жертва». Рассматриваются математические модели взаимодействия этих биологических видов. Математические модели представлены в виде системы дифференциальных уравнений. С помощью программы, созданной посредством пакета Mathcad, были получены графические и численные решения математических моделей. Изучена динамика изменения параметров двух популяций.

Были рассмотрены и исследованы экспериментальные результаты, касающиеся популяций двух биологических видов «хищник-жертва». Проанализированы статистические данные промысла зайца и рыси канадской меховой компании. Приведены результаты экспериментов по изучению популяций архаров и волков в кокентауском заповеднике Восточно-Казахстанской области. Доказано соответствие теоретических результатов графических данных и математических моделей популяций, характеризующих взаимодействие животных в экосистеме «архар-волк».

Ключевые слова: взаимодействие популяций, математическая модель динамики популяций, пакет Mathcad, теоретические и экспериментальные результаты моделирования.

G.R. Koshchanova¹, E.U. Sagindykova¹, R.S. Shuakbaeva¹, D.K. Semirkhanova¹,
B.A. Mukushev²

¹Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan

²S.Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan

Mathematical modeling of the interaction of populations of two biological species in an ecological system

Abstract. The interaction of populations of two biological species in an isolated predator-prey ecosystem has been studied. Mathematical models of the interaction of these biological species are considered. The mathematical model is presented in the form of a system of differential equations. For the research, a program was created in the Mathcad environment. With the help of this program, graphical and numerical solutions of mathematical models were obtained. The dynamics of changes in the parameters of two populations has been studied.

Experimental results concerning populations of two predator-prey biological species were considered and investigated. The statistical data of the hunting of the hare and lynx of the Canadian fur company are analyzed. The results of experiments on the study of argali and wolf populations in the Kokentau Nature Reserve of the East Kazakhstan region are presented. The correspondence of the theoretical results of graphical data and mathematical models of populations characterizing the interaction of animals in the argali-wolf ecosystem is proved.

Keywords: interaction of populations, mathematical model of population dynamics system, Mathcad package, theoretical and experimental modeling results.

References

1. Matematicheskoe modelirovanie v biologii [Mathematical modeling in biology] (Moskva: Izd-vo «Nauka», 1975, 160 s.) [Moscow: Publishing house “Nauka”, 1975. – 160 p.]. [in Russian]
2. Rznichenko G.YU. Lekcii po matematicheskim modelyam v biologii [Lectures on mathematical models in biology]. [Electronic resource] – Available at: <http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/Lect01.htm> (accessed: 09.11.2023). [in Russian]
3. Charles S. Elton. The Ecology of Invasions by Animals and Plants (Chicago and London, University of Chicago Press, 2000, 196 p.).
4. Pis'man T.I., Bogdanova O.N., Kalambet N.S. Osobennosti vzaimodejstviya smeshannoj kul'tury vodoroslej i bespozvonocnyh v vodnom bioticheskom cikle «producent-konsument», Sibirskij ekologicheskij zhurnal [Features of the interaction of mixed culture of algae and invertebrates in the aquatic biotic cycle “producer-consult”, Siberian Ecological Journal], 6, 657-662 (2002). [in Russian]
5. Mukushev B.A., Kiyan V.S., Myrzagalieva A.B., Mukushev A.B., Turlybek N.V. Mikroagzalarlardyn populyaciyasyn zertteude model'der adisin koldanu, L.N. Gumilev atyndagy EEU Habarshysy. Biologiyalyk gylymdar seriyasy [The use of the method of models in the study of the population of microorganisms, Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Biological Sciences series], 1(138), 6-16 (2022). [in Kazakh]
6. Bratus' A.S., Novozhilov A.S., Platonov A.P. Dinamicheskie sistemy i modeli biologii [Dynamic systems and models of biology] (Moskva: Fizmatlit, 2011, 400 s.) [Moscow: Fizmatlit, 2011, 400 p.]. [in Russian]
7. Volterra V. Mathematical Theory of Struggle for Existence (Moscow: Nauka, 1976, 288 p.).
8. Jorgensen S.E. Handbook of environmental Data and Ecological parameters (Oxford: Pergamon Press, 2013, 1162 p.).
9. Kir'yanov D. Mathcad 14 v podlinnike [Mathcad 14 in the original] (Sankt-Peterburg: «BHV-Peterburg», 2007, 682 s.) [St. Petersburg: “BHV-Peterburg”, 2007, 682 p.]. [in Russian]
10. Ochkov V. Mathcad 14 dlya studentov, inzhenerov i konstrukturov [Mathcad 14 for students, engineers and constructors] (Sankt-Peterburg: «BHV-Peterburg», 2007, 370 s.) [St. Petersburg: “BHV-Peterburg”, 2007, 370 p.]. [in Russian]
11. Rznichenko G.YU. Matematicheskie modeli v biofizike i ekologii [Mathematical models in biophysics and ecology] (Moskva-Izhevsk: Institut komp'yuternyh issledovaniy, 2003, 184 s.) [Moscow-Izhevsk: Institute of Computer Research, 2003, 184 p.]. [in Russian]

12. Kuchaj L.A. Model' invazii na primere sistemy hishchnik-zhertva, *Ekologiya* [Invasion model on the example of the predator-victim system, *Ecology*], 2, 155-157 (2010). [in Russian]
13. Igonina E.V. Issledovanie ustojchivosti dinamicheskikh modelej s pomoshch'yu sistem komp'yuternoj matematiki: uchebnoe posobie [Study of the stability of dynamic models using computer mathematics systems: a textbook] (Elec: EGU im. I.A. Bunina, 2020, 83 s.) [Yelets: Yelets State University named after. I.A. Bunina, 2020, 83 p.]. [in Russian]
14. Romanovskij YU.M. CHto takoe matematicheskaya biofizika [What is mathematical biophysics.] (Moskva: Prosveshchenie, 1971, 246 s.) [Moscow: Education, 1971, 246 p.]. [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет:

Кошанова Г.Р. – педагогика ғылымдарының кандидаты, профессор, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан.

Сагиндыкова Э.У. – педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент, Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан.

Шуакбаева Р.С. – педагогика ғылымдарының кандидаты, доцент Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан.

Семирханова Д. К. – педагогика ғылымдарының магистрі, оқытушы Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, Ақтау, Қазақстан.

Мүкүшев Б.А. – педагогика ғылымдарының докторы, профессор, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Астана, Қазақстан.

Koshchanova G.R. – Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan.

Sagindykova E.U. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan.

Shuakbaeva R.S. – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan.

Semirkhanova D.K. – Master of Pedagogical Sciences, Teacher, Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov, Aktau, Kazakhstan

Mukushev B.A. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana, Kazakhstan.

И.Н. Аникина*, А.А. Кусаинов, М.Е. Жагипарова,
М.К. Инсебаева

Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан

*Автор для корреспонденции: anikina.i@mail.ru

Температурный фактор культивирования как регулятор морфогенеза растений картофеля *in vitro*

Аннотация. Внедрение биотехнологических методов размножения в семеноводство картофеля позволило в значительной мере повысить качество семенного материала и темпы введения оздоровленных и новых высокоурожайных сортов в производство. К числу важнейших факторов, определяющих успех микроклонального размножения и темпы наращивания стартового объема семенного материала, относятся факторы питания (состав питательных сред), гормональные факторы (соотношение фитогормональных препаратов в питательном растворе) и физические факторы культивирования (температура и освещенность). Многие исследователи указывали на важность данных параметров, но рекомендуемые ими показатели существенно различаются. В данной работе представлены результаты исследований влияния температурного фактора на развитие культуральных растений картофеля. В качестве объектов исследования выступали растения-регенеранты картофеля сортов Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор. В ходе исследований установлено, что при температуре фитотрона $26 \pm 2^\circ\text{C}$ показатели развития всех изучаемых сортов были выше, чем в варианте с температурой фитотрона $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Прирост высоты составил от 36% до 190%, количества междоузлий на 53-146% и корнеобразования на 12-42% в зависимости от сорта. Таким образом, данный температурный режим способствует более интенсивному органогенезу, а значит и способствует повышению коэффициента размножения картофеля в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: микроразмножение, картофель, *in vitro*, развитие, корнеобразование, высота, междоузлия.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-54-62>

Введение

Картофель относится к важнейшим продовольственным культурам. Урожайность картофеля как вегетативно размножаемой культуры в значительной степени зависит от качества семенного материала [1]. Успешное семеноводство картофеля неразрывно связано с биотехнологическими методами оздоровления от вирусов и технологией клонального микроразмножения [2].

В практике микроклональное размножение наиболее часто используется либо для тиражирования ценных декоративных трудно размножаемых культур, например, орхидей, розы, для ускорения размножения плодовых культур, либо для размножения оздоровленного от вирусов посадочного материала, что особенно ценно для вегетативно размножаемых культур. Методика позволяет в короткие сроки получать большое количество растений от одного, исходного, независимо от времени года [3-5].

Микроразмножение в сельском хозяйстве позволяет решить проблему сортовой чистоты для высокогетерозиготных видов, таких, как картофель, для получения однородных растений [1, 2].

Оптимизация технологии клонального микроразмножения картофеля является важным условием наращивания объемов исходного оздоровленного материала картофеля, что необходимо для наращивания требуемого количества элитных семян высокого качества, которые в данный момент в большом дефиците. Использование важнейшего преимущества клонального микроразмножения - высоких коэффициентов размножения - позволяет сократить процесс производства элиты, улучшить его качество, сократить трудовые затраты [1, 2].

Картофель в научно-производственных лабораториях наращивают в больших масштабах растениями-регенерантами, полученными из узловых черенков, пролиферацией пазушных побегов, культивируемых *in vitro* [3].

В процессе тиражирования и выращивания необходимых объемов посадочного материала *in vitro* для оригинального семеноводства важное значение имеет время формирования морфологических структур и достижения микрорастениями стандартных характеристик [6, 7].

На эффективность размножения в условиях *in vitro*, согласно многочисленным исследованиям, влияют тип первичного экспланта, сортовые особенности регенерантов и условия культивирования, среди которых главные: освещенность, температура выращивания и состав питательной среды [8, 9, 10].

Согласно исследованиям Chiang, соотношение температуры и освещенности фитотрона являются важными факторами роста и развития растений [11]. Во многих исследованиях различаются интервал используемой температуры фитотрона, хотя это является важным фактором влияния на рост и развитие растений, также по освещенности есть значительные расхождения. Ali и др. для индукции морфогенеза предлагали использовать температуру культивирования $26 \pm 2^\circ\text{C}$ и освещенность 2500-3000 люкс [12]. Hajare и др. для индукции побегообразования в культуре *in vitro* использовали аналогичные условия: 16-часовой фотопериод и интенсивность света 2700 люкс при $25 \pm 2^\circ\text{C}$ [13]. Durnikin в качестве оптимального режима для выращивания микрорастений картофеля использовал освещенность 2-3000 люкс и температуру $24 \pm 1^\circ\text{C}$ [14]. Булдаков для выращивания картофеля *in vitro* использовал температуру фитотрона в пределах $21-24^\circ\text{C}$, освещенность 5 тыс. люкс [15]. Кантарбаева и др. при выращивании регенерантов картофеля *in vitro* использовали температуру $20-23^\circ\text{C}$ и освещенность 3-8 kLx [3].

Azad для регенерации картофеля *in vitro* использовал $22 \pm 2^\circ\text{C}$ с интенсивностью света от 200 до 3000 люкс [8].

В ходе исследований по культуре картофеля (*Solanum tuberosum*) Ibrahim и др. была отмечена различная реакция сортов картофеля на состав питательной среды *in vitro* [16]. Oves и др., Hussain, также Ibragimova и др. при изучении морфогенетического потенциала в культуре *in vitro* отметили внутрисортовой полиморфизм по способности к регенерации у растений картофеля *in vitro* [7, 17, 18].

Целью исследования являлось изучение параметров роста и развития растений картофеля в зависимости от температурных условий выращивания.

Методология исследования

Объектом исследований являлись растения-регенеранты картофеля 9 сортов различных групп спелости, а именно Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор. Опыт проводили в 4-х кратной повторности по 20 микрорастений. Пробирочный растительный материал картофеля получен в ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха.

Приготовление питательной среды проводили по стандартным методикам [4, 19].

Микрочеренки в асептические условия размещали на питательной среде Мурасиге-Скуга, содержание агара 7 г/л, дополненная витаминами В6, В1, С, РР в концентрации (0,2 г л⁻¹). Содержанием сахарозы в питательной среде 2%, гидролизата казеина 120 мг/л, в качестве гормональных препаратов использовалась только ИМК 1,0 г л⁻¹. РН среды доводили до 5,7 перед автоклавированием, автоклавировали пробирки со средой при 121°C при 0,1 МПа в течение 40 мин. Использовались химикаты компании Sigma-Aldrich Ltd. Co. (Сент-Луис, США). Регенерация растений происходила при температуре согласно вариантам опыта:

Вариант 1. Температура фитотрона 26°C±2°C.

Вариант 2. Температура фитотрона 22°C±2°C.

Был использован 16-часовой фотопериод, относительная влажность воздуха 70%, освещенность 3000 lx (дневные люминесцентные лампы белого спектра). Визуальную оценку развития проводили по истечении 20 дней после пересадки черенка.

В таблицу вносили данные, соответствующие средним арифметическим показателям.

Корнеобразование оценивали по количеству корневых нитей: считалось хорошо развитым при наличии более 5 корневых нитей, четыре и менее корневых волосков на растении считалось среднеразвитым корнеобразованием, не развитым, если корни на регенерантах отсутствовали. Результаты были обработаны методом дисперсионного анализа.

Обсуждение

Успех клонального микроразмножения определяется интенсивностью формирования морфогенных структур, а именно корнеобразования, формирования междоузлий и высоты растений. В ходе исследования были получены результаты, подтверждающие выводы ученых Ali и др. Najare и др., предлагающие для индукции морфогенеза использовать температуру культивирования 26±2°C и освещенность 2500-3000 люкс [12, 13]. При этом была отмечена небольшая сортовая специфичность в отношении влияния температурных источников на рост и развитие растений-регенерантов картофеля разных сортов, при этом это не зависело от принадлежности сорта к какой-либо группе спелости.

Изучение прироста высоты растений и формирования междоузлий у регенерантов картофеля 9 сортов различных групп спелости показало, что рост и развитие растений находились в прямой зависимости от температурных условий выращивания, а также зависели от сортовых особенностей. Наибольшими показателями высоты в условиях температуры фитотрона 22°C±2°C отличились регенеранты сортов Любава, Тулеевский, Гулливер, Инноватор. Среднее арифметическое значение их высоты было на 24% больше, чем остальных пяти сортов.

При повышении температурного режима фитотрона было отмечено повышение интенсивности морфогенеза у всех изучаемых сортов. Высота растений увеличилась на 36-190% в зависимости от сорта. Наибольшие показатели прироста были также отмечены на растениях-регенерантах сортов Импала, Тулеевский, Гулливер, Инноватор. Наибольший прирост высоты был отмечен у растений сорта Инноватор и Импала.

По количеству междоузлий наибольшие показатели в условиях температуры фитотрона 22°C±2°C наблюдались у растений-регенерантов сортов Гранд, Гулливер, Инноватор. При выращивании растений при температуре 26°C±2°C был отмечен значительный прирост междоузлий на всех изучаемых сортах, особенно высокий прирост междоузлий был у регенерантов сортов Любава, Тулеевский, Импала, Гулливер.

Прирост количества междоузлий на микрорастениях сорта Любава составил 146 %, на микрорастениях сорта Тулеевский 112%, на растениях сорта Гулливер 95%, на растениях сорта Импала 106%.

К важнейшим критериям оценки развития микрорастений в условиях *in vitro* относится корнеобразование. Данный показатель определяет полноценность развития

растений и оговорен в стандарте стран ЕврАзЭС для культуральных растений.

Интенсивность корнеобразования в условиях температуры $26^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ значительно превысила этот показатель при температуре фитотрона $22^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ по всем изучаемым сортам (рисунок 1).

В условиях пониженной температуры показатели развития корнеобразования были низкими, и на отдельных сортах отмечено значительное количество растений без корней. У таких сортов, как Голубизна, было отмечено отсутствие корней у 91,3% растений, у растений сорта Импала у 66,7% растений (рисунок 1).

Результаты исследований

Показатели прироста высоты и количества междоузлий у растений-регенерантов в зависимости от температурных условий выращивания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели развития растений картофеля в культуре *in vitro*, 20 дней

Сорт	Высота		Количество междоузлий	
	1 вариант	2 вариант	1 вариант	2 вариант
Родриго	$3,9\pm 0,3$	$9,2\pm 0,8$	3,8	5,6
Любава	$4,6\pm 0,4$	$12,4\pm 0,9$	3,0	7,4
Голубизна	$2,6\pm 0,4$	$6,1\pm 0,7$	3,4	5,6
Гранд	$4,1\pm 0,4$	$10,3\pm 0,9$	4,1	6,2
Тулеевский	$4,4\pm 0,5$	$12,6\pm 0,8$	3,3	7,3
Гулливёр	$4,8\pm 0,3$	$13,4\pm 0,9$	4,4	8,6
Импала	$3,9\pm 0,4$	$11,3\pm 0,7$	3,2	6,6
Фрителла	$3,5\pm 0,3$	$9,6\pm 0,5$	2,3	4,4
Инноватор	$4,6\pm 0,4$	$13,2\pm 0,9$	4,5	6,7

Показатели корнеобразования у растений-регенерантов в зависимости от температурных условий выращивания представлены на рисунках 1 и 2. Результаты опыта показали низкий процент корнеобразования при температуре фитотрона $22\pm 2^{\circ}\text{C}$. Практически у растений всех сортов имелись экземпляры без корней, кроме сорта Гулливер (рисунок 1), у растений сорта Импала при температуре $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ корни не образовались практически ни на одном растении.

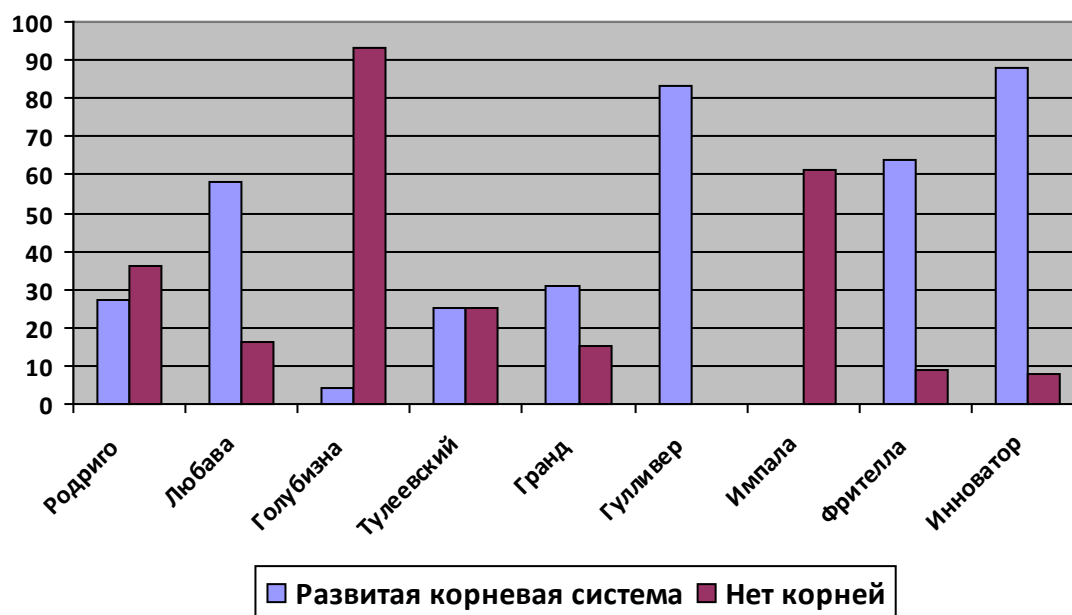


Рисунок 1. Корнеобразование у регенерантов картофеля при температуре фитотрона $22 \pm 2^\circ\text{C}$

При выращивании в условиях $26^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ показатели корнеобразования значительно возросли, в том числе у сортов, на которых отмечен самый низкий процент корнеобразования при температуре $22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. У микрорастений сорта Родриго количество растений с корнями возросло на 78%, у растений Голубизна на 77,5%, у растений Импала на 71% (рисунок 2).

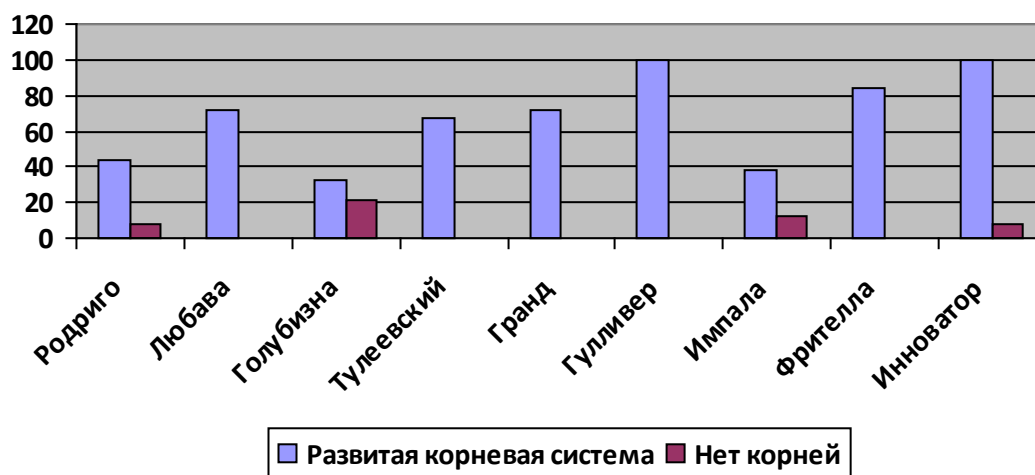


Рисунок 2. Корнеобразование у регенерантов картофеля при температуре фитотрона $26 \pm 2^\circ\text{C}$

Прирост растений с хорошо развитой корневой системой составил у растений сорта Родриго 17%, у растений сорта Любава 14%, у растений сорта Голубизна 28%, у растений сорта Тулеевский 42%, у растений сорта Гранд 41%, у растений сорта Гулливер 17%, у растений сорта Импала 38%, у растений сорта Фрителла 20%, у растений сорта Инноватор 12%.

Выводы

В результате исследований было установлено, что при тиражировании ценных сортов картофеля в условиях *in vitro* и наращивании стартового объема оздоровленного от вирусов биотехнологического посадочного материала использование температурного режима фитотрона $26\pm 2^\circ\text{C}$ позволяет повысить темпы развития и органогенез культуральных растений картофеля на сортах: Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор. При этом отмечается повышение показателей прироста высоты от 36% до 190%, количества междоузлий на 53-146% и корнеобразования на 12-42% в зависимости от сорта. Эти выводы подтверждают результаты исследований ученых Ali и др. и Hajare и др. и идут в разрез с режимами, используемыми Кантарбаевой и др. и Azad и др.

Таким образом, данный температурный режим способствует более интенсивному органогенезу, а значит и способствует повышению коэффициента размножения картофеля в культуре *in vitro*. Использование температурного режима фитотрона $26\pm 2^\circ\text{C}$ позволит повысить темпы наращивания стартового материала картофеля для первичного семеноводства.

Список литературы

1. Токбергенова Ж.А., Бабаев С.А. Инновационная технология производства семенного картофеля в Казахстане // Защита картофеля. – 2014. – №1. – С. 7-8.
2. Швидченко В.К., Хасанов В.Г., Токбергенова Ж.А., Музурок В.В. Производство семенного картофеля на безвирусной основе. – Астана: Форма плюс, 2011. – С. 147.
3. Кантарбаева Э.Е. Микроклональное размножение картофеля в *in vitro* // Архивариус. – 2022. – №8, 2 (65). – С. 35-39.
4. Мухамбетжанов С.К., Мурсалиева В.К., Вечерко Н.А., Нам С.В. Оптимизация протоколов питательных сред для микроклонального размножения роз // Вестник КазНУ. Серия: биологическая. – 2011. – №4. – С. 45-48.
5. Кабылбекова Б.Ж., Чуканова Н.И., Турдиев Т.Т., Рымханова Н., Ковальчук И.Ю. Оптимизация клонирования *in vitro* различных генотипов яблони // Experimental Biology. – 2019. – №3(80). – С. 48-57. DOI: <https://doi.org/10.26577/eb-2019-3-b5>.
6. Аникина И.Н., Овэс Е.В., Гаитова Н.А., Кайниденов Н.Н., Сейтжанова Д.Д. Влияние группы спелости сортов картофеля на морфогенез в процессе тиражирования растений *in vitro* // Вестник ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. Серия: Биологические науки. – 2019. – № 2(127). – С. 17-22.
7. Oves E., Anikina I., Adamzhanova Zh, Kaynidenov N. Evaluation parameters of *in vitro* morphogenesis in the process of replication of potato starting material IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES). –Krasnoyarsk, 2021. – P. 42030.
8. Azad M., Khatun Z., Eaton T. Generation of virus free potato plantlets through meristem culture and their field evaluation // American Journal of Plant Sciences. – 2020. – №11. – С. 1827-1846. DOI: 10.4236/ajps.2020.1111131.
9. Koleva L., Mitrev S., Trajkova F. Micropropagation of potato *Solanum Tuberosum* // Journal of Biology. – 2012. – Vol. 8. – P. 45-49.
10. Koksharova M K. Effect of temperature regime on the formation of potato microtubers *in vitro* // APK of Russia. – 2016. – Vol. 23(2). – P. 278-281.
11. Chiang C., Bänkestad D., Hoch G. Effect of asynchronous light and temperature fluctuations on plant traits in indoor growth facilities // Agronomy. – 2021. – Vol. 11. – P. 755. DOI: 10.3390/agronomy11040755.
12. Ali K., Raza G., Mukhtar Z., Mansoor Sh., Asad Sh. Ideal *in-vitro* culture and selection conditions for sugarcane genetic transformation // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. – 2015. – Vol. 52. – P. 43-49.
13. Hajare S. T., Chauhan N. M., Kassa G. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia // The Scientific World Journal. – 2021. – P. 5928769. DOI: 10.1155/2021/5928769.

14. Durnikin D., Kolpakov N., Guseva K. In vitro micropropagation and ex vitro rooting of some potato varieties // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – Vol. 9. – P. 679-689. DOI: 10.15421/2019_810.
15. Buldakov S.A., Plekhanova L.P. Influence of indole butiric acid on plant growth and formation of microtubers in potato culture *in vitro* // International Research Journal. – 2019. – Vol. 86(8). – P. 89-92. DOI: 10.23670/IRJ.2019.86.8.015.
16. Ibrahim I.A., Emara H. A., Nower A.A. In vitro cultivation of potato plants // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 5(12). – P. 858-868. DOI: 10.20546/ijemas.2016.512.094.
17. Hussain I.Q. B A L, Muhammad A I S H, Chaudhry Z.N. Morphogenic potential of three potato (*Solanum tuberosum*) cultivars from diverse explants, a prerequisite in genetic manipulation // Pakistan Journal of Botany. – 2005. – Vol. 37(4). – P. 889.
18. Ibragimova S.M., Romanova A.V., Myzgina G.Kh. The morphogenic potential of Siberian potato cultivars in tissue cultures // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – Vol. 22(3). – P. 316-320. DOI: 10.18699/VJ18.366.
19. Валиханова Г.Ж., Рахимбаев И.Р. Методическое руководство к практическим занятиям по культуре тканей растений. – Алма-Ата: КазГУ, 1983. – С. 152.

И.Н. Аникина, А.А. Кусаинов, М.Е. Жагипарова, М.К. Инсебаева
Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

Картоп өсімдіктерінің морфогенезін реттеуші ретінде өсірудің температуралық факторы *in vitro*

Аңдатпа. Картоптың тұқым шаруашылығында көбеюдің биотехнологиялық әдістерін енгізу тұқым материалының сапасын және өндіріске сауықтырылған және жаңа жоғары өнімді сорттарды енгізу қарқынын едәуір арттыруға мүмкіндік берді. Микроклональды көбеюдің сәттілігін және тұқымдық материалдың бастапқы көлемінің өсу қарқынын анықтайтын маңызды факторлардың қатарына сіңіру факторлары (қоректік ортаның құрамы), гормоналды факторлар (қоректік ерітіндідегі фитогормоналды препараттардың қатынасы) және өсірудің физикалық факторлары (температура мен жарық) жатады. Көптеген зерттеушілер бұл параметрлердің маңыздылығын атап өтті, бірақ олар ұсынған көрсеткіштер айтарлықтай өзгереді. Бұл жұмыста картоптың дақылдарының дамуына температура факторының әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеу нысандары Родриго, Любава, Голубизна, Тулеевский, Гранд, Гулливер, Импала, Фрителла, Инноватор сорттарының картоп регенеранттары болды. Зерттеу барысында фитотрон температурасы $26 \pm 2^\circ\text{C}$ болғанда барлық зерттелетін сорттардың даму көрсеткіштері фитотрон температурасы $22 \pm 2^\circ\text{C}$ нұсқасына қарағанда жоғары екендігі анықталды. Биіктіктің өсуі 36%-дан 190% - ға дейін, буын аралықтарының саны 53-146%-ға және сұрыпына байланысты тамырлануы 12-42%-ға дейін болды. Осылайша, бұл температура режимі неғұрлым қарқынды органогенезге ықпал етеді, демек, *in vitro* дақылында картоптың көбею коэффициентін арттыруға ықпал етеді.

Түйін сөздер: микрокөбейту, картоп, *in vitro*, даму, тамырлану, биіктік, буынаралық.

I.N. Anikina, A.A. Kussainov, M.E. Zhagiparova, M.K. Insebaeva
Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

The temperature factor of cultivation as a regulator of potato plant morphogenesis *in vitro*

Abstract. Introduction of biotechnological methods of reproduction in potato seed production has significantly increased the quality of seed material and rate of introduction of healthy and new high-yield varieties in production. The most important factors determining the success of micropropagation and the rate of multiplication of seed starting volume include nutritional factors (composition of nutrient media), hormonal factors (ratio of phytohormonal drugs in the nutrient solution) and physical cultivation factors (temperature and illumination). Many researchers have pointed out the importance of these parameters, but their recommended parameters vary considerably. This paper presents the results of studies on the effect of temperature factor on the development of cultivated potato plants. Regenerated potato plants of Rodrigo,

Lyubava, Golubizna, Tuleevsky, Grand, Gulliver, Impala, Fritella, Innovator varieties were the objects of the study. During the studies established that at a phytotron temperature of $26\pm 2^{\circ}\text{C}$, the development parameters of all varieties studied were higher than in the variant with a phytotron temperature of $22\pm 2^{\circ}\text{C}$. The increase in height was between 36% and 190%, the number of internodes grew by 53-146%, and root formation by 12-42%, depending on the variety. Thus, this temperature regime contributes to more intensive organogenesis, and therefore contributes to the increase of potato multiplication coefficient in *in vitro* culture.

Keywords: micropropagation, potato, *in vitro*, development, root formation, height, internodes.

References

1. Tokbergenova J.A., Babaev S.A. Innovacionnaya tekhnologiya proizvodstva semennogo kartofelya v Kazahstane [Innovative technology for the production of seed potatoes in Kazakhstan], Zashchita kartofelya [Potato Protection], 1, 7-8 (2014). [in Russian]
2. Shvidchenko V.K., Khasanov V.G., Tokbergenova Zh.A., Muzurik V.V. Proizvodstvo semennogo kartofelya na bezvirusnoj osnove [Production of seed potatoes on a videless basis] (Astana, Form Plus, 2011, 147 p.) [in Russian].
3. Kantarbaeva E.E. Mikroklonal'noe razmnozhenie kartofelya v *in vitro* [Microclonal reproduction of potatoes *in vitro*], Arhivarius [Archivarius], 2(65), 35-39 (2022). [in Russian]
4. Mukhambetzhano S.K., Mursalieva V.K., Vesporko N.A., S.V. Optimizatsiya protokolov pitatel'nykh sred dlya mikroklonal'nogo razmnozheniya roz [Optimization of the protocols of nutrient media for microclonal propagation of roses], Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya [Bulletin of KazNU. The biological series], 4, 45-48 (2011). [in Russian]
5. Kabyzbekova B.ZH., CHukanova N.I., Turdiev T.T., Rymhanova N., Koval'chuk I.YU. Optimizatsiya klonirovaniya *in vitro* razlichnykh genotipov yabloni [Optimization of cloning *in vitro* of various genotypes of apple tree], Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya [Bulletin of KazNU. The biological series], 3(80), 48-57 (2019). DOI: <https://doi.org/10.26577/eb-2019-3-b5>. [in Russian]
6. Anikina I.N., Oves E.V., Gaitova N.A., Kainidenov N. N., Seytzhanova D. D. Vliyanie gruppy spelosti sortov kartofelya na morfogenez v processe tirazhirovaniya rastenij *in vitro* [Influence of the group of ripeness of potato varieties on morphogenesis in the process of replication of plants *in vitro*], Vestnik ENU im. L. N. Gumileva. Seriya Biologicheskie nauki [Bulletin of ENU named after L. N. Gumilyov. The biological series], 2(127), 17-22 (2019). [in Russian]
7. Oves E., Anikina I., Adamzhanova Zh, Kaynidenov N. Evaluation parameters of *in vitro* morphogenesis in the process of replication of potato starting material IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES). (Krasnoyarsk, 2021, 42030 p.).
8. Azad M., Khatun Z., Eaton T. Generation of virus free potato plantlets through meristem culture and their field evaluation, American Journal of Plant Sciences, 11, 1827-1846 (2020). DOI: 10.4236/ajps.2020.1111131.
9. Koleva L., Mitrev S., Trajkova F. Micropropagation of potato *Solanum Tuberosum*. Journal of Biology, 8, 45-49 (2012).
10. Koksharova M K. Effect of temperature regime on the formation of potato microtubers *in vitro*, APK of Russia, 23(2), 278-281 (2016).
11. Chiang C., Bänkestad D., Hoch G. Effect of asynchronous light and temperature fluctuations on plant traits in indoor growth facilities, Agronomy, 11, 755 (2021). DOI: 10.3390/agronomy11040755.
12. Ali K., Raza G., Mukhtar Z., Mansoor Sh., Asad Sh. Ideal *in-vitro* culture and selection conditions for sugarcane genetic transformation, Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 52, 43-49 (2015).
13. Hajare S.T., Chauhan N.M., Kassa G. Effect of growth regulators on *in vitro* micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.) Gudiene and Belete Varieties from Ethiopia, The Scientific World Journal, 5928769 (2021). DOI: 10.1155/2021/5928769.
14. Durnikin D., Kolpakov N., Guseva K. *In vitro* micropropagation and *ex vitro* rooting of some potato varieties, Ukrainian Journal of Ecology, 9, 679-689 (2019). DOI: 10.15421/2019_810.
15. Buldakov S.A., Plekhanova L.P. Influence of indole butiric acid on plant growth and formation of microtubers in potato culture *in vitro*, International Research Journal, 86(8), 89-92 (2019). DOI: 10.23670/IRJ.2019.86.8.015.
16. Ibrahim I.A., Emara H. A., Nower A.A. *In vitro* cultivation of potato plants, International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(12), 858-868 (2016). DOI: 10.20546/ijcmas.2016.512.094.

17. Hussain I.Q. B A L, Muhammad A I S H, Chaudhry Z.N. Morphogenic potential of three potato (*Solanum tuberosum*) cultivars from diverse explants, a prerequisite in genetic manipulation, Pakistan Journal of Botany, 37(4), 889 (2005).

18. Ibragimova S.M., Romanova A.V., Myzgina G.Kh. The morphogenic potential of Siberian potato cultivars in tissue cultures, Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 22(3), 316-320 (2018). DOI: 10.18699/VJ18.366.

19. Valihanova G.ZH., Rahimbaev I.R. Metodicheskoe rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po kul'ture tkanej rastenij [Methodological guide to practical exercises in plant tissue culture] (Alma-Ata: KazGU, 1983, 152 p.).

Сведения об авторах:

Аникина И.Н. – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры биотехнологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Кусаинов А.А. – докторант кафедры биологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Жагипарова М.Е. – магистр биологии, старший преподаватель кафедры биотехнологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Инсебаева М.К. – магистр биологии, старший преподаватель кафедры биотехнологии, Торайгыров Университет, улица Ломова, 64, Павлодар, Казахстан.

Anikina I.N. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Biotechnology, Toraighyrov University, 64 Lomov Street, Pavlodar, Kazakhstan.

Kusainov A.A. – PhD student, Department of Biology, Toraighyrov University, 64 Lomov Street, Pavlodar, Kazakhstan.

Zhagiparova M.E. – Master of Biology, Senior Lecturer, Department of Biotechnology, Toraighyrov University, 64 Lomova Street, Pavlodar, Kazakhstan.

Insebayeva M.K. – Master of Biology, Senior Lecturer, Department of Biotechnology, Toraighyrov University, 64 Lomova Street, Pavlodar, Kazakhstan.

G.J. Sultangazina^{1*}, A.N. Kuprijanov²¹A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan²Kuzbass Botanical Garden Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS,
Kemerovo, Russian Federation

*Corresponding author: gul_sultan@mail.ru

Floral composition of the botanical natural monument “Kamenny lake tract” (Kostanay region)

Abstract. There are 15 specially protected natural areas in the Kostanay region. The total area: more than 818 ha. The state natural monument of local importance ‘Kamenny Lake tract’ floristic diversity was studied. Floristic studies were carried out by the route method in 2019–2022. The research task was to study the natural monument floristic composition, identify rare and endangered plants of the Kazakhstani Red Book. During the floristic study, five main ecotopes were identified: shrub thickets on slopes, birch forest on steep slopes, upland meadows with shrub thickets, meadow-marsh communities on coasts, and meadow-steppe communities. Protected natural area flora summary was compiled: for each species the habitat within the protected areas is indicated. In a small area (2.5 ha), 177 species of higher plants belonging to 132 genera and 48 families were found. Higher spore plants are represented by 6 species: *Equisetum arvense* L., *E. Hyemale* L., *E. pratense* Ehrh., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod, gymnosperm - *Ephedra Distachia* L., angiosperms: 171 species belonging to 44 families. Among them, Asteraceae - 31 species (18%), Rosaceae - 20 species (11.2%), Poaceae - 17 species (10%), Fabaceae - 10 species (6.0%), Lamiaceae - 9 species (5.1%), Caryophyllaceae - 8 species (5.0%). Three species (*Adonis wolgensis*, *Stipa pennata* and *Tulipa biebersteiniana*) are in the Kazakhstan Red Book (2014). The state of rare and endangered species populations is satisfactory.

Keywords: Kostanay region, natural monument “Kamenny Lake tract”, flora, rare and endangered plants.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-63-70>

Introduction

In 1992, in Rio de Janeiro, at the UN Conference on Environment and Development at the level of heads of government of fifty countries, it was announced that the greatest value that humanity should preserve for future generations is biological diversity. Relevant provisions have been enshrined in the Convention on Biological Diversity. The CBD Strategic Plan provides for “the desire of the world community to ensure the conservation, restoration and wise use of biodiversity by 2050...” (Convention, 1992). The main direction of biodiversity conservation is *in situ* - the conservation of biological diversity in natural habitats (reserves, sanctuaries, natural monuments) [1].

Kazakhstan has adopted the Concept for the conservation and sustainable use of the biological diversity of the Republic of Kazakhstan until 2030. Within the framework of this concept, it is recognized that the conservation of biodiversity is a priority [2].

On the territory of the Kostanay region there are 15 specially protected natural areas (SPNA), including: the state natural reserve ‘Naurzumsky’; state natural reserve ‘Altyn Dala’; three

state natural (zoological) reserves: Tounsorsky, Zharsor-Urkashsky, Mikhailovsky; 10 botanical monuments of nature. The total area of protected areas in the Kostanay region is more than 818 hectares [3].

In 1971-1973, on the initiative of Professor P.G. Pugachev, by a special decision of the regional executive committee and the Kostanay branch of the Kazakh Society for the Protection of Nature, a botanical natural monument "Kamenny Lake tract" was created [4]. The botanical monument of nature belongs to the Pritobolsky steppe pine forest region of high floodplain terraces (Tobol-Ubagansky subdistrict) of the Pritobolsk district. According to natural conditions, this territory is included in the subzone of arid forb-feather grass steppes on low-humus southern chernozems and dark chestnut soils, plowed up to 80% [5]. On a very small area – 100 hectares, there are several rather well-preserved types of vegetation [6]. First of all, these are ravine birch forests, splitting, occupying the northwestern slope (steepness 500) of a high floodplain. The stand consists of birch *Betula pendula* with a small admixture of aspen. The soils under the forest are dark gray loamy and sandy, fresh and moist. The undergrowth is sparse and consists of *Crataegus sanguinea*, *Padus avium*, *Ribes nigrum*, *Rosa majalis*, *Rubus idaeus*.

In steppe areas, there are feather grasses: *Stipa capillata* L., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *S. pennata* L. and forbs (*Achillea millefolium*, *Adonis wolgensis*, *Artemisia vulgaris*, *Calamagrostis epigeios*, *Filipendula vulgaris*, *Potentilla argentea*, *P. bifurca*, *Veronica spuria*). Meadow-marsh communities with the presence of macrophytes (*Agrostis stolonifera*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lysimachia vulgaris*, *Ptarmica salicifolia*, *Ranunculus repens*, *R. sceleratus*, *R. lingua*, etc.) are formed along the coast. P.G. Pugachev noted only the boreal elements of the floristic diversity of the natural monument, and it was extremely interesting to compile a complete list of plants growing in this area.

Methodology

The object of the study was the botanical natural monument 'Kamenny Lake tract', located 3 km from the village Zarechnoe. The soils under the birch forest are dark gray, loamy and sandy, on the slopes they are formed by leached chernozem, near the shore - meadow-marsh soils. The studies were carried out in spring and summer (2019-2022).

More than 500 herbarium sheets stored in the funds of A. Baitursynov of Kostanay Regional University. The collected herbarium material was supplemented with literature data [7-10].

The families of flowering plants are arranged according to the system of A.L. Takhtadzhyan [11]. Species in genera and genera in families are arranged alphabetically, the Latin and Russian names of the species are given according to S.A. Abdulina [12], taking into account modern data.

Discussion

During the floristic study, five main ecotopes were identified: shrub thickets on the slope (St), birch forest on a steep slope (Bf), upland meadows with shrub thickets (Um), meadow-marsh communities on the coast (Mm), meadow-steppe communities (Ms) (table 1).

Table 1
Characteristics of the cenofloras of the specially protected natural area 'Kamenny Lake tract'

Ecotopes	Coordinates	Habitat
St	N 53.28013°, W 63.76616°, h=134 m above sea level	Shrubs on the slope. TPC – 100%, Dominants: <i>Amygdalus nana</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Filipendula vulgaris</i> , <i>Potentilla bifurca</i> , <i>Rosa acicularis</i> , <i>R. spinosissima</i> , <i>Spiraea hypericifolia</i> , <i>Stipa capillata</i> , <i>S. pennata</i>
Bf	N53.28597°, W63.77815°, h=141 m above sea level	Birch forest on a steep slope. 10B, fullness 04-05, ground cover TPC – 30%, Dominants: <i>Betula pendula</i> , <i>Fritillaria ruthenica</i> , <i>Equisetum hyemale</i> , <i>Polygonatum odoratum</i> , <i>Padus avium</i>

Um	N 53.28138°, W 63.76820°, h=139 m above sea level	Upland meadows with shrub thickets. TPC – 90%, Dominants: <i>Cerasus ommutate</i> , <i>Adonis wolgensis</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Stipa lessingiana</i> , <i>Potentilla argentea</i> , <i>Veronica spuria</i>
Mm	N 53.28138°, W 63.76820°, h=137 m above sea level	Meadow-marsh communities on the coast. TPC – 90%, Dominants: <i>Typha angustifolia</i> , <i>Urtica dioica</i> , <i>Artemisia proceriformis</i> , <i>Artemisia vulgaris</i> , <i>Humulus lupulus</i>
Ms	N 53.58026°, W 63.76741°, h=105 m above sea level	Meadow-steppe communities. TPC – 90%, Dominants: <i>Falcaria vulgaris</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>Artemisia ommutate</i> , <i>Centaurea sibirica</i> , <i>Echinops ritro</i>

Results

Despite the proximity of the settlement (the village of Zarechnoye), a large number of species are concentrated in a relatively small area, and plant communities retain their natural structure. The flora of the botanical reserve "Kamenny Lake tract" includes 177 species belonging to 132 genera and 48 families. In shrub thickets on the slope (St), 43 species were found; in a birch forest on a steep slope (Bf) – 54 species, in a dry meadow with shrubs (Um) – 54 species, in meadow-marsh communities (Mm) – 51 species, and in meadow-steppe communities (Ms) – 50 species.

Equisetaceae Rich. ex DC.: *Equisetum arvense* L., Mm; *E. hyemale* L., Bf, Mm; *E. pratense* Ehrh. Mm.

Athyriaceae Alston: *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., Bf; *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., Bf.

Onocleaceae Pichi-Sermoli: *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod, Bf.

Ephedraceae Dumort.: *Ephedra distachya* L., Bf.

Nymphaeaceae Salisb.: *Nuphar lutea* (L.) Smith, Mm.

Ceratophyllaceae S.F. Gray: *Ceratophyllum demersum* L. Mm.

Ranunculaceae Juss.: *Adonis wolgensis* Steven., Bf, Um; *Ranunculus lingua* L., Mm; *R. repens* L., Bf, Mm; *R. sceleratus* L., Mm; *Thalictrum collinum* Wallr., Um; *Th. simplex* L., Ms.

Caryophyllaceae Juss.: *Elisanthe viscosa* (L.) Rupr, St; *Eremogone koriniana* (Fisch. ex Fenzl) Ikonn., Um; *E. longifolia* (M.Bieb.) Fenzl., Bf, Ms; *Gypsophila paniculata* L., St, Mm; *Melandrium album* (Mill.) Garcke, Bf; *Otites wolgensis* (Hornem.) Bess. ex Spreng., Um; *Silene nutans* L.St; *Stellaria graminea* L., Um, Ms.

Chenopodiaceae Vent.: *Chenopodium album* L., Ms.

Polygonaceae Juss.: *Persicaria lapathifolia* (L.) Gray, Ms; *Polygonum aviculare* L. Bf; *Rumex confertus* Willd. Mm; *R. crispus* L., Ms.

Limoniaceae Ser.: *Limonium gmelinii* (Willd.) Kuntze, Um.

Betulaceae Gray: *Betula pendula* Roth., St, Bf, Mm, Ms.

Primulaceae Vent.: *Androsace filiformis* Retz., Ms; *Lysimachia vulgaris* L., Bf, Mm; *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Rchb., Mm.

Salicaceae Mirb.: *Populus tremula* L.St, Bf, Mm, Ms.; *Salix caprea* L., Bf; *S. triandra* L., Bf, Ms.

Brassicaceae Burnett: *Alyssum tortuosum* Waldst. & Kit. ex Willd., Um; *Capsella orientalis* Klovov, St; *Lepidium ruderae* L., St; *Sisymbrium loeselii* L., Um.

Cannabaceae Endl.: *Humulus lupulus* L. Ms.

Urticaceae Juss.: *Urtica dioica* L., St, Bf, Um, Mm.

Euphorbiaceae Juss.: *Euphorbia subcordata* C.A.Mey., Ms; *E. virgata* Waldst. & Kit., Bf, Mm, Ms.

Crassulaceae DC.: *Sedum telephium* L., St, Bf, Um.

Grossulariaceae DC.: *Ribes nigrum* L., Bf.

Rosaceae Juss.: *Amygdalus nana* L. Bf; *Cerasus fruticosa* Pall., Um; *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt., St; *Crataegus sanguinea* Pall., St, Bf; *Filipendula vulgaris* Moench, St, Um; *Fragaria viridis* (Duchesne) Weston, Bf; *Malus domestica* Borkh, Ms; *Padus avium* Mill., Bf, Mm; *Potentilla anserina* L., Mm, Ms; *P. argentea* L., Um; *P. bifurca* L., St, Um; *P. canescens* Besser, Ms; *P. humifusa* Willd. ex Schldl., Um; *Rosa acicularis* Lindl., St; *R. majalis* Herrm., St, Mm, Ms; *R. spinosissima* L., St; *Rubus caesius* L., Mm; *R. idaeus* L. Bf; *Sanguisorba officinalis* L., Bf, Mm, Ms; *Spiraea hypericifolia* L., St, Bf., Ms.

Onagraceae Juss.; *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., Bf; *Epilobium montanum* L., Mm.

Fabaceae Lindl.: *Amoria repens* (L.) C. Presl, Bf, Ms; *Astragalus danicus* Retz., Ms; *A. cornutus* Pall., St; *A. onobrychis* L., Ms; *A. varius* S.G. Gmel., Ms; *Caragana frutex* (L.) K. Koch, St, Um; *Genista tinctoria* L., St; *Medicago falcata* L., Um, Mm, Ms; *Melilotus officinalis* (L.) Pall., St; *Oxytropis pilosa* (L.) DC., Um.

Rhamnaceae Juss.: *Rhamnus cathartica* L., Mm.

Geraniaceae Juss.: *Geranium collinum* Stephan ex Willd., Mm; *G. pratense* L., Ms.

Apiaceae Lindl.: *Falcaria vulgaris* M. Bernh., Ms; *Heracleum sibiricum* L., Bf, Mm; *Kadenia dubia* (Schkuhr) Lavrova & V.N.Tikhom., Mm, Ms.; *Seseli ledebourii* G. Don., Um; *S. strictum* Ledeb., Mm.

Caprifoliaceae Juss.: *Lonicera tatarica* L., Bf, Um, Mm.

Valerianaceae Batsch: *Valeriana tuberosa* L., Um.

Rubiaceae Juss.: *Galium boreale* L. St; *G. palustre* L. Bf; *G. verum* L., Um, Ms.

Solanaceae Juss.: *Hyoscyamus niger* L., Ms.

Convolvulaceae Juss.: *Calystegia sepium* (L.) R. Br., Mm; *Convolvulus arvensis* L., St, Ms.

Boraginaceae Juss.: *Cynoglossum officinale* L., Mm; *Nonea rossica* Steven. Ms; *Onosma simplicissima* L., St, Um.

Scrophulariaceae Juss. *Veronica longifolia* L., Ms; *V. spicata* L., St, Ms; *V. prostrata* L., St; *V. spuria* L., St, Um.

Plantaginaceae Juss.: *Plantago major* L., Bf; *P. media* L., Um; *P. urvillei* Opiz. Bf.

Lamiaceae Lindl.: *Dracocephalum thymiflorum* L., Um; *Glechoma hederacea* L., Bf, Um, Mm; *Hyssopus ambiguus* (Trautv.) Iljin, Um; *Leonurus glaucescens* Bunge, Um, Ms; *Phlomis tuberosa* L., Um, Ms; *Salvia stepposa* Des.-Shost., Um; *Scutellaria dubia* Taliev et Sirj. Bf; *Stachys palustris* L., Ms; *Thymus marschallianus* Willd., Um.

Campanulaceae Juss.: *Campanula wolgensis* P.A.Smirn., Bf.

Asteraceae Dumort: *Achillea millefolium* L., Bf, Um, Mm, Ms; *A. setacea* Waldst. & Kit. Um; *Arctium tomentosum* Mill., Bf, Mm; *Artemisia austriaca* Jacq., Bf; *A. commutata* Besser, Ms; *A. dracunculus* L., St Ms; *A. proceraeformis* Krasch., Mm; *A. vulgaris* L., Bf, Um, Mm; *Centaurea stoebe* L. Um; *C. scabiosa* L., Um; *C. sibirica* L., Um; *Cirsium setosum* (Willd.) Besser, Mm; *Echinops ritro* L., St, Ms; *Cichorium intybus* L., St; *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, Um; *Lactuca serriola* Torner., Mm; *Psephellus turgaicus* (Klokov) A.L. Ebel, St; *Ptarmica salicifolia* (Besser) Serg., Mm; *Scorzonera austriaca* Willd., Ms; *S. parviflora* Jacq. Bf; *S. purpurea* L., St; *Senecio jacobaea* L., Ms; *Solidago virgaurea* L., Bf; *Tanacetum vulgare* L., Ms; *Taraxacum officinale* F.H.Wigg., St, Bf, Um, Mm; *Tragopogon pratensis* L. St; *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip., St, Mm; *Trommsdorffia maculata* (L.) Bernh., Um, Ms;

Butomaceae L. C. Rich: *Butomus umbellatus* L. Mm;

Hydrocharitaceae Juss.: *Hydrocharis morsus-ranae* L. Mm; *Stratios aloides* L. Mm.

Potamogetonaceae Dumort: *Potamogeton lucens* L., Mm;

Liliaceae Juss.: *Fritillaria meleagroides* Patrin ex Schult., Um; *F. ruthenica* Wikstr., St, Bf; *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. f., St, Um;

Alliaceae J. Agardh: *Allium lineare* L., St, Um.

Convallariaceae Horaninow: *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, Bf.

Asparagaceae Juss.: *Asparagus officinalis* L., Um.

Cyperaceae Juss.: *Carex riparia* Curtis, Mm; *C. supina* Willd. ex Wahlenb, Um.

Poaceae Barnhart: *Achnatherum splendens* (Trin.) Nevski, Um; *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn., Ms; *Agrostis gigantea* Roth., Bf; *A. stolonifera* L., Mm; *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, Um, Mm, Ms; *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, Ms; *Elytrigia repens* (L.) Nevski, Bf; *Festuca valesiaca* Gaudin, St, Bf, Ms; *Hierochloa odorata* (L.) Beauv., Bf; *Leymus angustus* (Trin.) Pilg., Ms; *Melica altissima* L. Bf; *Poa angustifolia* L., Bf, Um, Mm; *P. pratensis* L., Bf, Um, Mm; *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., Ms; *Stipa capillata* L., St; *S. lessingiana* Trin. et Rupr., Um, Ms; *S. pennata* L., St.

Lemnaceae S. F. Gray: *Lemna minor* L., Mm; *L. trisulca* L., Mm.

Typhaceae L.: *Typha angustifolia* L., Mm; *T. latifolia* L., Mm.

Higher spore plants are represented by 6 species: *Equisetum arvense* L., *E. hyemale* L., *E. pratense* Ehrh., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod, gymnosperms are represented by one species - *Ephedra distachia* L.

There are 171 species of angiosperms (28 species are monocots and 149 are dicots), belonging to 44 families. Among them, *Asteraceae* - 31 species (18%), *Rosaceae* - 20 species (11.2%), *Poaceae* - 17 species (10%), *Fabaceae* - 10 species (6.0%), *Lamiaceae* - 9 species (5.1%), *Caryophyllaceae* - 8 species (5.0%).

The largest number of species is represented by the genera *Artemisia* and *Potentilla*, 5 species each, *Astragalus* and *Veronica*, 4 species each.

Three species of plants listed in the Red Book of Kazakhstan were found on the territory of the natural monument (Krasnaya kniga, 2014). A small population of *Stipa pennata* is located in the bushes on the slope (St). The population area is 300-500 m², the plants are represented mainly by generative individuals, the vitality of plants is normal. The population of *Tulipa biebersteiniana* is located in upland meadows with shrubs (Um). The population area is 300 m², the plants are represented by generative individuals, the vitality of plants is normal. A population of *Adonis wolgensis* was also found there. The population area is 400 m², the fractional projective cover of *A. wolgensis* is 1.0%, the density of individuals is 155 pcs/100 m², in total there are about 600 individuals in the population. The state of the population is satisfactory [14, 15].

Conclusion

177 species of higher plants belonging to 132 genera and 48 families, including three species of *Stipa pennata*, *Tulipa biebersteiniana* and *Adonis wolgensis*, of the Red Book of Kazakhstan, were found on the territory of the botanical natural monument 'Kamenny Lake tract'. The state of the population of rare and endangered species is satisfactory.

References

1. Convention on Biological Diversity. [Electronic resource] – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (accessed: 09.11.2022).
2. Концепция по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Казахстан до 2030 года. [Electronic resource] – URL: https://ceic-portal.net/index.php/ru/download_all_files/3291/field_files (accessed: 09.11.2022).
3. Брагина Т.М. Особо охраняемые природные территории Казахстана и перспективы организации экологической сети (с законодательными основами в области особо охраняемых природных территорий). – Костанай: Костанайский дом печати, 2007. – 164 с.
4. Паспорт государственного памятника природы местного значения Урочище «Каменное озеро». – Костанай, 2008. – 30с.
5. Карта природного районирования Северного Казахстана. – Москва; Ленинград, 1960. – 468 с.
6. Пугачев П.Г. Сосновые леса Тургайской впадины. – Кустанай, 1994. – 408 с.
7. Пережогин Ю.В., Бородулина О.В., Конысбаева Д.Т. Ревизия гербария КГПИ (семейства *Onocleaceae* – *Ephedraceae*) // Вестник КГПИ. – 2009. – Т. 4. – С. 50-52.
8. Пережогин Ю.В., Бородулина О.В., Конысбаева Д.Т. Ревизия гербария КГПИ (род *Ranunculus* L. семейства *Ranunculaceae* Juss.) // Вестник КГПИ. – 2010. – Т. 4(20). – С. 87-90.

9. Пережогин Ю.В., Бородулина О.В., Конысбаева Д.Т., Курлов С.И. Ревизия Гербария КГПИ (Род *Centaurea* L. семейства *Asteraceae* Dumort.) // Вестник КГПИ. – 2012. – Т. 3(27). – С. 96-98.
10. Пережогин Ю.В., Бородулина О.В., Тарасов М.С. Ревизия родов *Astragalus* L. и *Oxytropis* DC. флоры Костанайской области // Вестник КГПИ. – 2021. – Т. 1-2(61-62). – С. 89-96.
11. Тахтаджян А.И. Цветущие растения. 2 издание. – 2009. – 871 с.
12. Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – Алматы, 1999. – 187 с.
13. Красная книга Казахстана. Т.2, Ч. 2. Растения. 2-ое издание доп. – Астана: ТОО «Art-Print XXI». – 2014. – 452 с.
14. Sultangazina G. J., Kuprijanov A. N., Hrustaleva I. A., Abileva G. A., Beyshova I. S. Cenoflora of *Adonis wolgensis* Steven in northern Kazakhstan // News of the National Academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Ser. of biological and medical. – 2018. – Vol. 5(329). – P. 16-24. DOI: <https://doi.org/10.32014/2018.2518-1629.3>.
15. Султангазина Г.Ж., Куприянов А.Н., Куприянов О.А. Структура популяций *Adonis wolgensis* Stev. Северного Казахстана // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Материалы V международной конференции. – Кемерово, 2018. – С. 109-112.

Г.Ж. Сұлтанғазина¹, А.Н. Куприянов²

¹А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан

²Кузбас ботаникалық бағы, РГА СБ көмір және көмір химиясы Федеральді зерттеу орталығы, Кемерово, Ресей Федерациясы

**«Каменное» көлі шапқалындағы ботаникалық табиғи ескерткішінің
флористикалық құрамы (Қостанай облысы)**

Аңдатпа. Қостанай облысының аумағында 15 ерекше қорғалатын табиғи аумақтар бар. Жалпы ауданы 818 гектардан астам. Жергілікті маңызы бар «Урочище Каменное озеро» мемлекеттік табиғи ескерткішінің флористикалық әртүрлілігі зерттелді. Флористикалық зерттеулер маршруттық әдіспен 2019-2022 жылдар аралығында жүргізілді. Зерттеу жұмысының міндеті табиғат ескерткішінің флористикалық құрамын зерттеу, Қазақстанның Қызыл кітабына енген сирек кездесетін және жойылып бара жатқан өсімдіктерді анықтау болды. Флористикалық зерттеу кезінде бес негізгі экотоптар анықталды: беткейдегі бұталы өсімділер, тік беткейдегі қайың орманы, бұталы құрғақ шалғындар, жағалаудағы шалғынды-батпақты қауымдастықтар, шалғынды-дала қауымдастығы. Ерекше қорғалатын табиғи аумақтың флорасының қысқаша мазмұны жасалды, онда әрбір түр үшін ерекше қорғалатын табиғи аумақтар шегінде тіршілік ету ортасы көрсетілген. Шағын аумақта (2,5 га) жоғары сатыдағы өсімдіктердің 132 туыс пен 48 тұқымдасқа жататын 177 түрі табылды. Жоғары споралы өсімдіктер 6 түрмен ұсынылған: *Equisetum arvense* L., *E. hyemale* L., *E. pratense* Ehrh., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod, ашық тұқымдыларда бір түр - *Ephedra distachia* L., жабық тұқымдылардың 44 тұқымдасқа жататын 171 түрі бар. Олардың ішінде *Asteraceae* – 31 түрі (18%), *Rosaceae* – 20 түрі (11,2%), *Poaceae* – 17 түрі (10%), *Fabaceae* – 10 түрі (6,0%), *Lamiaceae* – 9 түрі (5,1%), *Caryophyllaceae* – 8 түрі (5,0%) жетекші маңызға ие. Зерттелетін аумақта Қазақстанның Қызыл кітабына (2014) енгізілген үш түрі (*Adonis wolgensis*, *Stipa pennata* және *Tulipa biebersteiniana*) кездеседі. Сирек кездесетін және жойылып бара жатқан түрлер популяциясының жағдайы қанағаттанарлық.

Түйін сөздер: Қостанай облысы, «Урочище Каменное озеро» табиғат ескерткіші, флора, сирек кездесетін және жойылып бара жатқан өсімдіктер.

Г.Ж. Султангазина¹, А.Н. Куприянов²

¹Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, Костанай, Казахстан

²Кузбасский ботанический сад, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Российская Федерация

Флористический состав ботанического памятника природы «Урочище Каменное озеро» (Костанайская область)

Аннотация. На территории Костанайской области находится 15 особо охраняемых природных территорий, общая площадь которых составляет более 818 га. Изучено флористическое разнообразие государственного памятника природы местного значения «Урочище Каменное озеро». Флористические исследования проводились маршрутным методом в период 2019–2022 гг. В задачу исследований входило изучение флористического состава памятника природы, выявление редких и исчезающих растений, внесенных в Красную книгу Казахстана. При флористическом изучении были выделены пять основных экотопов: кустарниковые заросли на склоне, березовый лес на крутом склоне, суходольные луга с кустарниковыми зарослями, лугово-болотные сообщества на берегу, лугово-степные сообщества. Составлен конспект флоры охраняемой природной территории, в котором для каждого вида указаны местообитание в пределах ООПТ. На небольшой территории (2,5 га) найдено 177 видов высших растений, относящихся к 132 родам и 48 семействам. Высшие споровые растения представлены 6 видами: *Equisetum arvense* L., *E. hyemale* L., *E. pratense* Ehrh., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod, голосеменные одним видом - *Ephedra distachia* L., покрытосеменные растения - 171 вид, относящиеся к 44 семействам. Среди них ведущее значение занимают *Asteraceae* – 31 вид (18%), *Rosaceae* – 20 видов (11,2%), *Poaceae* – 17 видов (10%), *Fabaceae* – 10 видов (6,0%), *Lamiaceae* – 9 видов (5,1%), *Caryophyllaceae* – 8 видов (5,0%). На исследуемой территории произрастают три вида (*Adonis wolgensis*, *Stipa pennata* и *Tulipa biebersteiniana*), включенные в Красную книгу Казахстана (2014). Состояние популяций редких и исчезающих видов удовлетворительное.

Ключевые слова: Костанайская область, памятник природы «Урочище Каменное озеро», флора, редкие и исчезающие растения.

References

1. Convention on Biological Diversity. [Electronic resource] – Available at: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl.shtml (accessed: 09.11.2022).
2. Konceptiya po sohraneniyu i ustojchivomu ispol'zovaniyu biologicheskogo raznoobraziya Respubliki Kazahstan do 2030 goda [Concept for the conservation and sustainable use of biological diversity of the Republic of Kazakhstan until 2030]. [Electronic resource] – Available at: https://ceic-portal.net/index.php/ru/download_all_files/3291/field_files (accessed: 09.11.2022). [in Russian]
3. Bragina T.M. Osobo ohranyaemye prirodnye territorii Kazahstana i perspektivy organizacii ekologicheskoy ceti (s zakonodatel'nymi osnovami v oblasti osobo ohranyaemykh prirodnykh territorij) [Specially protected natural areas of Kazakhstan and prospects for organizing an ecological network (with legislative framework in the field of specially protected natural areas)] (Kostanaj: Kostanajskij dom pečati, 2007, 164 s.) [Kostanay: Kostanay Printing House, 2007, 164 p.]. [in Russian]
4. Pasport gosudarstvennogo pamyatnika prirody mestnogo znacheniya Urochishche «Kamennoe ozero» [Passport of the state natural monument of local significance Urochishche «Stone Lake»] (Kostanaj, 2008, 30 s.) [Kostanay, 2008, 30 p.]. [in Russian]
5. Karta prirodnogo rajonirovaniya Severnogo Kazahstana [Map of natural zoning of Northern Kazakhstan] (Moskva, Leningrad, 1960, 468 s.) [Moscow, Leningrad, 1960, 468 p.]. [in Russian]
6. Pugachev P.G. Sosnovye lesa Turgajskoj vpadiny [Pine forests of the Turgai depression] (Kustanaj, 1994, 408 s.) [Kustanay, 1994, 408 p.]. [in Russian]
7. Perezhogin YU.V., Borodulina O.V., Konysbaeva D.T. Reviziya gerbariya KGPI (semejstva Onocleaceae – Ephedraceae), Vestnik KGPI [Revision of the herbarium of the KSPI (families Onocleaceae - Ephedraceae)], Bulletin of the KSPI, 4, 50-52 (2009). [in Russian]

8. Perezhogin YU.V., Borodulina O.V., Konysbaeva D.T. Reviziya gerbariya KGPI (rod *Ranunculus* L. semejstva Ranunculaceae Juss.), Vestnik KGPI [Revision of the herbarium of the KSPI (genus *Ranunculus* L. of the family Ranunculaceae Juss.), Bulletin of the KSPI], 4(20), 87-90 (2010). [in Russian]
9. Perezhogin YU.V., Borodulina O.V., Konysbaeva D.T., Kurllov S.I. Reviziya Gerbariya KGPI (Rod *Centaurea* L. semejstva Asteraceae Dumort.), Vestnik KGPI [Revision of the Herbarium of the KSPI (Genus *Centaurea* L. of the family Asteraceae Dumort.), Bulletin of the KSPI], 3(27), 96-98 (2012). [in Russian]
10. Perezhogin YU.V., Borodulina O.V., Tarasov M.S. Reviziya rodov *Astragalus* L. i *Oxytropis* DC. flory Kostanajskoj oblasti, Vestnik KGPI [Revision of the genera *Astragalus* L. and *Oxytropis* DC. flora of the Kostanay region, Bulletin of KSPI], 1-2(61-62), 89-96 (2021). [in Russian]
11. Tahtazhyan A.I. Cvetushchie rasteniya. 2 izdanie [Flowering plants. 2nd edition], 871 (2009). [in Russian]
12. Abdulina S.A. Spisok sosudistyh rastenij Kazakhstana [List of vascular plants of Kazakhstan] (Almaty, 1999, 187 s.). [in Russian]
13. Krasnaya kniga Kazakhstana. T.2, CH. 2. Rasteniya. 2-oe izdanie dop. [Red Book of Kazakhstan. T.2, Part 2. Plants. 2nd edition add.] (Astana, TOO «Art-Print XXI», 2014, 452 s.). [in Russian]
14. Sultangazina G.J., Kuprijanov A.N., Hrustaleva I.A., Abileva G.A., Beyshova I.S. Cenoflora of *Adonis wolgensis* Steven in northern Kazakhstan, News of the National Academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Ser. of biological and medical, 5(329), 16-24 (2018). DOI: <https://doi.org/10.32014/2018.2518-1629.3>.
15. Sultangazina G.ZH., Kuprijanov A.N., Kuprijanov O.A. Struktura populyacij *Adonis wolgensis* Stev. Severnogo Kazakhstana. Problemy promyshlennoj botaniki industrial'no razvityh regionov. Materialy V mezhdunarodnoj konferencii, Kemerovo [Population structure of *Adonis wolgensis* Stev. Northern Kazakhstan. Problems of industrial botany of industrially developed regions. Materials of the V international conference, Kemerovo], 109-112 (2018). [in Russian]

Information about authors:

Sultangazina G.J. – Candidate of Biological Sciences, A.Baitursynov Kostanay Regional University, 10 Abai ave., Kostanay, Kazakhstan.

Kuprijanov A.N. – Doctor of Biological Sciences, Professor of Kuzbass Botanical Garden, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry, SB RAS, 10 Leningradsky Av., Kemerovo, Russia.

Сұлтангазина Г.Ж. – биология ғылымдарының кандидаты, А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Абай даңғ. 28, Қостанай, Қазақстан.

Куприянов А.Н. – биология ғылымдарының докторы, Кузбас ботаникалық бағы, РҒА СБ көмір және көмір химиясы Федеральді зерттеу орталығы, Ленинград даңғ. 10, Кемерово, Ресей.

А.Б. Исмагулова^{1*}, А.Д. Спанбаев¹, С.К. Наекова^{1,2},
Г.М. Салхожаева¹, З.С. Сармурзина²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Астана, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: altynai14.02@mail.ru

***Gliocladium catenulatum* саңырауқұлақтан алынған экстракттың *Botrytis cinerea* және *Fusarium oxysporum* фитопатогендеріне антифунгалдық әсері**

Аңдатпа. Бұл мақалада *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағының экстракттары алынып, Солтүстік Қазақстанда кең таралған фитопатогенді *Botrytis cinerea* және *Fusarium oxysporum* саңырауқұлақтарына антифунгалды қасиеті қарастырылды. Зерттеу нәтижесінде ауруға ұшырамаған құлпынай тамырынан *Gliocladium catenulatum* оқшауланды. Бұл микромицет-антогонист фитопатогендерге жоғары антифунгалды белсенділігін көрсетті, басылу аймағы орта есеппен – $35 \pm 0,05$ мм. *Fusarium oxysporum* фитопатогенінің антогонистке сезімталдығы *Botrytis cinerea*-ға қарағанда жоғарырақ екені анықталды. Мысалы, *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағының экстрактысы 30 рет сұйылтылған оңтайлы концентрациясы әсерінен *Fusarium oxysporum*-дағы басу аймағы – $26 \pm 0,03$ мм, ал *Botrytis cinerea*-да $24 \pm 0,03$ мм құрады.

Gliocladium catenulatum продуцентінің қарқынды өсуі мен дамуы үшін оңтайлы жағдай (өсіру ортасы, температура, көмірсуларды пайдалану, рН ортасы) беттік культивирлеу әдісімен анықталды.

Зерттеудің мақсаты – *Gliocladium catenulatum*-нен алынған экстракттардың *Botrytis cinerea* және *Fusarium oxysporum* фитопатогендеріне қарсы антифунгалдық қасиетін бағалау және болашақта дақылдардың өнімділігін арттыру үшін осы микромицетті фунгицидтік биологиялық препарат ретінде қолдану.

Түйін сөздер: *Gliocladium catenulatum*, фитопатогендер, антогонизм, антифунгалдық қасиет.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-71-85>

Кіріспе

Елімізде бау-бақша және ауылшаруашылық дақылдарында қоңыр жапырақ таты мен тамыр шіріктерінің жаппай дамуы көптеп байқалады. Егіннің үлкен шығынын азайту және болдырмау үшін өсімдіктер мен топырақ ағзасына зиянды әсер етпейтін микроорганизмдердің көмегімен биологиялық препараттарды жасау мақсатымыз болып табылады. Өсімдік инфекциясын жоюға, теңдестірілген табиғи қоректенуді енгізуге бағытталған агробиотехнологиялық шаралар ауру мен зиянкестердің таралуын азайтуға ықпал етеді. Бүгінгі таңда өсімдіктерді қорғаудың биологиялық шараларына ерекше назар аударылған. Оларды жоспарлау кезінде биологиялық препараттарды уақтылы қолдану ғана жоғары экономикалық тиімділікті қамтамасыз ететіндігін ескеру қажет [1].

Қазіргі таңда экологиялық және экономикалық тиімділігі зор биологиялық препаратты әзірлеу және кең түрде қолдану шет елдік ғылыми зерттеу зертханаларында

іске асырылуда. Атап айтқанда: Department of Life Sciences зерттеу орталығы, Modena and Reggio Emilia университеті, Каирского университетінің микробиология және ауылшаруашылық кафедрасы, Mansoura университетінің Botany кафедрасы, Египет, KiyoshiIsono антибиотикалық зертхана, физикалық және химиялық зерттеу институты, Жапония және т.б. [2, 3].

Дәнді дақылдардың аурулары жыл сайын егіннің 30% – азаюына, аурулардың 70%-ға дейін қолайлы дамуы елімізде жоғары шығынға әкеледі. Жыл сайын астық тұқымдарының септориозының жаппай дамуы мен таралуына саңырауқұлақ мицелийі түріндегі үлкен инфекциялық қоры өсімдік қалдықтарында және мицелий түрінде аңыздық егісте сақталады [4]. Патоген алдымен өлі тіндердің орнына орналасады. Ол өзінің улы секрецияларымен көрші тірі жасушаларды улайды, уақыт өте келе оларға еніп, оларды қоректену үшін пайдаланады. Яғни, аурудың қоздырғышы өзі улаған тіндерді тікелей қорек ретінде қолданады. Құлпынайдың сұр шірігі әсіресе ылғалды және суық ауа райында жидектер піскен кезде жиі кездеседі. Жидектердің гүлсидамы мен топырақпен байланысы, шіріген өсімдік қалдықтарының, шіріген сабанның немесе үгінділердің, ауру жидектердің болуы – мұның бәрі аурудың даму қарқындылығын арттырады. Механикалық тұрғыдан жәндіктер мен ұлудың шырыштары жидектерді қатты зақымдайды [5, 6, 7].

Қазіргі уақытта отандық нарықта «Хазраст Али Акбар» ЖШС және «Биомикол», «Биокенбид» өндірушісінен «Есо Save» компаниясынан БИОБАРС-М биопрепараттары әзірленіп, кеңінен қолданылады. «Биомикол» биологиялық өнімі – бактерицидтік әсері бар кең спектрлі фунгицид. Биологиялық препараттың белсенді құрамы-көптеген саңырауқұлақтар мен бактериялық өсімдік ауруларының көбеюін тежейтін *Bacillus subtilis* бактериялық культурасының тірі жасушалары мен споралары. Биологиялық өнім сәбіз, картоп, қызанақ, қияр, бұрыш, дәнді дақылдарды сақтау және өсіру кезінде қолдануға арналған. «Биокенбид» – бактериялық препарат, оның құрамына *Bacillus thuringiensis* споралары мен культура жасушалары, дельта-эндотоксин ақуыз кристалдары түрінде және бета-экзотоксиннен тұрады. «В» маркалы МЭРС және БИОБАРС-М биологиялық өнімдері өсімдіктерді топырақтағы артық ылғалдан және зиянкестерден қорғайды [8, 9, 10, 11].

Зерттеу жұмысымыздың мақсаты – құлпынай жемістерінде кездесетін фитопатогенді саңырауқұлақтар *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*-ге антогонистік қасиеті бар *Gliocladium catenulatum*-нан алынған экстракттардың антифунгалдық қасиетін зерттеу.

Ғылыми зерттеу жұмыстары «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» ҚеАҚ, Астана, «Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы» ЖШС, Астана жүргізілді.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зақымдалған және сау құлпынай жемістерінен саңырауқұлақ культурасын бөліп алу.

Микромицет саңырауқұлақтарды бөліп алу үшін сау және зақымдалған құлпынай сынамалары алынды (сурет-1). Алынған құлпынай сынамалары стерильді табақшаға салынып, тазартылған суда 2-3 минут ұсталды. Содан кейін 40 секунд ішінде 95% этанолмен жуылып, одан әрі 3 минут 10% дезинфекциялаушы «Дезотабс» ерітіндісінде ұсталды. 40 секунд ішінде 70% этанолмен, содан кейін 40 секунд ішінде тазартылған сумен жуылды. Алынған құлпынай сынамаларын таза құрғақ табақшаға стерильді пинцетпен салынды, зақымдалған бөліктерін 1x1 мм кішкене бөліктерге кесілді. Саңырауқұлақтарды сау және зақымдалған құлпынайдан бөліп алу үшін *Chapek dox agar* және *Potato dox agar* қоректік орталары қолданылды. Табақшаларды инкубациялау уақыты 26-28°C температурада 7 тәулікті құрады.



Сурет 1. Патогенді саңырауқұлақтармен зақымдалған құлпынай жемістері

Зерттеу әдістері

Саңырауқұлақтардың жинақталған культураларын алу.

Саңырауқұлақтардың өсіп келе жатқан колониялары тиісті ортасы бар пробиркаларға егілді, алынған сынама әрі қарай зерттеу үшін бастапқы материал болып табылды. Бактериялардың өсуін тежеу үшін Петри табақшасына 0,01% мөлшерде ампициллин антибиотигі қосылды. Петри табақшасы 4 секторға бөлінді, әр секторға құлпынайдың 1-ші кішкене бөлігі салынды. Инкубациялау 7 тәулік ішінде қараңғы жерде бөлме температурасында жүргізілді. Содан кейін олар жұқтырған және сау құлпынайдан саңырауқұлақ культурасы тазартылды. алынған егу материалының тазалығы мен біртектілігіне микробиологиялық бақылау жүргізілді. Бірнеше рет қайта егу нәтижесінде құлпынайдан бөліп алынған микромицеттерді микроскопиялау көмегімен туыстық және түрлік құрамы анықталды [12, 13, 14, 15].

Саңырауқұлақ культурасын молекулярлық-генетикалық идентификациялау.

Саңырауқұлақ культурасы 2 мл стерильді пробиркада екі шыны шарикпен (6 мм) 30Hz, 15минут MM300 mixerMill құрылғысында гомогенизацияланды. Содан кейін 350 мкл СТАВ ерітіндісін қосып, араластырып, 700 мкл хлороформ-изоамил спирті ерітіндісін (24:1) қосып, мұқият араластырып, 10 минут тұндырып, супернатантты таза пробиркаларға ауыстырылды. Содан кейін 700 мкл хлороформ-изоамил спирті ерітіндісі (24:1) қосылып, 65°C температурада 60 минут инкубацияланды, мұқият араластырылды және 10 минут ішінде 12000 айн/мин центрифугаланды. Центрифугалаудан кейін су фазасы жаңа таза пробиркаларға ауыстырылды және ДНҚ изопропил спиртінің көлемімен алынды. Әрі қарай, бір минут ішінде 12000 айн/мин центрифугаланды. Колонка шайғыш буферімен (80% этанол, 10 mM Tris-HCl, pH 8,0) 2 рет жуылды. ДНҚ үлгілері 100 мкл TE буферде ерітіліп, -20°C температурада сақталды. Толқын ұзындығы 280 нм болатын NANODROP спектрофотометрін қолдана отырып, ДНҚ концентрациясы спектрофотометриялық әдіспен өлшенді.

ITS аймағын амплификациялау.

ПТР реакциясы праймерлерді ITS (5'-GCTCCCGGTACCTGAYTTTAT-3' және ITS 1-г (5'-ATGACACCCACAGGACGGTCTG-3') қолдана отырып жүргізілді. ПТР қоспасында 15 нг ДНҚ, 1 бірлік Taq DNA Polymerase (Fermentas), 0,2 mM дНТФ, 10 x KCl буфері (Fermentas), 2,5 mM MgCl₂, әрбір праймер мөлшері 10 пмоль құрады. ПТР амплификациясы ұзақ мерзімді денатурацияны құрады: 95°C 6 минут; 35 циклден: 94°C 30 секунд, 57°C 30 секунд, 72°C 1 мин, соңғы элонгация 72°C 9 минут жүргізілді. ПТР бағдарламасы Simpli Amp Thermal Cycler (Applied Biosystems) амплификаторында орындалды.

Нуклеотидтер жүйелігін анықтау. ПТР өнімдері байланыспаған праймерлерден тазарту экзонуклеаза I (ферменттер) және сілтілі фосфатазды *Shrimp Alkaline Phosphatase*, Fermentas ферментативті әдіспен жүргізілді.

Секвенирлеу реакциясы өндірушінің нұсқауларына сәйкес BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit қолдану арқылы жүзеге асырылды, содан кейін фрагменттерді 3730xl DNA Analyzer (Applied Biosystems) автоматты генетикалық анализаторында бөлінді.

Нуклеотидтер жүйелігін талдау.

Нуклеотидтер тізбегі SeqMan (DNA Star) бағдарламасында талданды және жалпы тізбекке біріктірілді. Осыдан кейін сапа көрсеткіші төмен соңғы фрагменттер алынып тасталды (праймерлердің нуклеотидтер тізбегі). Алынған тізбектер Genebank-те BLAST алгоритмі бойынша анықталды [16, 17, 18].

Gliocladium catenulatum өсіру жағдайларын оңтайландыру және ферментациялау.

Зерттелетін микромицет *Gliocladium catenulatum* фитопатогендерге қарсы антогонистік қасиеті бар екендігі әдеби шолуларда анықталды [11]. Осы продуцентті өсіруде қолайлы орта жағдайларын анықтауда *Chapek dox agar*, *Potato dox agar* екі түрлі өсіру орталары пайдаланылды. Қолайлы өсіру температурасын анықтауда Петри табақшаларында стандартты *Chapek dox agar* ортасына егілді және әртүрлі температурада термостаттарда өсірілді. Микромицеттердің өсуі мен морфологиясы 0°C-тан +35°C-қа дейінгі диапазонда 1-5 тәулік бойы зерттелді. Оңтайлы рН мәнін анықтау үшін микромицеттер рН 5,0-ден 9,0-ге дейінгі әр түрлі диапазоны бар стандартты өсіру ортасын қолдана отырып, беттік өсірілді. Қарқынды өсу мен даму үшін көміртектің әртүрлі көздері (глюкоза, сорбитол, маннитол, крахмал) алынды [12]. Егу материалын дайындау *Chapek dox broth* ортасында 750 мл көлеміндегі Эрленмейердің тербелмелі колбаларында, 250 мл қоректік ортаның көлемімен және 2% - мөлшерінде егу материалы алынды. Қатты орта ретінде бидай кебегі 1% глюкоза қосылған, 28°C және рН 8 температурада 10 тәулік бойы жүргізілді. Өсірілген микромицеттерден биологиялық белсенді заттарды алу кезінде этил спирті еріткіш ретінде пайдаланылды. Этил спирті буландырғыш ротордың көмегімен толық буланғаннан кейін қою биологиялық белсенді зат алынды. Алынған сығындыдан 1:30 қатынасында ерітінді дайындалды және антифунгалды белсенділікті анықтау үшін қолданылды. Еріткіш ретінде диметилсульфоксид (DMSO) қолданылды [19, 20, 21].

Саңырауқұлақ культурасының антифунгалды белсенділігін анықтау.

Саңырауқұлақтардың антифунгалды қасиеттері агарға диффузия әдісімен анықталды. Агар пластинасының қалыңдығында диаметрі 8 мм саңылаулар жасалды, содан кейін фитопатогендер агардың бетіне егілді, одан әрі сыналатын биологиялық белсенді зат *Gliocladium catenulatum* саңлауларының әр түрлі концентрациялары (1:10, 1:20, 1:30, 1:40) енгізілді. Зерттелетін антогонист саңырауқұлақтан алынған экстракттардың сынақ культураларының өсуіне тежеу аймағының диаметрі 3 және 5-ші тәулікке бағаланды. Алынған нәтижелер белгілері: 0-белсенділік жоқ, 12 мм-ге дейін - әлсіз сезімтал, 13-тен 29 мм-ге дейін-орташа сезімтал, 30 мм және одан жоғары-жоғары сезімтал дегенді білдіреді [22, 23].

Статистикалық өңдеу. Барлық эксперименттер үш биологиялық және аналитикалық қайталануларда жүргізілді. Алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу STATISTICA 8.0 бағдарламасын қолдану арқылы жүргізілді [15].

Зерттеу нәтижелері

Саңырауқұлақ культураларының культуральді-морфологиялық және физиолого-биохимиялық ерекшеліктері.

Gliocladium catenulatum культурасы сау құлпынай тамырынан, *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* фитопатогендермен зақымдалған жемістерінен бөліп алынды. Саңырауқұлақтар келесі культуральді -морфологиялық және физиолого-биохимиялық ерекшеліктерімен сипатталды:

Botrytis cinerea -грам-оң саңырауқұлақ. Гифтері кең, қара, бөліктерден тұрады. Конидиофорлары қара, ұзын, тармақталған, жоғарғы жағында тармақтары бар (ағаш тәрізді). Тармақтары дөңгелек немесе сопақ пішінді, ұштарында конидиялары бар

ісінген. Конидиялар түссіз, жинақталған түрі әлсіз түтінді-сұр немесе ашық қоңыр, қысқа тісшелерде орналасқан. Конидиялардың мөлшері (10-18) x (7-10) мкм. Конидиофорлар түссіз немесе бозғылт қоңыр, тармақталған түзу, ұзындығы 2 мм, қалыңдығы 16-30 мкм. Саңырауқұлақ қара немесе қара түсті склероцияларды құрайды, олардың мөлшері субстраттың қасиеттеріне байланысты. Саңырауқұлақтың өсуі тез (колониялар 3-5 күн ішінде қалыптасады). Колониялар үлпілдек, басында ақ түсті, жасына қарай сұр немесе қоңыр түске ие болады. Колониялардың артқы жағы қара. (сурет-2)

Fusarium oxysporum грам-оң зең саңырауқұлағы. *Fusarium* тез өсуімен ерекшеленеді. Чапек қоректік ортасында үлпілдек, киіз, тегіс, ақ, қызғылт, қызғылт сары, күлгін, қоңыр түсті колонияларды құрайды. Микроскопиялау кезінде фиалидтер спородохияда топтастырылуы мүмкін екендігі байқалды, олардан орақ пішінді макроконидиялар пайда болады, 2-7 жасушалы. Микроконидиялар 1-2 жасушалы, дөңгелек, сопақша, кейде сәл қисық. Жалған бастар немесе тізбектер түзеді. Жетілген культураларды хламидоспоралар түзіледі. (сурет-2)

Gliocladium catenulatum *Deuteromyces* класына, *Moniliales* қатарына, *Gliocladium* туысына жатады. Саңырауқұлақ келесі сипаттамаға ие: Чапек қоректік ортасында колониялары жапырақ тәрізді-үлпілдек, жасыл түсті, спора түзу колонияның ортасында жүреді. Конидиеносцалар кедір-бұдырлы, ұзындығы шамамен 100 мкм құрайды, тармақтары 15-20x4 мкм, метулалар 7-10x2,5 мкм, фиалидтер 10-20x2 мкм. Конидиялар эллипсоидты 4-8x3-4 мкм, ұзын шырышты бағандарда тегіс, ашық жасыл. Көміртек көздерінен глюкоза, галактоза, сахароза, мальтоза, фруктоза, арабиноза, рамнозаны сіңіреді. Нитрат, нитрит және аммоний азотын жақсы сіңіреді. (сурет-2)

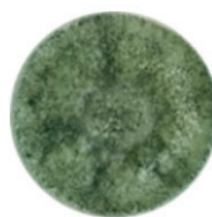
Chapek dox agar ортасында культивирленген саңырауқұлақтар



Botrytis cinerea



Fusarium oxysporum



Gliocladium catenulatum

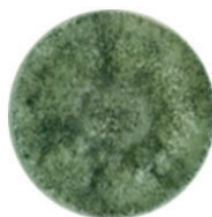
Potato dox agar ортасында культивирленген саңырауқұлақтар



Botrytis cinerea

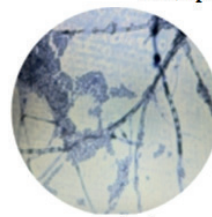


Fusarium oxysporum

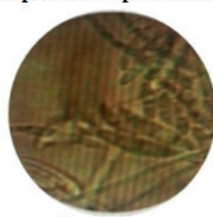


Gliocladium catenulatum

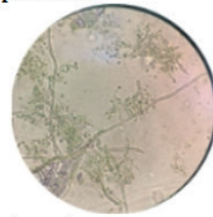
Саңырауқұлақтардың микроскопиялық құрылымы



Botrytis cinerea



Fusarium oxysporum



Gliocladium catenulatum

Сурет 2. Саңырауқұлақтардың морфологиялық белгілері

Саңырауқұлақтардың культуральді-морфологиялық және физиолого-биохимиялық қасиеттерін зерттеумен бірге, культуралардың сәйкестендіру дұрыстығын растау үшін олардың рРНҚ нуклеотидтер тізбегін, сондай-ақ ITS1 және ITS2 аймақтарының тізбегін ішінара 18S, 28S және толық 5.8S анықтау жүргізілді. Молекулалық-генетикалық сәйкестендіру нәтижесінде бұл саңырауқұлақтардың *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Gliocladium catenulatum* түрлеріне жататындығы расталды (гомологиялық деңгейі - 99%) (кесте-1).

Кесте 1

ITS аймақтарының нуклеотидтер тізбегін талдау әдісімен сәйкестендіру нәтижелері

Ш т а м м атауы	ITS генінің жүйелік фрагменті	Халықаралық мәліметтер базасында нуклеотидтер тізбегін анықтау (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/) BLAST алгоритмі		
		И н в е н т а р л ы қ нөмері GeneBank (Accession number)	Ш т а м м атауы	% сәйкес- тік
	TCATTACAGAGTTCATGCCCGA AAGGGTAGACCTCCCACCCCTT GTGTATTATTACTTTGTTGCTTT GGCGAGCTGCCTTCGGGCCTT GTATGCTCGCCAGAGAATACCA ACTCTTTTATTAATGTCGTCT GAGTACTATATAATAGTTAAAA CTTTCAACAACGGATCTCTTGG TTCTGGCATCGATGAAGAACGC AGCGAAATGCGATAAGTAATGT GAATTGCAGAATTCAGTGAATC ATCGAATCTTTGAACGCACATT GCGCCCCTTGGTATTCGGGGG GCATGCCTGTTTCGAGCGTCATT TCAACCCTCAAGCTTAGCTTG GTATTGAGTCTATGTCAGTAA TGGCAGGCTCTAAAATCAGTGG CGGCGCCGCTGGGTCCTGAAC GTAGTAATTATCTCTCGTTACA GGTTCTCGGTGTGCTTCTGCCA AAACCCAAATTTTCTATGGTTG ACCTCGGATCAGGTAGGGA TACCCGCTGA ACTTAAGCATATCAATAA	KP900730.1	<i>Botrytis Cinerea</i>	99%

	GACTATCGTGGAGTCAATATCT GCAACAGGAGGAATCATAGC CCCGTTTGTTCATCATGCCCG CGTACAGATTCCCTCCCGTTGG GTGGATAATGACCTAGACGAGC AGGCTACGATAGTCACAACACC AAAAGGCTATATCGACAATATC ACGGCACAGG ACTTCTTTGACC ACTTTGAGAGACTTACCCGG CCTCAAAATACATCAGATCT TCGAGTTATTCTTTATGATGG ATGTGAAAGTCATTTACCA AAGAGCTTTATCAGAAAGCT CTAGATGCGAATATTATCTTA TATCCCTTCCCTCCTCATCTG ACGCATATACTTCAGCCGTTA GATGTTGGATTATTCAGTACA TATAAGCATTGGCATCAGGA AGCCTTACTTAGGGAAATCG CTGACGGTGCTACGGACTTT AATAAAGCTGACTTTATGTTT CATTTACAGGAGATTTCGCCG CAAAGCTACTAAGAAAAGTA CTATCATCTCATCGTGGGCGA AATCCGGCATCTATCCTCTTG ATCCCTCCGTTGTTATCAACA A A A T G G T C A A C C C T C T T T CATCCCTATCTTTGGAGGTTG CTGAACGTGATCTTCCCGGCT ATATCACACCTGGGTTATCTTC CA	JAHEVI010000015.1	<i>Fusarium Oxysporum</i>	99%
	TGCTTCGTTTTTCGAAGATTAA ATGTGCTAACCAGTGACTTTCC CCCCATAATAGGTTTCATCTTCA GACCGGTCAGTGCGTAAGTTG TTGCTCCTCCCANACGGGCTTT TGCCTGGTGATTGATTCTGCGG GGTGCTAACCTTGGTCGTTGAA AAGGGTAACCAAATTGGTGCT GCTTTCTGGCAAACCATCTCTG GCGAGCACGGCCTCAACAGCA ATGGTGTCTACAGCGGCACCTC CGAGCTCCAGCTCGAGCGCAT GAACGTCTACTTCAACGAGGT ATGTCCANACCGAGCTTGACA TATTCTGGNGATGATTTTCATC CTCTGACCGANATTTGGGTATA GGCCTCTGGCAACAAGTATGT TCCTCGCGCTGTCCTCGTCGAT CTTGAGCCCGGTACCATGGAT GCCGCCGCGCTGGACCTTTTG GCCAACT	AF133571.1	<i>Gliocladium catenulatum</i>	99%

***Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағының өсуіне температураның, рН және субстраттардың әсерін зерттеу**

Қолайлы температура мен рН таңдау үшін әртүрлі температура мен рН мәндерінде *Gliocladium catenulatum* өсіру процесінде биомассаның өсу жылдамдығының өзгеру заңдылығы арқылы зерттелді. Алынған нәтижелер 2 және 3-кестеде келтірілген.

Кесте 2

***Gliocladium catenulatum* культурасының өсу аймақтарының әртүрлі температура мәндеріне тәуелділігі, мм**

Температура °С	Колония диаметрі, мм		
	3-тәулік	5-тәулік	7-тәулік
24	0±0,04мм	50±0,1мм	70±0,2мм
28	10±0,04мм	24±0,1мм	80±0,2мм
32	8±0,04мм	15±0,1мм	70±0,2мм

Кесте 3

***Gliocladium catenulatum* культурасының өсу аймақтарының әртүрлі рН мәндеріне, мм**

рН	Колония диаметрі, мм		
	3-тәулік	5-тәулік	7-тәулік
8,0	10±0,04мм	55±0,1мм	65±0,2мм
7,5	10±0,04мм	25±0,1мм	55±0,2мм
7,0	8±0,04мм	15±0,1мм	20±0,2мм

Кесте 4

Әртүрлі көмірсулармен бидай кебегі гидролизатының қатынасы

Көмірсулар көздері углерода	Жалпы өсу жылдамдығы	Биомассаның максимальді мөлшері, г/л
Глюкоза	0,0023±0,0001	0,45±0,0001
Сорбит	0,0022±0,0001	0,38±0,0001
Крахмал	0,0021±0,0001	0,39±0,0001
Маннит	0,0020±0,0001	0,40±0,0001

Алынған тәжірибе нәтижелерінен бидай кебегінің гидролизаты үшін қолайлы температура 28°C екені анықталды, культураны өсірудің 7-ші тәулігінде биомассаның максимальді өсу қарқындылығы байқалады, өсіру температурасы 24°C дейін төмендеген кезде культураның өсуі баяулайды.

3-кестеде келтірілген нәтижелер бойынша *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағының қолайлы рН ортасы- 8,0 мәні таңдап алынды. Бұл рН мәнімен колониялардың диаметрі 65 мм құрады.

Саңырауқұлақтардың өсуі мен дамуы үшін әртүрлі көміртегі көздері қолданылады: глюкоза, сорбит, маннитол, арабиноза, крахмал, лактоза. Өндірушіге байланысты индуктордың (ксилозаның) басқа көміртегі көзіне қатынасы өзгереді. Ксилоза ортасын енгізу экономикалық тұрғыдан тиімсіз, өйткені бұл тапшы және қымбат моносахарид. Ксилоза көзі ретінде ксилоза және ксилан бар шикізат жиі қолданылады: сабан, бидай және күріш кебегі, жүгері сабағы, астық және мақта қабығы. Ең жақсы нәтижелер құрамында пентозалардың едәуір мөлшері бар ксилан бар шикізаттың гидролизаттарын орта құрамына енгізу арқылы алынады. Жүргізілген зерттеулерде глюкоза, сорбит, маннитол,

крахмал қосылған бидай кебегі гидролизатының қоспалары көміртегі көзі ретінде пайдаланылды. Әр түрлі көміртегі көздері бар бидай кебек гидролизаты қоспасының ең оңтайлы құрамы таңдалды, ол-глюкоза. Зерттеу нәтижелері 4- кестеде келтірілген.

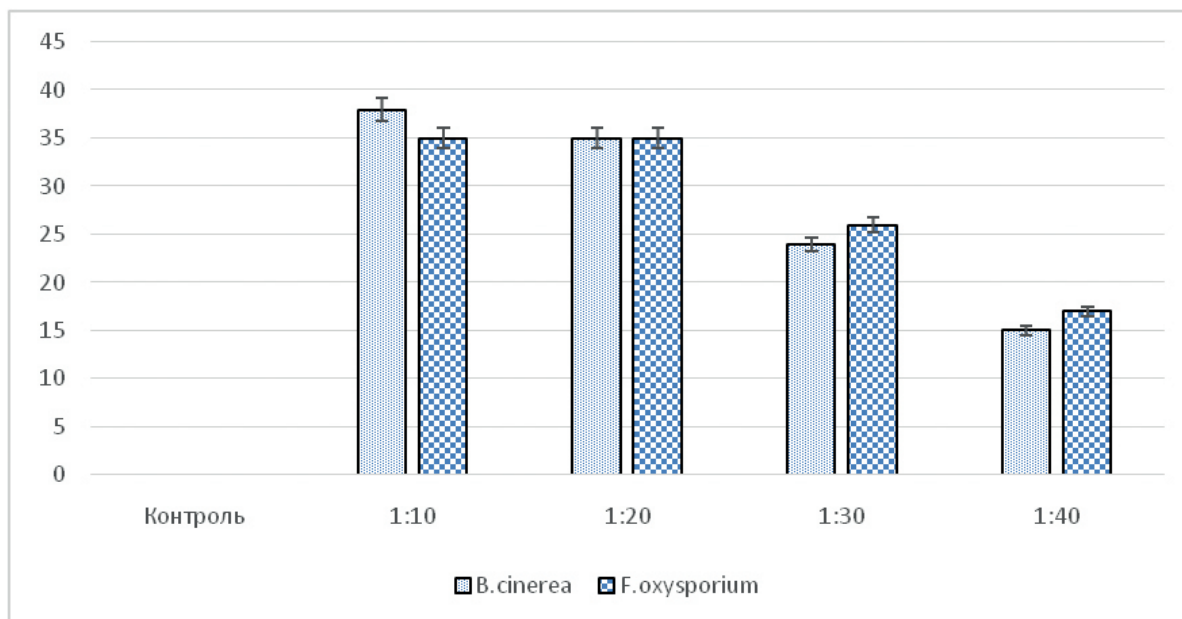
Антифунгальды белсенділікті анықтау *Gliocladium catenulatum*

Gliocladium catenulatum экстаркттарының түрлі концентрациясының (1:10, 1:20, 1:30) антифунгальды белсенділігі 3 тәуліктен соң анықталды. Алынған нәтижелер келесідей белгіленді: 0-белсенділік жоқ, 12 мм-ге дейін-әлсіз сезімталдық; 13-тен 29 мм-ге дейін-орташа сезімталдық, 30 мм және одан жоғары-жоғары сезімталдық.

Үш түрлі концентрациялармен қатар, бақылау ретінде *Диметилсульфоксид DMSO* экстракты ерітуге қолданылған органикалық еріткіш қолданылды. *Диметилсульфоксид* еріткіші болған бақылау табақшасында еш басылу аймағы түзілмеді. Демек, оның антифунгалдық қасиетке еш қатысы жоқ екені байқалады. *Botrytis cinerea* сығынды концентрацияның неғұрлым төмендеген сайын оның антифунгалдық қасиеті де төмендеді. 1:10 ең үлкен концентрациялы сығындысы бар *Fusarium oxysporum* фитопатогенінің басу аймағының орташа мәні -35 мм, *Botrytis cinerea*-38 мм. Сығындының орташа концентрациясында (1:20) екі фитопатогенде де-35 мм бірдей мән көрсетті. 30 рет сұйылтылған кезде белсенділік 37%-ға төмендеді, ал 40 рет сұйылтылған сығынды белсенділігін 60%, 50 рет сұйылтылған кезде сығынды белсенділігін толығымен жоғалтады, сондықтан ең оңтайлы нұсқа-30 есеге дейін екені анықталды. Зерттеу нәтижесінде *Fusarium oxysporum* патогендері *Botrytis cinerea*-мен салыстырғанда алынған экстрактқа сезімтал екендігі анықталды. Мысалы, орташа есеппен 30 рет сұйылтылған кезде, *Fusarium oxysporum*-дағы басу аймағы 26 мм, ал *Botrytis cinerea*-да 24 мм болды.



Сурет 3. Түрлі концентрациядағы экстракттардың антифунгалдық көрсеткіш нәтижелері



Сурет 4. Түрлі концентрациядағы экстракттардың антифунгалдық көрсеткіш нәтижелері

Қорытынды

Қорытындылай келе, фитопатогендермен зақымдалған құлпынай жемістерінен зерттеу нәтижесінде өте кең таралған саңырауқұлақтар *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* және құлпынайдың сау тамырынан *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағы бөлінді.

Әрбір оқшауланған микроорганизмге культуралық-морфологиялық және микроскопиялық зерттеулер келтірілді, сондай-ақ нуклеотидтер тізбегіне талдаулар жүргізілді және қай түрге жататындары анықталды. Биологиялық белсенді зат түзуші яғни фунгицидтік қасиеті бар *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағына беттік культивирлеу әдісі арқылы барлық өсіру жағдайлары оңтайландырылды (температура 28°C, pH-8,0, бидай кебегіне 1% глюкозаның қосылуы биомассаны арттырады). Одан әрі ферментациялау нәтижесінде алынған биомасса ротор-буландырғыш арқылы концентрленіп, саңырауқұлақ экстракті алынды. Алынған экстракттардан үш түрлі концентрация дайындалып (1:10, 1:20, 1:30, 1:40), *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* фитопатогендеріне антифунгалдық зерттеулер жүргізілді. Зерттеулер нәтижелері көрсеткендей, сығынды концентрациялары патогендердің өсіп дамуын тежеді және жоғары белсенділік көрсетті, басылу аймағы орта есеппен 35±0,05мм. *Fusarium oxysporum* фитопатогенінің антогонистке сезімталдығы *Botrytis cinerea*-ға қарағанда жоғарырақ екені анықталды. Мысалы, *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағының экстрактысы 30 рет сұйылтылған оңтайлы концентрациясы әсерінен *Fusarium oxysporum*-дағы басу аймағы 26±0,03 мм, ал *Botrytis cinerea*-да 24±0,03 мм құрады.

Қорытындылай келе, еліміздің ауылшаруашылық дақылдары мөлшерін арттыру мақсатында *Gliocladium catenulatum* саңырауқұлағынан *Fusarium Oxysporum*, *botrytis cinerea* фитопатогендеріне қарсы фунгицидтік биологиялық препарат жасауға болады.

Қаржыландыру. Бұл зерттеулерді (IRN BR18574066) Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі, ғылым комитеті қаржыландырды.

Әдебиеттер тізімі

1. Harman G.E. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity // *New Phytologist*. – 2011. – Vol. 189(3). – P. 647-649.
2. Baudoin E., Benizri E., Guckert A. *Appl. Soil Ecol.* – 2002. – Vol. 19(2). – P. 135-145.
3. Frankenberger W.T., Arshad M. *Phytohormones in Soil: Microbial Production and Function*. – New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. – 503 p.
4. Leveau J., Lindow S. *Appl. Environ. Microbiol.* – 2005. – Vol. 71. – P. 2365-2371.
5. Duffy B., Keel C., Defago G. *Appl. Environ. Microbiol.* – 2004. – Vol. 70(3). – P. 1836-1842.
6. Raaijmakers J.M., Vlam M., de Souza J.T. *Antonie van Leeuwenhoek*. – 2002. – Vol. 81(1-4). – P. 537-547.
7. Van Loon L.C., Bakker P.A.H.M., Pieterse C.M.J. *Ann. Rev. Phytopathol.* – 1998. – Vol. 36. – P. 453-483.
8. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. – Киев «Наукова думка», 1982. – С. 552.
9. Садыкова В.С., Кураков А.В., Куварица А.Е., Рогожин Е.А. Антимикробная активность штаммов грибов рода *Trichoderma* из Средней Сибири // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2015. – №51(3). – С. 215-225.
10. Rankovic B., Mistic M., Sukdolak S. Antimicrobial activity of extracts of the lichens *Cladonia furcata*, *Parmelia caperata*, *Parmelia pertusa*, *Hypogymnia physodes* and *Umbilicaria polyphylla* // *Br. J. Biomed. Sci.* – 2007. – Vol. 64(4). – P. 143-148.
11. Yassin A.M., El-Deeb N.M., Metwally A.M., El Fawal G.F., Radwan M.M., Hafez E.E. *Applied biochemistry and Biotechnology*. – 2017. – Vol. 182. – P. 1675-1693.
12. Metwally A.M., Fronczek F.R., Ma G., Kadry H.A., Atef A., Mohammad I.A.-E., Cutler S.J., Ross S.A. *Tetrahedron letters*. – 2014. – Vol. 55. – P. 3478-3481.
13. Metwally A.M., Kadry H.A., Atef A., Mohammad A.-E.I., Ma G., Cutler S.J., Ross S.A. *Phytochemistry letters*. – 2014. – Vol. 7. – P. 1-5.
14. Behera B.C., Verma N., Sonone A., Makhija U. Optimization of culture conditions for lichen *Usneaghattensis* G. Awasthi to increase biomass and antioxidant metabolite production // *Food Technol. Biotechnology*. – 2009. – Vol. 47(7). – P. 12.
15. Howell C.R. Understanding the mechanisms employed by *Trichoderma virens* to effect biological control of cotton diseases // *J. Phytopathology*. – 2006. – Vol. 96(2). – P. 178-180.
16. Hassine M., Jabnoun-Khiareddine H., Aydi Ben Abdallah R., Daami-Remadi M. In vitro and In vivo Antifungal Activity of Culture Filtrates and Organic Extracts of *Penicillium* sp. and *Gliocladium* spp. against *Botrytis cinerea* // *Journal of Plant Pathology and Microbiology*. – 2017. – Vol. 8(12). – P. 2-9.
17. Arifova Z.I. Influence of microbiological preparations on morphostructure, yield, and quality of raspberries // *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. – 2019. – Iss. 1(17). – P. 6-12.
18. Akram S., Khan S.M., Khan M.F., Khan H.U., Tariq A., Umar U.U., Gill A. Antifungal activity of different systemic fungicides against *Fusarium oxysporum* F. sp. *lycopersici* associated with tomato wilt and emergence of resistance in the pathogen // *Pakistan Journal of Phytopathology*. – 2018. – Vol. 30(2). – P. 169-176.
19. El-Sayed M.T., El-Sayed A.S.A. Bioremediation and tolerance of zinc ions using *Fusarium solani* // *Heliyon*. – 2020. – Vol. 6(e05048). – P. 235-244.
20. Skugoreva S.G., Kantor G.Ya., Domracheva L.I., Kutyavina T.I. Comparative analysis of the effectiveness of the use of sorbents of different nature with respect to copper(II) ions // *Theoretical and Applied Ecology*. – 2018. – No. 3. – P. 12-18.
21. Skugoreva S.G., Kantor G.Ya., Domracheva L.I., Sheshegova T.K. Assessment of sorption abilities of various species of *Fusarium* micromycetes in relation to heavy metal ions // *Theoretical and Applied Ecology*. – 2019. – No. 4. – P. 102-109.
22. Yang J.H., Wang J.H., Guo W.B., Ling A.R., Luo A.Q., Liu D.Y., Yang X.L., Zhao Z.H. Toxic effects and possible mechanisms of deoxynivalenol exposure on sperm and testicular damage in BALB/c mice // *J. Agric. Food Chem.* – 2019. – Vol. 67(8). – P. 2289-2295.
23. Домрачева Л.И., Фокина А.И., Скугорева С., Ашихмина Т.Я. Почвенные грибы рода *Fusarium* и их метаболиты: опасность для биоты, возможность использования в биотехнологии // *Теоретические проблемы экологии*. – 2021. – №12 – С. 6-15.

А.Б. Исмагулова¹, А.Д. Спанбаев¹, С.К. Наекова^{1,2}, Г.М. Салхожаева¹, З.С. Сармурзина²

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Республиканская коллекция микроорганизмов, Астана, Казахстан

Противогрибковое действие экстракта гриба *Gliocladium catenulatum* на фитопатогены *Fusarium oxysporum* и *Botrytis cinerea*

Аннотация. В данной статье рассматривается антифунгальное свойство экстракта, полученного от ферментации *Gliocladium catenulatum*, на широко распространенные фитопатогенные грибы сельскохозяйственных культур в Северном Казахстане, как *Botrytis cinerea* и *Fusarium oxysporum*. В результате исследований микромицет-антагонист, выделенный из корня здоровой клубники *Gliocladium catenulatum*, показал высокую антифунгальную активность с зоной подавления $35 \pm 0,05$ мм. Выявлено, что штаммы *Fusarium oxysporum* более чувствительны по сравнению с *Botrytis cinerea* по отношению к экстракту *Gliocladium catenulatum*. Например, при оптимальном разбавлении экстракта в 30 раз в среднем зона подавления у *Fusarium oxysporum* показывает $26 \pm 0,03$ мм, тогда как у *Botrytis cinerea* $24 \pm 0,03$ мм.

Было определено оптимальное условие (питательная среда, температура, использование углеводов, pH среда) для интенсивного роста и развития продуцента *Gliocladium catenulatum* поверхностным методом культивирования.

Цель исследований – оценить фунгицидное свойство экстракта *Gliocladium catenulatum* против фитопатогенов *Botrytis cinerea* и *Fusarium oxysporum*. В дальнейшем использовать данный микромицет в качестве биопрепарата против фитопатогенных грибов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: *Gliocladium catenulatum*, фитопатогены, антагонизм, антифунгальные свойства.

A.B. Ismagulova¹, A.D. Spanbaev¹, S.K. Nayekova^{1,2}, G.M. Salkhozhayeva¹, Z.S. Sarmurzina²

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Republican Collection of Microorganisms, Astana, Kazakhstan

Antifungal effect of *Gliocladium catenulatum* mushroom extract on phytopathogens *Fusarium oxysporum* and *Botrytis cinerea*

Abstract. This article discusses the antifungal property of the *Gliocladium catenulatum* extraction on widespread phytopathogenic fungi of agricultural crops in Northern Kazakhstan as *Botrytis cinerea* and *Fusarium Oxysporum*. As a result of studies, this micromycete-antagonist isolated from the root of healthy strawberry *Gliocladium catenulatum* showed high antifungal activity, suppression zone 35 ± 0.05 mm. It was revealed that *Fusarium Oxysporum* strains are more sensitive compared to *Botrytis cinerea*. For example, with optimal dilution of the extract 30 times, on average the suppression zone in *Fusarium Oxysporum* showed 26 ± 0.03 mm, whereas in *Botrytis cinerea* 24 ± 0.03 mm.

The optimal condition (nutrient medium, temperature, carbohydrate use, pH medium) for intensive growth and development of *Gliocladium catenulatum* producer by surface cultivation method was determined.

The aim of the research is to evaluate the fungicidal property of *Gliocladium catenulatum* against *Botrytis cinerea* and *Fusarium oxysporum* and further use this micromycete as a biological preparation against phytopathogenic fungi to increase crop yields.

Keywords: *Gliocladium catenulatum*, phytopathogens, antagonism, antifungal properties.

References

1. Harman G.E. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity, *New Phytologist*, 189(3), 647-649 (2011).
2. Baudoin E., Benizri E., Guckert A. *Appl. Soil Ecol.*, 19(2), 135-145 (2002).
3. Frankenberger W.T., Arshad M. *Phytohormones in Soil: Microbial Production and Function* (New York: Marcel Dekker, Inc., 1995, 503 p.).
4. Leveau J., Lindow S. *Appl. Environ. Microbiol.*, 71, 2365-2371 (2005).
5. Duffy B., Keel C., Defago G. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70(3), 1836-1842 (2004).
6. Raaijmakers J.M., Vlam M., de Souza J.T. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81(1-4), 537-547 (2002).
7. Van Loon L.C., Bakker P.A.H.M., Pieterse C.M.J. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 36, 453-483 (1998).
8. Bilaj V.I. *Metody eksperimental'noj mikologii* [Methods of experimental mycology] (Kiev «Naukova dumka», 1982, 552 s.) [Kyiv "Naukova Dumka", 1982, 552 p.]. [in Russian]
9. Sadykova V.S., Kurakov A.V., Kuvarina A.E., Rogozhin E.A. *Antimikrobnaya aktivnost' shtammov gribov roda Trichoderma iz Srednej Sibiri, Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Antimicrobial activity of strains of fungi of the genus Trichoderma from Central Siberia, Applied biochemistry and microbiology], 51(3), 215-225 (2015). [in Russian]
10. Rankovic B., Mistic M., Sukdolac S. Antimicrobial activity of extracts of the lichens *Cladonia furcata*, *Parmelia caperata*, *Parmelia pertusa*, *Hypogymnia physodes* and *Umbilicaria polyphylla*, *Br. J. Biomed. Sci.*, 64(4), 143-148 (2007).
11. Yassin A.M., El-Deeb N.M., Metwaly A.M., El Fawal G.F., Radwan M.M., Hafez E.E. *Applied biochemistry and Biotechnology*, 182, 1675-1693 (2017).
12. Metwaly A.M., Fronczek F.R., Ma G., Kadry H.A., Atef A., Mohammad I.A.-E., Cutler S.J., Ross S.A. *Tetrahedron letters*, 55, 3478-3481 (2014).
13. Metwaly A.M., Kadry H.A., Atef A., Mohammad A.-E.I., Ma G., Cutler S.J., Ross S.A. *Phytochemistry letters*, 7, 1-5 (2014).
14. Behera B.C., Verma N., Sonone A., Makhija U. Optimization of culture conditions for lichen *Usneaghattensis* G. Awasthi to increase biomass and antioxidant metabolite production, *Food Technol. Biotechnology*, 47(7), 12 (2009).
15. Howell C.R. Understanding the mechanisms employed by *Trichoderma virens* to effect biological control of cotton diseases, *J. Phytopathology*, 96(2), 178-180 (2006).
16. Hassine M., Jabnoun-Khiareddine H., Aydi Ben Abdallah R., Daami-Remadi M. In vitro and In vivo Antifungal Activity of Culture Filtrates and Organic Extracts of *Penicillium* sp. and *Gliocladium* spp. against *Botrytis cinerea*, *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 8(12), 2-9 (2017).
17. Arifova Z.I. Influence of microbiological preparations on morphostructure, yield, and quality of raspberries, *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*, 1(17), 6-12 (2019).
18. Akram S., Khan S.M., Khan M.F., Khan H.U., Tariq A., Umar U.U., Gill A. Antifungal activity of different systemic fungicides against *Fusarium oxysporum* F. sp. *lycopersici* associated with tomato wilt and emergence of resistance in the pathogen, *Pakistan Journal of Phytopathology*, 30(2), 169-176 (2018).
19. El-Sayed M.T., El-Sayed A.S.A. Bioremediation and tolerance of zinc ions using *Fusarium solani*, *Heliyon*, 6(e05048), 235-244 (2020).
20. Skugoreva S.G., Kantor G.Ya., Domracheva L.I., Kutyavina T.I. Comparative analysis of the effectiveness of the use of sorbents of different nature with respect to copper(II) ions, *Theoretical and Applied Ecology*, 3, 12-18 (2018).
21. Skugoreva S.G., Kantor G.Ya., Domracheva L.I., Sheshegova T.K. Assessment of sorption abilities of various species of *Fusarium* micromycetes in relation to heavy metal ions, *Theoretical and Applied Ecology*, 4, 102-109 (2019).
22. Yang J.H., Wang J.H., Guo W.B., Ling A.R., Luo A.Q., Liu D.Y., Yang X.L., Zhao Z.H. Toxic effects and possible mechanisms of deoxynivalenol exposure on sperm and testicular damage in BALB/c mice, *J. Agric. Food Chem.*, 67(8), 2289-2295 (2019).
23. Domracheva L.I., Fokina A.I., Skugoreva S., Ashihmina T.YA. Pochvennye griby roda *Fusarium* i ih metabolity: opasnost' dlya bioty, vozmozhnost' ispol'zovaniya v biotekhnologii, *Teoreticheskie problemy ekologii* [Soil fungi of the genus *Fusarium* and their metabolites: danger to biota, possibility of use in biotechnology, Theoretical problems of ecology], 12, 6-15 (2021). [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет:

Исмагулова А.Б. – биология магистрі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Спанбаев А.Д. – биология ғылымдарының қауымдастырылған профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Наекова С.К. – аға ғылыми қызметкер, биология ғылымдарының магистрі, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

Салхожаева Г.М. – аға оқытушы, биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Сармурзина З.С. – биология ғылымдарының кандидаты, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

Ismagulova A.B. – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpassov st., Astana, Kazakhstan.

Spanbaev A.D. – Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpassov st., Astana, Kazakhstan.

Nayekova S.K. – Senior Researcher, Master of Biological Sciences, Republican Collection of Microorganisms (RCM), 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

Salkhozhayeva G.M. – Candidate of Biological Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Munaitpassov st., Astana, Kazakhstan.

Sarmurzina Z.S. – Candidate of Biological Sciences, Republican Collection of Microorganisms (RCM), 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

N.A. Mukhanbetzhanov*, Zh.Ye. Mukhanbetzhanova,
S.S. Kozhakhmetov, A.R. Kushugulova

National Laboratory Astana, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

*Corresponding author: nurislam.mukhanbetzhanov@nu.edu.kz

The role of probiotics in the modulation of intestinal microbiota in lactose intolerance

Abstract. Lactose intolerance is one of the most common eating disorders. People affected by this disorder cannot digest large amounts of lactose due to the genetically low expression of the lactase enzyme. The human gut microbiota consists of the majority of diverse microbial communities that affect intestinal health, immunological balance and also metabolize lactose. One of the methods to combat this disorder is the use of probiotics. Probiotic microorganisms are contained in large quantities in live fermented milk products, which are used as functional food products all over the world because of their beneficial effects on human health. In addition, there are low lactose/lactose free fermented milk products on the world market, which, in addition to having a positive effect on the human body, contribute to the breakdown and reduction of the amount of lactose, thereby helping to tolerate lactose more easily. This review focuses on important developments that can neutralize the adverse effect of lactase on human health when consuming dairy products.

Keywords: gut microbiota, lactose, probiotics, lactase, fermented milk products.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-86-96>

Lactose intolerance is a common disease characterized by a violation of the body's ability to digest milk sugar - lactose. One of the most common approaches in the treatment and management of lactose intolerance is the use of probiotics - microorganisms that can have a beneficial effect on the intestinal microbiota. Probiotics can modulate the composition and activity of microorganisms in the intestinal microbiota, which can have a positive effect on the symptoms of lactose intolerance and alleviate its manifestations.

Probiotics are a variety of microorganisms, such as lactic acid bacteria (for example, *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*), which can colonize the intestine and have a positive effect on its functioning. One of the main mechanisms of action of probiotics is their ability to break down lactose, which can reduce its concentration in the intestine and reduce the manifestations of lactose intolerance.

In addition, probiotics can interact with the intestinal microbiota, improving its composition and functionality. Uncontrolled reproduction of certain microorganisms in the intestine can contribute to the development of lactose intolerance, therefore, modulation of the microflora with probiotics can help restore the natural balance of microorganisms and reduce the symptoms of lactose intolerance.

Lactose intolerance refers primarily to a syndrome that manifests itself in various symptoms when consuming foods that contain lactose. The severity of symptoms can vary among individuals who have lactose intolerance. [1]. Lactose is a disaccharide that is present in many dairy products and consists of galactose bound to glucose by the β -1 $\rightarrow$ 4 glucoside link. β -galactosidase catalyzes the hydrolysis of lactose and bound to the membrane of the brush

border of the small intestine, where is located the absorption of the split lactose into glucose and galactose [2]. Lactose intolerance refers primarily to a syndrome with various intestinal or extraintestinal symptoms when consuming lactose-containing foods, which is caused by the weak expression of lactase in the edge of the brush of the small intestine mucosa [1]. This disorder happens when lactose is not properly digested in the small intestine due to low levels or absence of lactase. Instead, lactose moves to the large intestine where it is fermented by intestinal microbiota, resulting in lactose intolerance symptoms.

Common indications of lactose intolerance consist of stomach discomfort, swelling, diarrhea, and on certain occasions, feeling nauseous and throwing up [3]. Occasionally, the peristaltic movement of the gastrointestinal tract might decline, resulting in constipation, perhaps because of the generation of methane. Research conducted on animals has displayed that the main migration complexes of the intestines decrease considerably when methane is introduced, which leads to the slowing down of intestinal transit.

Frequently, the fermentation of lactose that is not digested by the bacterial microflora produces abdominal pain and bloating. During this process, short-chain fatty acids (SCFA), hydrogen, methane, and carbon dioxide are generated, which cause an increase in intestinal pressure and transit time. When undigested lactose is present in the small and large intestine, it prompts the secretion of fluids and electrolytes, leading to the symptoms mentioned. acidification, and an elevated osmotic load in the large intestine, leading to shortened passage time and resulting in diarrhea and the excretion of stool [5].

There are three types of lactose intolerance; different factors cause lactase deficiency based on each type:

1. *Primary lactose intolerance or adult-type lactase insufficiency*: a common autosomal recessive disease resulting from changes in lactase gene expression regulated by development [6].

Lactase expression in the intestine in primary lactose intolerance it drops sharply, which makes it difficult to digest dairy products later in childhood or adolescence. About 70% of the world's adult population -. there is lactase instability or hypolactasia. Depending on the ethnic origin, the decrease in lactase expression changes. For example, in South America, Africa and Asia, lactase is not manifested in more than 50% of people. This disease is more common in the Mediterranean or southern Europe. In some Asian countries, up to 100% lactase is not tolerated.

Lactase stability is transmitted as a dominant Mendeleev sign. The genetic specificity of intestinal lactase expression stability may result from more than five independent single - nucleotide variants in the regulatory region (transcriptional enhancer) above the lactase gene. One of them is -13910*T (rs4988235), responsible for most cases of lactase stability in Caucasians, a -13907*G (rs41525747), -13915*G (rs41380347), -14009*G (rs869051967) and 14010*C (rs145946881) variables in the Middle East and Africa occurs with frequencies [7]. A number of specific variables can influence the development of symptoms in patients in case of lactase deficiency: the amount of lactose in the diet, the passage time through the intestine, lactase expression, the ability of the intestinal microbiota to spread and ferment, chemical and mechanical intestinal stimulation, and psychological factors.

2. *Secondary lactase insufficiency*: a transient condition that occurs as a result of damage to the intestine. Almost all pathological conditions that cause damage to the small intestine can lead to a decrease in lactase expression by detecting secondary and transient lactase insufficiency. Secondary lactose intolerance can be linked to certain medical conditions such as celiac disease, bacterial overgrowth, and Crohn's disease [8]. Radiation therapy or abdominal chemotherapy can cause lactase deficiency. Severe intestinal dysfunction with a subsequent decrease in lactase activity may be caused by an allergy to cow's milk (CMA). These patients may experience gastrointestinal symptoms due to cow's milk allergy and lactose intolerance. Therefore, the consumption of CMA can carry on reaction through different mechanisms.

3. *Congenital lactase insufficiency*: a very rare autosomal recessive disease characterized by a lack or decrease in enzymatic activity from birth.

This condition should be distinguished from developing lactose intolerance, which can be observed in premature babies. In such children, lactase levels may decrease, since enterocytes expressing lactase in the small intestine develop in the third trimester.

Congenital lactase insufficiency typically manifests in infants within the first few days of consuming breast milk or lactose-containing formula, and is characterized by symptoms such as watery diarrhea, flatulence, and malnutrition. A typical feature of congenital lactase insufficiency is the absence or very low level of lactase expression due to mutations in the chlorizinghydrolase (LPH) gene located in 2q21.3 [6, 9].

Risk factors for lactose intolerance:

Age	Premature babies and children with an immature digestive system usually show symptoms of lactose intolerance since the production of lactase enzymes occurs in late pregnancy. Studies show that approximately 40% of children who experience colic actually suffer from temporary lactose intolerance. As people get older and modify their dietary habits, their bodies naturally generate fewer lactase enzymes. This causes the prevalence of lactose intolerance to rise with age. Around 60% of grown-ups are believed to experience lactose intolerance to some degree.
Ethnicity	Individuals of East Asian ancestry are the most likely to experience lactose intolerance during adulthood. Additionally, lactose intolerance is highly prevalent in those with West African, Arab, Jewish, Greek, and Italian heritage.
Intestinal damage	Damage to the small intestine as a result of gastroenteritis, persistent diarrhea, excessive bacterial growth in the small intestine, giardiasis, chemotherapy, or other damage to the mucous membrane of the small intestine can lead to temporary lactose intolerance.
Intestinal disorders	Celiac disease, Crohn's disease, inflammatory bowel diseases and other intestinal disorders cause damage to the villi in the intestine, at the site of lactase production.

Probiotics: definition, indications for use, effect on the intestinal microbiome

The human gut microbiota consists of complex and diverse microbial communities that are related to human gut health and can undergo changes due to various factors such as dietary habits, lifestyle choices, exposure to harmful substances, and use of antibiotics. Such changes can have an impact on health and disease and may also affect the immune system. [10, 11]. Research indicates that it has been demonstrated that the intestinal microbiota consists of about 100 trillion microbial cells, which in turn provide a wide range of metabolic functions, the development of the host intestine and protection from pathogenic bacteria [12]. The intestinal microbiota also has a significant function in preserving the immune equilibrium in the gastrointestinal tract by means of direct engagement with immune cells. The decomposition of complex carbohydrates from plant sources is crucial and accomplished by the intestinal microbiota. The host is unable to digest these carbohydrates due to the absence of enzymes needed to decompose the structural polysaccharides found in plant matter [13]. Microorganisms in the large intestine are strictly anaerobic bacteria [14]. Another function of the human intestinal microbiota is the decomposition and production of organic acids and short-chain fatty (SCFA) organic acids: propionate, acetate, and butyrate, which control the makeup of the microbiome. Many research studies have indicated that the inability to maintain the balance of intestinal microbiota leads to negative changes in the metabolism of the host, which are associated with chronic diseases like inflammatory bowel disease, cancer, cardiovascular diseases, and metabolic syndrome [13, 15]. It has been recognized that microbiota imbalance Additionally contributes to the onset of asthma [16].

Recent research has demonstrated that the modulation of the arrangement of microorganisms in the gut microbiota, the regulation of intestinal microbial metabolites, as well as the improvement of intestinal barrier function, with the help of probiotics, have a positive impact on the human body [17, 18].

Ilya Mechnikov initially proposed the use of beneficial living microorganisms to improve health by displacing harmful intestinal microorganisms and increasing life expectancy through the consumption of fermented milk containing lactobacilli [19]. However, the term “probiotic” did not have a clear definition until Lilly and Stillwell defined it as growth-stimulating factors produced by microorganisms in 1965 [20]. Later, Parker defined probiotics as organisms and substances that contribute to the microbial balance of the intestine, meanwhile, Fuller suggested that probiotics are living microorganisms that positively affect the body, improving its internal microbial balance, in line with Mechnikov’s concept [21]. All these definitions focused on the impact on the intestinal microbiota, but scientific studies have shown that probiotics can also affect the immune system. As a result, two novel definitions have been put forth, characterizing probiotics as a live microbial culture, or fermented dairy item that has advantageous impacts on health and nutrition and have greater health benefits than the daily dose of probiotics when ingested in certain quantities [22].

The most studied types of probiotic microorganisms include *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Saccharomyces*, and others (Table 1, Figure 1) [23].

Table 1

Probiotic microorganisms

Bifidobacteria	Lactobacillus	Bacillus	Other microorganisms
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>Bifidobacterium longum</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Candida albicans</i>
<i>Bifidobacterium lactis</i>	<i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Bacillus cereus</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>Bifidobacterium infantis</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>		<i>Saccharomyces boulardii</i>
<i>Bifidobacterium breve</i>	<i>Lactobacillus casei</i>		
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>			
Note – compiled based on the source[21,24,25,26]			

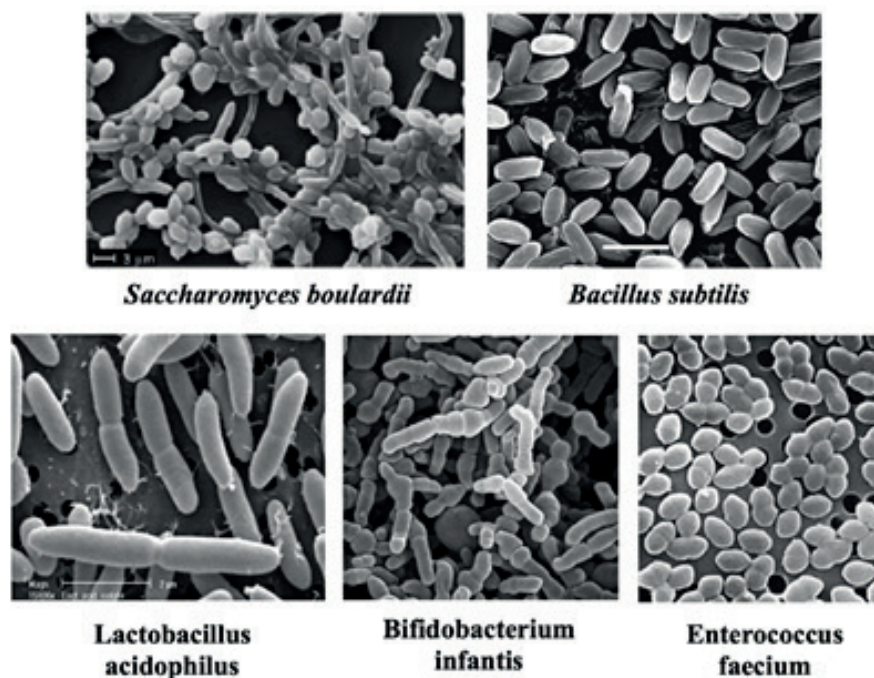


Figure 1. Probiotic microorganisms [21, 24, 25, 26]

The central part of probiotics are lactobacilli. These are facultative anaerobic, non-spore-forming gram-positive bacteria. They are rod-shaped or coccoid bacteria located singly or in chains; lactobacillus strains differ in the fermentation process, the production of hydrogen peroxide and bacteriocin. These various features make them a versatile group suitable for various conditions. In the intestine, the adhesion of lactobacilli to the mucous layer of the intestinal wall is mediated by a protein surface layer called the S-layer. In addition, some strains of lactobacilli produce antioxidants, and also have probiotic potential - the ability to immunomodulate human cells to achieve an anti-inflammatory response [27]. In the gastrointestinal tract, lactobacilli live in its various departments: starting from the oral cavity and ending with the large intestine at a pH of 5.5-5.6. *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus short*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus parabuchneri*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus rhamnosus* GG are the most commonly used species for commercial purposes, as in production of probiotics, and during fermentation of various types of food products [27]. All these types have proven their effectiveness in the treatment of various types of diseases. For example, *Lactobacillus acidophilus* can be used for travelers' diarrhea, *Lactobacillus casei* - for constipation and rheumatoid arthritis, *Lactobacillus brevis* - for diseases of the biliary tract, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* improves immune status, *Lactobacillus rhamnosus* GG also improves immune status, especially in viral infections [28].

Bifidobacteria are frequently employed in the manufacture of probiotics. These are strictly anaerobic gram-positive bacteria, usually look clubby or branching and may have bifurcations, some species sometimes exhibit swollen coccoid forms. They are located mainly singly, in pairs or in the form of a chain [29]. Usually, bifidobacteria live in the colon. The main function of bifidobacteria is to create a protective barrier of the intestine and thus prevent the penetration of pathogenic microorganisms and toxins [30]. Therefore, with the balance of microbiota, bifidobacteria account for about 90-95%. Probiotic bacteria, such as *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp., produce β -d-galactosidase, which breaks down lactose and improves lactose tolerance [31].

Researchers have recently become interested in exploring the potential of probiotics and their ability to regulate the structure of the gut microbiota, leading to the production of probiotic

products. The use of probiotics to treat diseases associated with the intestinal microbiota aims to restore intestinal balance through beneficial microbes [32]. Modulating the gut microbiota using probiotic cultures is now a recognized method for treating human diseases [33]. Bifidobacteria, lactobacilli, lactococci, and streptococci are the most frequently employed probiotic strains in current probiotic products. Other probiotic strains showing promise are bacterial genera such as *Bacillus*, *Escherichia*, and *Propionibacterium*, as well as some yeast genus - *Saccharomyces*. Overall, probiotics are deemed safe for human health, with minimal side effects [34,35].

The mechanisms of action of probiotics are primarily associated with the modulation of the microbiota of the gastrointestinal tract of the body. The first of the proposed methods of action is a barrier effect directed against pathogenic bacteria, preventing or limiting their colonization. Bacterial inhibition may be due to the production of bacteriocins of a wide spectrum of inhibition, metabolites, for example, short-chain fatty acids, causing a decrease in pH, unfavorable for bacterial growth, biosurfactants with antimicrobial activity. In addition, probiotics play a role in improving the barrier function of the intestinal mucosa. This barrier function is related to the quality of dense connections between intestinal epithelial cells. In addition to probiotics, Paneta cells producing antimicrobial peptides (defensins, lysozyme) and goblet cells producing mucus also participate in this barrier function; mucus acts as a protective layer preventing any direct contact with bacteria in the intestinal lumen. Thus, probiotics can act at the level of signaling pathways resulting in the augmentation of the mucus layer or to the production of defensins, as well as on proteins of dense compounds, improving their physiological barrier function.

One of the widely studied mechanisms of action of probiotics is alteration of the immune system's activity. More than 70% of immune cells are located at the intestinal level, particularly in the small bowel, forming intestinal-associated lymphoid tissue (GALT), where the immune system is activated [19, 36].

Therefore, the regulation of the intestinal microbiome through multiple factors plays a crucial role in preventing and treating diseases. The effectiveness of probiotics may depend on the type, dose and disease, and the duration of therapy depends on clinical indications. There are many studies that confirm that probiotics are effective in diarrhea associated with antibiotics, acute infectious diarrhea, and *Clostridium difficile*, ulcerative colitis, hepatic encephalopathy, irritable bowel syndrome, functional gastrointestinal disorders, and necrotizing enterocolitis [18, 37].

Low-lactose probiotic fermented milk products: characteristics, use, and prospects

Fermented milk is an important part of our food. In ancient times, people understood that fermentation was taking place, without knowing, however, its causes. In the beginning, milk was fermented through a process of natural fermentation, and the practice of reusing fermentation tanks and tools helped to establish a level of consistency and stability in the fermentation process. This has led to the use of specific microorganisms for the manufacture of more or less refined products. Different countries or even different parts of the same country developed their own fermented milk. The most famous product is thermophilic fermented milk yogurt, which has been increasingly popular in the last three decades. The role of living microorganisms in fermented dairy products have attracted significant attention from both manufacturers and consumers [38].

In 1974, it was proposed that dairy products would be useful for lactose intolerance, although at the time it was assumed that this was due to low lactose content [39]. However, when rats were fed natural yogurt (live culture), they absorbed galactose more efficiently and had more intestinal lactase activity than rats fed pasteurized yogurt or an imitation yogurt recipe. In addition, yogurt bacteria survived for 3 hours in the gastrointestinal tract of rats, and the authors suggested that the bacteria contributed to the hydrolysis of lactose [40]. These data obtained from experimental animals suggested that this was not due to a low dose of lactose.

The first human study was conducted in 1982. Unlike skimmed milk, a trial drink made from yogurt or acidophilic milk did not cause any symptoms in people with lactose intolerance.

This was due to a decrease in the amount of lactose in yogurt, since the dose of lactose in the tested beverages was higher in low-fat milk -24.6 g than in acidophilic milk -18.1 g or yogurt -11.4 g. The author suggested that microorganisms (in particular bifido/lactobacilli) contained in yogurt may be active in the intestinal tract, participating in the hydrolysis of lactose [41].

Presently, fermented milk items have become functional food products worldwide due to their advantageous effects on human health [42]. To help individuals with minor symptoms of lactose intolerance adjust to lactose, small amounts of milk/dairy products may be gradually introduced [43]. Introducing fermented dairy products into diet, like mixing milk porridge with rice, can help some people tolerate their food better. For those with lactose intolerance, hard cheeses such as cheddar, parmesan, and hollandaise are often better tolerated than a glass of milk because they contain very little lactose. When a person consumes more than 12 grams of lactose per day, their symptoms can become worse. As more people become lactose intolerant, there are now more lactose-free and low-lactose fermented milk products available. These products are nutritionally similar to regular dairy products but are treated with lactase to reduce lactose levels. Lactase breaks down lactose into glucose and galactose, which makes the product sweeter.

Yogurt is a thick sour cream—like product with a sour taste, composed of all the same elements as milk, but with a lower amount of lactose. During the process of bacterial fermentation, lactic acid is produced, which changes the milk's pH and converts lactose into lactic acid. The traditional microorganisms used to culture milk into yogurt are *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. Yogurt is a great source of nutrients such as protein, calcium, vitamin D, riboflavin, vitamin B₆, and vitamin B₁₂. Additionally, yogurt may contain probiotics, which are live microorganisms that benefit the gut, as well as prebiotics, which are compounds formed during fermentation that positively impact the gut microbiota and overall health. The production of fermented milk products is a significant area of fermentation, with cultured bio-yoghurts and probiotic drinking yoghurts being the fastest growing dairy sector between 1998 and 2003 [44]. Nowadays, a few international manufacturers dominate over 50% of the global yogurt market in Western countries by creating cultured bio-yogurts and fermented milk blends. This range of items comprises extra types of microorganisms such as *Bifidobacteria* and *Lactobacillus acidophilus*, which are believed to enhance their prebiotic properties and provide additional health benefits.

Conclusion

Research on different human illnesses demonstrates the crucial involvement of gut microbiota. It is essential to comprehend how gut microbiota affects the overall health of the body to devise strategies that aim to manipulate it, particularly in cases where there are irregular microbial patterns. Probiotics play a significant role in achieving health benefits for the body through various mechanisms, with a focus on modifying the intestinal microbiota being noteworthy. With the help of probiotics, it is possible to enrich the intestinal microbiota with bifido / lactobacilli, which will break down the milk sugar entering the body in people with lactose intolerance [45].

Lactose intolerance is a prevalent ailment worldwide these days. Nevertheless, a majority of individuals suffering from lactose intolerance retain some lactase activity, and therefore, they can consume different quantities of lactose in their diet without experiencing any symptoms. Consequently, individuals have adapted to lactose intolerance by adjusting their diet within their physical capabilities, enhancing their ability to consume lactose by adapting their microbiome, and generating a diverse range of dairy products that are low in lactose. Research has demonstrated that people have difficulty digesting fresh milk, but can consume certain dairy products, such as cheese, yogurt, without discomfort. These products are prepared using fermentation processes that break down most of the lactose in milk. It has been proven that probiotic cultures, such as *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp., synthesize β -d-galactosidase, which breaks down lactose and helps to reduce lactose in fermented milk products, which improves lactose tolerance.

Funding. The authors thankful to the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for funding this research work: Development of technologies using new strains of beneficial microorganisms, enzymes, nutrients, and other kits in the production of special dietary food products IRN: BR10764998.

References

1. Costanzo D.M., Canani B.R. Lactose Intolerance: Common Misunderstandings // *Ann Nutr Metab.* – 2018. – Vol. 73(4). – P. 30-37. DOI: 10.1159/000493669.
2. Forsgard R.A. Lactose digestion in humans: intestinal lactase appears to be constitutive whereas the colonic microbiome is adaptable // *Am J Clin Nutr.* – 2019. – Vol. 110(2). – P. 273-279. DOI: 10.1093/ajcn/nqz104.
3. Harrington L.K., Mayberry J.F. A re-appraisal of lactose intolerance // *Int J Clin Pract.* – 2008. – Vol. 62(10). – P. 1541-1546. DOI: 10.1111/j.1742-1241.2008.01834.x.
4. He T., Venema K., Priebe M.G., Welling G.W., Brummer R.J., Vonk R.J. The role of colonic metabolism in lactose intolerance // *Eur J Clin Invest.* – 2008. – Vol. 38(8). – P. 541-547. DOI: 10.1111/j.1365-2362.2008.01966.x.
5. Lomer M.C., Parkes G.C., Sanderson J.D. Review article: lactose intolerance in clinical practice-myths and realities // *Aliment Pharmacol Ther.* – 2008. – Vol. 27(2). – P. 93-103. DOI: 10.1111/j.1365-2036.2007.03557.x.
6. Misselwitz B., Butter M., Verbeke K., Fox M.R. Update on lactose malabsorption and intolerance: pathogenesis, diagnosis and clinical management // *Gut.* – 2019. – Vol. 68(11). – P. 2080-2091. DOI: 10.1136/gutjnl-2019-318404.
7. Itan Y., Jones B.L., Ingram C.J., Swallow D.M., Thomas M.G. A worldwide correlation of lactase persistence phenotype and genotypes // *BMC Evol Biol.* – 2010. – Vol. 10. – P. 36. DOI: 10.1186/1471-2148-10-36.7.
8. Malik T.F., Panuganti K.K. Lactose Intolerance. [Electronic resource] – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK532285/> (accessed: 16.05.2022).
9. Wanes D., Husein D.M., Naim H.Y. Congenital Lactase Deficiency: Mutations, Functional and Biochemical Implications, and Future Perspectives // *Nutrients.* – 2019. – Vol. 11(2). – P. 461. DOI: 10.3390/nu11020461.
10. Logan A.C., Jacka F.N., Prescott S.L. Immune-microbiota interactions: dysbiosis as a global health issue // *Curr Allergy Asthma Rep.* – 2016. – Vol. 16(2). – P. 13.
11. Clemente J.C., Ursell L.K., Parfrey L.W., Knight R. The impact of the gut microbiota on human health: an integrative view // *Cell.* – 2012. – Vol. 148. – P. 1258-1270.
12. Ley R.E., Peterson D.A., Gordon J.I. Ecological and evolutionary forces shaping microbial diversity in the human intestine // *Cell.* – 2006. – Vol. 124. – P. 837-848.
13. Flint H.J., Scott K.P., Duncan S.H., Louis P., Forano E. Microbial degradation of complex carbohydrates in the gut // *Gut Microbes.* – 2012. – Vol. 3. – P. 289-306.
14. Apajalahti J. Comparative gut microflora, metabolic challenges, and potential opportunities // *J. Appl. Poultry Res.* – 2005. – Vol. 14. – P. 444-453.
15. Marteau P., Seksik P., Jian R. Probiotics and intestinal health effects: a clinical perspective // *Br. J. Nutr.* – 2002. – Vol. 88. – P. 51-57.
16. Hilty M., Burke C., Pedro H., Cardenas P., Bush A., Bossley C., et al. Disordered microbial communities in asthmatic airways // *PLoS One.* – 2010. – Vol. 5(1). – P. 8578.
17. Li H.Y., Zhou D.D., Gan R.Y., Huang S.Y., Zhao C.N., Shang A., Xu X.Y., Li H.B. Effects and Mechanisms of Probiotics, Prebiotics, Synbiotics, and Postbiotics on Metabolic Diseases Targeting Gut Microbiota: A Narrative Review // *Nutrients.* – 2021. – Vol. 13. – P. 3211. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu13093211>.
18. Kim S.K., Guevarra R.B., Kim Y.T., Kwon J., Kim H., Cho J.H., Kim H.B., Lee J.H. Role of Probiotics in Human Gut Microbiome-Associated Diseases // *J Microbiol Biotechnol.* – 2019. – Vol. 29. – P. 1335-1340.
19. Sanchez B., Delgado S., Blanco-Míguez A., Lourenço A., Gueimonde M., Margolles A. Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease // *Mol Nutr Food Res.* – 2017. – Vol. 61(1). – P. 1600240. DOI: 10.1002/mnfr.201600240.
20. Gupta V., Garg R. Probiotics // *Indian J Med Microbiol.* – 2009. – Vol. 27(3). – P. 202-209. DOI: 10.4103/0255-0857.53201.
21. Hume M.E. Historic perspective: prebiotics, probiotics, and other alternatives to antibiotics // *Poult Sci.* – 2011. – Vol. 90(11). – P. 2663-2669. DOI: 10.3382/ps.2010-01030.

22. Vasiljevic T., Shah N.P. Probiotics-From Metchnikoff to bioactives // International Dairy Journal. – 2008. – Vol. 18(7). – P. 714-728. DOI: 10.1016/j.idairyj.2008.03.004.
23. Khalighi A., Behdani R., Kouhestani S. Probiotics: A Comprehensive Review of Their Classification, Mode of Action and Role in Human Nutrition // IntechOpen. – 2016. – Chapter 2. – P. 19-39. DOI: 10.5772/63646.
24. Zawistowska-Rojek A., Tyski S. Are Probiotic Really Safe for Humans? // Pol J Microbiol. – 2018. – Vol. 67(3). – P. 251-258. DOI: 10.21307/pjm-2018-044.
25. Dinleyici E.C., Eren M., Ozen M., Yargic Z.A., Vandenplas Y. Effectiveness and safety of *Saccharomyces boulardii* for acute infectious diarrhea // Expert Opin Biol Ther. – 2012. – Vol. 12(4). – P. 395-410. DOI: 10.1517/14712598.2012.664129.
26. Piccioni A., Franza L., Vaccaro V., Saviano A., Zanza C., Candelli M., Covino M., Franceschi F., Ojetti V. Microbiota and Probiotics: The Role of *Limosilactobacillus Reuteri* in Diverticulitis // Medicina. – 2021. – Vol. 57. – P. 802. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina57080802>.
27. Goldstein E., Tyrrell K., Citron D. *Lactobacillus* Species: Taxonomic Complexity and Controversial Susceptibilities // Clinical Infectious Diseases. – 2015. – Vol. 60(2). – P. 99.
28. Fijan, S. Microorganisms with claimed probiotic properties: An overview of recent literature // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2014. – Vol. 11. – P. 4745-4767.
29. Majdannik V.G. Clinical recommendations for the use of probiotics in pediatric practice. – Kyiv, 2013. – 30 p.
30. Krumbeck J.A., Rasmussen H.E., Hutkins R.W. et al. Probiotic *Bifidobacterium* strains and galactooligosaccharides improve intestinal barrier function in obese adults but show no synergism when used together as synbiotics. *Microbiome*. – 2018. – Vol. 6. – P. 121. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0494-4>.
31. Kailasapathy K., Chin J. Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. // Immunology & Cell biology. – 2000. – Vol. 78. – P. 80-88.
32. Cammarota G., Ianiro G., Bibbò S. et al. Gut microbiota modulation: probiotics, antibiotics or fecal microbiota transplantation? // Intern Emerg Med. – 2014. – Vol. 9. – P. 365-373. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11739-014-1069-4>.
33. Fata G., Weber P., Mohajeri M.H. Probiotics and the Gut Immune System: Indirect Regulation // Probiotics and Antimicrobial Proteins. – 2017. – P. 1-11.
34. He M., Shi B. Gut microbiota as a potential target of metabolic syndrome: the role of probiotics and prebiotics. *Cell Biosci.* – 2017. – Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13578-017-0183-1>.
35. Azad A., Sarker M., Li T., Yin J. Probiotic Species in the Modulation of Gut Microbiota: An Overview // BioMed Research International. – 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/9478630>.
36. Yousefi B., Eslami M., Ghasemian A., Kokhaei P., Farrokhi A., Darabi N. Probiotics importance and their immunomodulatory properties // Cellular Physiology. – 2017. DOI: 10.1002/jcp.27559.
37. Goodman C., Keating G., Georgousopoulou E., Hespe C., Levett K. Probiotics for the prevention of antibiotic-associated diarrhoea: a systematic review and meta-analysis // BMJ Open. – 2021. – Vol. 11(8). – P. 43-54. DOI: 10.1136/bmjopen-2020-043054.
38. Shiby V.K., Mishra H.N. Fermented Milks and Milk Products as Functional Foods-A Review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2013. – Vol. 53(5). – P. 482-496. DOI: 10.1080/10408398.2010.547398.
39. Gallagher C.R., Molleson A.L., Caldwell J.H. Lactose intolerance and fermented dairy products // J Am Diet Assoc. – 1974. – Vol. 65. – P. 418-419.
- Goodenough E.R., Kley D.H. Influence of viable yogurt microflora on digestion of lactose by the rat. // J Dairy Sci. – 1976. – Vol. 59. – P. 601-606.
41. Alm L. Effect of fermentation on lactose, glucose, and galactose content in milk and suitability of fermented milk products for lactose intolerant individuals // J Dairy Sci. – 1982. – Vol. 65. – P. 346-352.
42. Divya J.B., Varsha K.K., Nampoothiri K.M., Ismail B., Pandey A. Probiotic fermented foods for health benefits // Eng Life Sci. – 2012. – Vol. 12. – P. 377-390.
43. Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U. The Interrelationships between Lactose Intolerance and the Modern Dairy Industry: Global Perspectives in Evolutional and Historical Backgrounds // Nutrients. – 2015. – Vol. 7(9). – P. 7312-7331. DOI: 10.3390/nu7095340.
44. Khurana H.K., Kanawjia, S.K. Recent trends in development of fermented milks. // Curr. Nutr. Food Sci. – 2007. – Vol. 3. – P. 91-108.
45. Kristensen N.B., Bryrup T., Allin K.H., Nielsen T. Alterations in fecal microbiota composition by probiotic supplementation in healthy adults: a systematic review of randomized controlled trials // Genome Med. – 2016. – Vol. 8. – P. 52.

Н.А. Муханбетжанов, Ж.Е. Муханбетжанова, С.С. Кожаметов, А.Р. Куштугулова
National Laboratory Astana, Назарбаев Университеті, Астана, Қазақстан

Лактозаға төзбеушілік кезінде ішек микробиотасын модуляциялаудағы пробиотиктердің рөлі

Аңдатпа. Лактозаға төзбеушілік – тамақтанудың ең көп таралған бұзылыстарының бірі. Бұл бұзылысқа ұшыраған адамдар лактаза ферментінің генетикалық төмен экспрессиясына байланысты лактозаның көп мөлшерін сіңіре алмайды. Адамның ішек микробиотасы ішек денсаулығына, иммунологиялық тепе-теңдікке әсер ететін және лактозаны метаболиздейтін көптеген микробтық қауымдастықтарға ие. Бұл бұзылыспен күресудің бір әдісі – пробиотиктерді қолдану. Пробиотикалық микроорганизмдер адам денсаулығына пайдалы әсеріне байланысты бүкіл әлемде функционалды тағам ретінде қолданылатын тірі ашытылған сүт өнімдерінде көп мөлшерде кездеседі. Сонымен қатар, әлемдік нарықта төмен лактоза/лактозасыз ашытылған сүт өнімдері бар, олар адам ағзасына жағымды әсер етумен қатар, лактозаның ыдырауына және азаюына ықпал етеді, осылайша лактозаны оңай тасымалдауға көмектеседі. Бұл шолу сүт өнімдерін тұтыну кезінде лактазаның адам денсаулығына жағымсыз әсерін жоюға қабілетті маңызды әзірлемелерге бағытталған.

Түйін сөздер: ішек микробиотасы, лактоза, пробиотиктер, лактаза, ашытылған сүт өнімдері.

Н.А. Муханбетжанов, Ж.Е. Муханбетжанова, С.С. Кожаметов, А.Р. Куштугулова
National Laboratory Astana, Назарбаев Университет, Астана, Казахстан

Роль пробиотиков в модуляции кишечной микробиоты при непереносимости лактозы

Аннотация. Непереносимость лактозы является одним из наиболее распространенных пищевых расстройств. Люди, подверженные этому расстройству, не могут усваивать большое количество лактозы по причине генетически низкой экспрессии фермента лактазы. Микробиота кишечника человека обладает большинством разнообразных микробных сообществ, которые оказывают влияние на здоровье кишечника, иммунологическое равновесие, и в том числе метаболизируют лактозу. Одним из методов борьбы с этим расстройством является использование пробиотиков. Пробиотические микроорганизмы в большом количестве содержатся в живых кисломолочных продуктах, которые применяются в качестве функциональных продуктов питания во всем мире из-за их благотворного воздействия на здоровье человека. К тому же на мировом рынке имеются низколактозные/безлактозные кисломолочные продукты, которые, помимо положительного воздействия на организм человека, способствуют расщеплению и снижению количества лактозы, тем самым помогают легче переносить лактозу. Настоящий обзор фокусируется на важных разработках, способных нивелировать неблагоприятный эффект лактазы на здоровье человека при потреблении молочной продукции.

Ключевые слова: микробиота кишечника, лактоза, пробиотики, лактаза, кисломолочные продукты.

Information about authors:

Mukhanbetzhanov N.A. – Master of Technical Sciences, Junior Researcher of Microbiome Laboratory, National Laboratory Astana, Nazarbayev University, 53 Kabanbay Batyr ave., Z05H0P9, Astana, Kazakhstan.

Mukhanbetzhanova Zh.Ye. – 2nd year undergraduate student, Assistant researcher at the Laboratory of drug discovery and development, National Laboratory Astana, Nazarbayev University, 53 Kabanbay Batyr ave., Z05H0P9, Astana, Kazakhstan.

Kozhakhmetov S.S. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Microbiome Laboratory, National Laboratory Astana, Nazarbayev University, 53 Kabanbay Batyr ave., Z05H0P9, Astana, Kazakhstan.

Kushugulova A.R. – MD, Head of Microbiome Laboratory, National Laboratory Astana, Nazarbayev University, 53 Kabanbay Batyr ave., Z05H0P9, Astana, Kazakhstan.

Мұханбетжанов Н.А. – техника ғылымдарының магистрі, Микробиом зертханасының кіші ғылыми қызметкері, National Laboratory Astana, Назарбаев Университеті, Қабанбай батыр 53, Z05H0P9, Астана, Қазақстан.

Мұханбетжанова Ж.Е. – 2 курс магистранты, жаңа дәрілік заттарды зерттеу зертханасы зерттеушісінің ассистенті, National Laboratory Astana, Назарбаев Университеті, Қабанбай батыр 53, Z05H0P9, Астана, Қазақстан.

Қожахметов С.С. – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор (доцент), микробиом зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, National Laboratory Astana, Назарбаев Университеті, Қабанбай батыр 53, Z05H0P9, Астана, Қазақстан.

Кушугулова А.Р. – медицина ғылымдарының докторы, Микробиом зертханасының жетекшісі, National Laboratory Astana, Назарбаев Университеті, Қабанбай батыр 53, Z05H0P9, Астана, Қазақстан.

Е.Г. Крупа^{1*}, М.О. Аубакирова², Е.М. Аргынбаева¹, С.М. Романова¹

¹Институт Зоологии, Алматы, Казахстан

²Научно-производственный центр рыбного хозяйства, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: elena_krupa@mail.ru

Структура зоопланктона и гидрохимическая характеристика горных водоемов Северного Тянь-Шаня

Аннотация. Изучение гидрохимических показателей и структуры зоопланктона трех горных водоемов Северного Тянь-Шаня (Нижнее Кольсайское озеро, водохранилища Текес и Бестюбинское) было проведено в августе 2022 г. Гидрохимический анализ показал, что вода во всех водоемах пресная, мягкая, карбонатного класса, группы кальция второго типа. Среднее содержание легко окисляющихся органических веществ достигало 5,6–7,6 мгО/дм³, нитритного азота – 0,011–0,044 мг/дм³, нитратного азота – 0,274–0,830, аммонийного азота – 0,045–0,091, фосфатов – 0,023–0,031, железа – 0,090–0,166, кремния – 3,0–5,4, марганца – 0,011–0,025 мг/дм³. Зоопланктон был представлен 41 видом. Численность зоопланктона варьировала в пределах 11081–69061 экз/м³. Биомасса зоопланктона достигала 11,7–700,2 мг/м³. Кластерный анализ на основе расчета индекса Брея-Кертиса показал изменения видового состава планктонных беспозвоночных за последние пятьдесят лет. Рост видового богатства в Нижнем Кольсае на фоне увеличения количественных показателей планктонных беспозвоночных обусловлен возрастающей рекреационной нагрузкой на озеро и прилегающую наземную территорию. Снижение видового богатства и численности зоопланктона в водохранилище Текес может быть связано с резкими колебаниями уровня воды в сезонном и межгодовом аспекте и периодическим его заполнением речной водой, не обогащенной питательными веществами.

Ключевые слова: зоопланктон, горные водоемы, численность, биомасса, Северный Тянь-Шань.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-97-108>

Введение

Горные водоемы по своим климатическим и физико-географическим особенностям являются уникальными и уязвимыми к изменениям окружающей среды. В виду труднодоступности горные водоемы Казахстана в гидробиологическом аспекте слабо изучены. Наиболее ранние исследования видового состава зоопланктона горных водоемов были проведены Н.З. Хусаиновой [1]. В последующие годы спорадические гидробиологические исследования были проведены в оз. Нижний Кольсай (2000, 2002, 2006, 2015, 2017, 2022) и водохранилище Текес (2009, 2011, 2022) [2,3,4]. Ранее исследования Бестюбинского водохранилища не приводились.

В связи с прогрессирующей антропогенной трансформацией природных экосистем, существенное значение имеет исследование экологических особенностей входящих в зоопланктон видов, возможностей их адаптации к происходящим изменениям условий существования.

Целью данной работы является анализ современного состояния зоопланктона трех горных водоемов Северного Тянь-Шаня и анализ его изменений за последние десятилетия.

Материал и методы исследования

В августе 2022 г. Был исследован зоопланктон трех горных водоемов: Нижнее Кольсайское озеро, водохранилища Текес и Бестюбинское. Нижний Кольсай расположен на территории Государственного национального природного парка, в горной системе Кунгей Алатау. Нижнее Кольсайское озеро располагается на высоте 1829 м над уровнем моря. Оно имеет площадь 0,58 км², максимальную глубину 36,6 м и среднюю прозрачность 9,0 м [5]. Водоохранилище Текес находится на высоте 1800 м над у. м. в межгорной долине между Восточным Тянь-Шанем и хребтом Кетмень. Питание осуществляется за счет одноименной реки. Длина водоема 3 км, ширина – 0,5 км [6]. Бестюбинское водохранилище расположено в межгорной долине между Заилийским Алатау и хребтом Кетмень. Длина водохранилища около 16 км, ширина 500 м, площадь около 10 км².

Всего было отобрано 18 проб зоопланктона сетью Джеди путем протягивания ее от дна до поверхности. Пробы фиксировали 40% формалином до окончательной концентрации 4%. Определение планктонных беспозвоночных до вида проводили по определителям [7,8,9,10]. Расчет численности зоопланктона проводили по стандартной методике [11]. При расчете биомассы организмов использовали индивидуальные показатели веса особей/видов, определенные по формулам [12]. Для определения видового сходства планктонных беспозвоночных использовали программу Primer 5 на основе расчёта индекса Брея-Кертиса [13]. Для изучения условий обитания зоопланктона были отобраны пробы воды для определения минерализации и содержания биогенных элементов [14,15].

Результаты

Гидрохимический анализ показал, что вода обследованных водоемов пресная, мягкая, карбонатного класса, группы кальция II типа (таблица 1). Среднее содержание легко окисляющихся органических веществ варьировало в пределах 5,6–7,6 мгО/дм³ (таблица 1), нитритного азота – 0,011–0,044 мг/дм³, нитратного азота – 0,274–0,830, аммонийного азота – 0,045–0,091, фосфатов – 0,023–0,031, железа – 0,090–0,166, кремния – 3,0–5,4, марганца – 0,011–0,025 мг/дм³ (таблица 2). Значения перманганатной окисляемости свидетельствовали об умеренном уровне содержания легко окисляющихся органических веществ в воде, характерном для водоемов зон широколиственных лесов, степи, полупустыням и пустыням [16].

Таблица 1

Общая жесткость, минерализация, индекс воды по Алекину и содержание легко окисляющихся органических веществ в воде водоемов Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Водоем	Станция	Окисляемость, мгО/дм ³	Жесткость общая, мг-экв./ дм ³	Минерализация, мг/дм ³	Индекс по Алекину
Нижний Кольсай	1	5,03	1,70	139,0	C ^{Ca} _{II}
	2	5,15	1,65	136,5	C ^{Ca} _{II}
	3	5,24	1,70	135,9	C ^{Ca} _{II}
	4	5,36	1,70	139,0	C ^{Ca} _{II}
	5	6,29	1,60	146,7	C ^{Ca} _{II}
	6	6,50	1,55	137,9	C ^{Ca} _{II}
среднее		5,60	1,65	139,2	

Бестюбинское водохранилище	1	7,34	3,90	390,7	C_{Ca}^{Ca}
	2	7,34	3,90	406,8	C_{Ca}^{Ca}
	3	7,76	3,90	403,1	C_{Ca}^{Ca}
	4	7,55	3,80	403,4	C_{Ca}^{Ca}
	5	7,30	3,90	400,4	C_{Ca}^{Ca}
	6	7,34	4,05	406,4	C_{Ca}^{Ca}
	7	7,55	3,95	410,9	C_{Ca}^{Ca}
	8	7,38	3,95	434,5	C_{Ca}^{Ca}
среднее		7,45	3,92	407,0	
водохранилище Текес	1	7,13	4,56	390,8	C_{Ca}^{Ca}
	2	7,34	4,55	369,7	C_{Ca}^{Ca}
	3	7,97	4,50	377,1	C_{Ca}^{Ca}
	4	7,76	4,25	352,0	C_{Ca}^{Ca}
среднее		7,55	4,47	372,4	

Таблица 2

Содержание соединений минерального азота, фосфора, железа, кремния и марганца в воде водоемов Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Водоем	Станция	Концентрация, мг/дм ³						
		N-NO ₂	N-NO ₃	N-NH ₄	PO ₄	Fe	Si	Mn
Нижний Кольсай	1	0,010	1,026	0,033	0,019	0,082	2,7	0,008
	2	0,004	0,871	0,117	0,019	0,088	3,0	0,008
	3	0,009	0,925	0,117	0,024	0,088	3,0	0,008
	4	0,022	0,801	0,096	0,027	0,088	3,2	0,008
	5	0,004	0,945	0,082	0,031	0,104	3,0	0,017
	6	0,016	0,404	0,101	0,029	0,088	3,0	0,017
Среднее		0,011	0,829	0,091	0,025	0,090	3,0	0,011
Бестюбинское водохранилище	1	0,025	0,132	0,025	0,019	0,132	2,7	0,008
	2	0,036	0,202	0,033	0,016	0,132	2,1	0,017
	3	0,020	0,256	0,016	0,017	0,164	2,1	0,017
	4	0,035	0,190	0,066	0,024	0,148	3,6	0,008
	5	0,026	0,194	0,041	0,024	0,120	4,2	0,004
	6	0,058	0,501	0,082	0,033	0,164	4,2	0,001
	7	0,056	0,171	0,080	0,029	0,184	4,8	0,017
	8	0,041	0,544	0,081	0,024	0,148	3,2	0,042
Среднее		0,037	0,274	0,053	0,023	0,149	3,4	0,014
водохранилище Текес	1	0,037	1,438	0,039	0,038	0,126	5,5	0,042
	2	0,028	0,357	0,031	0,024	0,176	5,2	0,025
	3	0,043	1,042	0,047	0,038	0,184	5,9	0,017
	4	0,067	0,482	0,062	0,024	0,176	4,8	0,017
Среднее		0,044	0,830	0,045	0,031	0,166	5,4	0,025
ПДК _{вр} [16]		0,020	9,100	0,500	–	0,100	–	0,010
Нормативы [17]					0,05			

В Нижнем Кольсае содержание биогенных элементов не превышали ПДК_{вр}. В Бестюбинском водохранилище содержание нитритного азота, железа и марганца незначительно превышали нормы ПДК_{вр}, остальные химические показатели находились в пределах нормы. В водохранилище Текес были зарегистрированы высокое содержание нитратного азота, железа, фосфатов, кремния и марганца. Концентрация нитратного

азота, аммонийного азота и фосфатов не превышали ПДК_{вр.}, а содержание нитритного азота, железа незначительно превышали ПДК_{вр.}.

В составе зоопланктона был зарегистрирован 41 таксон планктонных беспозвоночных, из которых коловраток – 27, ветвистоусых – 7, веслоногих – 6, факультативных планктеров – 1 (таблица 3). Видовое богатство зоопланктона обследованных водоемов было невысоким, с максимумом в оз. Нижний Кольсай.

Таблица 3

Видовой состав и частота встречаемости планктонных беспозвоночных в водоемах Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Название таксона	Нижний Кольсай	Бестюбинское	Текес
частота встречаемости, %			
Коловратки – Rotifera			
Notommatidae gen.sp.	50	100	25
Bdelloida gen.sp.	50	25	
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	100	100	
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	17		
<i>Brachionus calyciflorus amphiceros</i> (Ehrenberg)			25
<i>Cephalodella tantilloides</i> (Hauer)			
<i>Euchlanis calpidia</i> (Myers)			25
<i>Euchlanis oropha</i> (Gosse)			50
<i>Filinia terminalis</i> (Plate)	33		
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	100	25	
<i>Keratella quadrata</i> (Muller)	50		50
<i>Lecane (Monostyla) closterocerca</i> (Schmarda)	17		
<i>Lecane (Monostyla) copeis</i> (Harr. Et Myers)		13	
<i>Lecane (Monostyla) decipiens</i> (Murray)	17		
<i>Lecane (s.str.) luna</i> (Muller)			75
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	33		25
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	17		
<i>Polyarthra luminosa</i> (Kutikova)		100	
<i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin)		100	25
<i>Rotaria tridens</i> (Montet)	17		
<i>Synchaeta oblonga</i> (Ehrenberg)	67		
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg)			75
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	83	25	25
<i>Synchaeta tremula</i> (Muller)	17		
<i>Synchaeta vorax</i> (Rousselet)			25
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	100		
<i>Trichotria pocillum</i> (Muller)			25
Ветвистоусые – Cladocera			
<i>Acroporus harpae</i> (Baird)	33		
<i>Alona rectangula</i> (Sars)		25	75
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)		100	50
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)		25	50
<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> (G.O. Sars)	83	100	50
<i>Daphnia (Daphnia) longispina</i> (O.F. Muller)	83	25	
<i>Leydigia leydigii</i> (Schoedler)	33		

Веслоногие – Copepoda			
<i>Acanthocyclops robustus</i> (Sars)		100	
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	100	75	
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine)		50	
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	17		
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)			25
Cyclopoida gen.sp.		13	100
Факультативные планктеры			
Nematoda gen.sp.			25
Всего:	22	17	19

Чаще всего встречались коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Synchaeta stylata*, *Polyarthra vulgaris*, *Notholca acuminata*, ветвистусые *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata*, *Daphnia* (*Daphnia*) *longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. Уровень сходства видов между водоемами был невысокий (рисунок 1). Различия в видовом составе зоопланктона отмечались также в пределах акватории одного и того же водоема, что обусловлено биотопической неоднородностью.

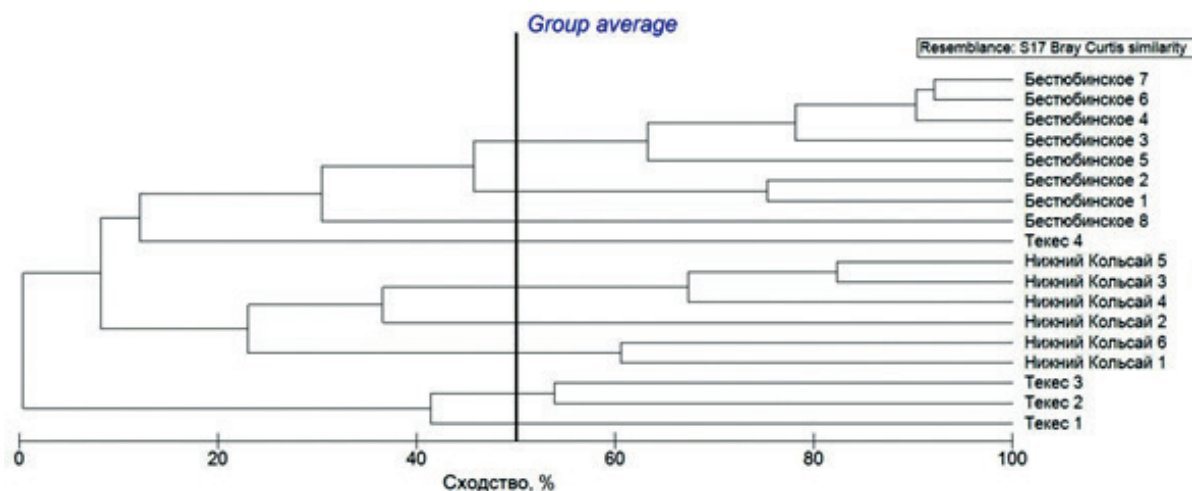


Рисунок 1. Сходство зоопланктофаун обследованных водоемов Северного Тянь-Шаня, август 2022 г.

Количественные показатели зоопланктона изменялись в зависимости от водоема (таблица 4). Минимальные показатели численности зоопланктона были зарегистрированы в Текесе. Доминировали веслоногие (58,2%). Субдоминировали ветвистоусые (14,0%) и коловратки (27,7%). На втором месте по численности находился зоопланктон оз. Нижний Кольсай. Доминировали коловратки (50,0%), при практически равном вкладе ветвистоусых (27,8%) и веслоногих ракообразных (22,2%). Максимальные показатели численности были отмечены в Бестюбинском водохранилище. Доминировали ветвистоусые (54,9%) и коловратки (44,3%).

Минимальные показатели биомассы зоопланктона были зарегистрированы в Текесе. В Нижнем Кольсае и Бестюбинском водохранилище величина показателя была на порядок больше. Основу суммарной биомассы повсеместно формировали ветвистоусые ракообразные – 56,1–95,0%.

Таблица 4

**Количественные показатели зоопланктона в водоемах Северного Тянь-Шаня,
август 2022 г.**

Водоемы	Rotifera	Cladocera	Copepoda	Прочие	Всего
	численность, тыс. экз./м ³				
Нижний Кольсай	17007	9450	7553	0	34010
Бестюбинское	30560	37922	578	0	69061
Текес	3073	1549	6454	5	11081
	биомасса, мг/м ³				
Нижний Кольсай	26,3	536,4	137,5	0,0	700,2
Бестюбинское	24,9	526,8	2,9	0	554,6
Текес	2,7	6,6	2,4	0,005	11,7

Состав доминирующих видов изменялся в зависимости от водоема (таблица 5). В Нижнем Кольсайском озере основной вклад в формирование количественных показателей зоопланктона вносили коловратка *Keratella cochlearis*, кладоцеры *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. В Бестюбинском водохранилище доминировали коловратки *Polyarthra luminosa*, *Polyarthra vulgaris*, ракообразные *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Cyclopoida gen.sp.* В водохранилище Текес доминировали *Keratella quadrata* и *Bosmina (Bosmina) longirostris*.

Таблица 5

**Состав доминирующих видов планктонных беспозвоночных в водоемах Северного
Тянь-Шаня, август 2022 г.**

Водоем	Название вида	Численность, %	Биомасса, %
Нижний Кольсай	<i>Keratella cochlearis</i>	34,4	0,1
	<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i>	13,3	29,0
	<i>Daphnia (Daphnia) longispina</i>	14,5	47,5
	<i>Cyclops vicinus</i>	22,2	19,6
Бестюбинское	<i>Polyarthra luminosa</i>	27,3	3,2
	<i>Polyarthra vulgaris</i>	10,5	0,4
	<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i>	41,6	40,2
	<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i>	13,2	53,9
	<i>Cyclopoida gen.sp.</i>	58,2	0,02
Текес	<i>Keratella quadrata</i>	20,6	14,5
	<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i>	13,1	49,6
	<i>Cyclopoida gen.sp.</i>	58,2	19,7

Обсуждение

Невысокое видовое богатство зоопланктона обследованных горных водоемов Северного Тянь-Шаня (всего 41 таксон) в целом является характерным для этой местности. Анализ многолетних данных по озеру Нижний Кольсай за период с 1969–2022 гг. показал, что в составе зоопланктона выявлено всего 53 вида [5,18]. Часто встречающимися видами были коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, ветвистоусые *Chydorus sphaericus*, *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*.

Кластерный анализ показал изменения видового состава зоопланктонных сообществ за последние пятьдесят лет. Согласно коэффициенту Брея-Кертиса (рисунок 2), по видовому составу зоопланктона выделяется три кластера. Первый кластер объединил данные 1969, 1998 и 2002 гг., второй кластер – 2015, 2017, 2022 гг., третий – 2006 г. Отличительной чертой являлось наличие в видовом составе зоопланктона до 2002 г. крупного каланоидного рачка *Acantodiaptomus denticornis*, который позже больше не встречался. Фауна зоопланктона в 2006 г. отличалась от предшествующего периода, так и от состава видов 2015–2017 гг. До 2006 г. видовое богатство зоопланктона насчитывало 10–15 видов. В последующие годы исследований (2015–2022 гг.) произошло обогащение видового состава зоопланктона, за счет появления коловраток *Bdelloidea* (4 вида), *Lecane*, *Euchlanis*, *Testudinella*, ракообразных *Graptoleberis testudinaria*, *Leydigia leydigii*, *Eucyclops serrulatus*, *Macrocyclus albidus*, *Megacyclus viridis*, *Simocephalus vetuloides*, *Simocephalus vetulus*. За этот период в составе зоопланктонных сообществ было выявлено от 19 до 25 видов. Таким образом, за исследуемый период произошло существенное обогащение фауны планктонных беспозвоночных в оз. Нижний Кольсай.

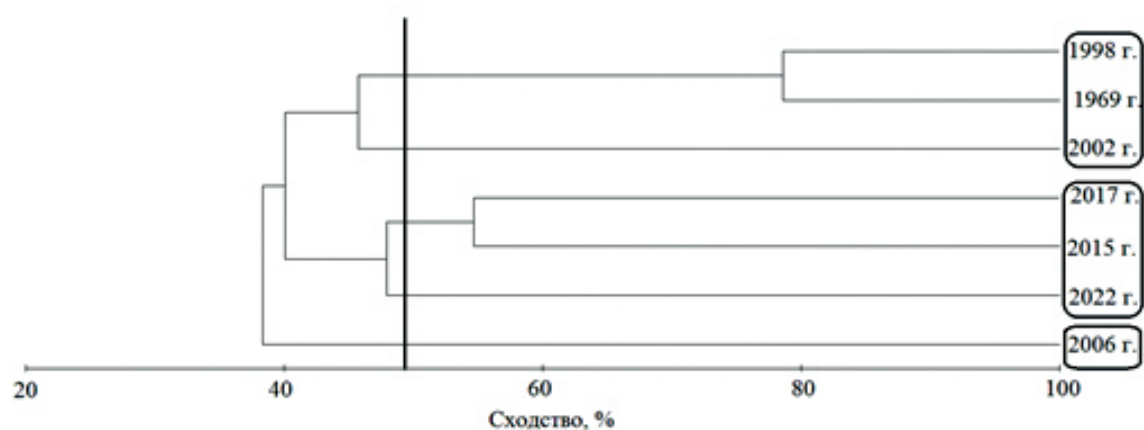


Рисунок 2. Сходство зоопланктонных сообществ оз. Нижний Кольсай в период с 1969 по 2022 гг. (построен с использованием данных [2,3])

На фоне обогащения видового состава планктонных беспозвоночных, выросли и количественные показатели, с максимальными значениями в 2015–2017 гг. (рисунок 3). Это может быть связано с увеличением рекреационной нагрузки на все озера Национального природного парка «Кольсай колдері», а также акклиматизацией в озере радужной форели. Подробно причины изменения структуры зоопланктона и экологического состояния Кольсайских озер рассмотрены в статьях [5,18].

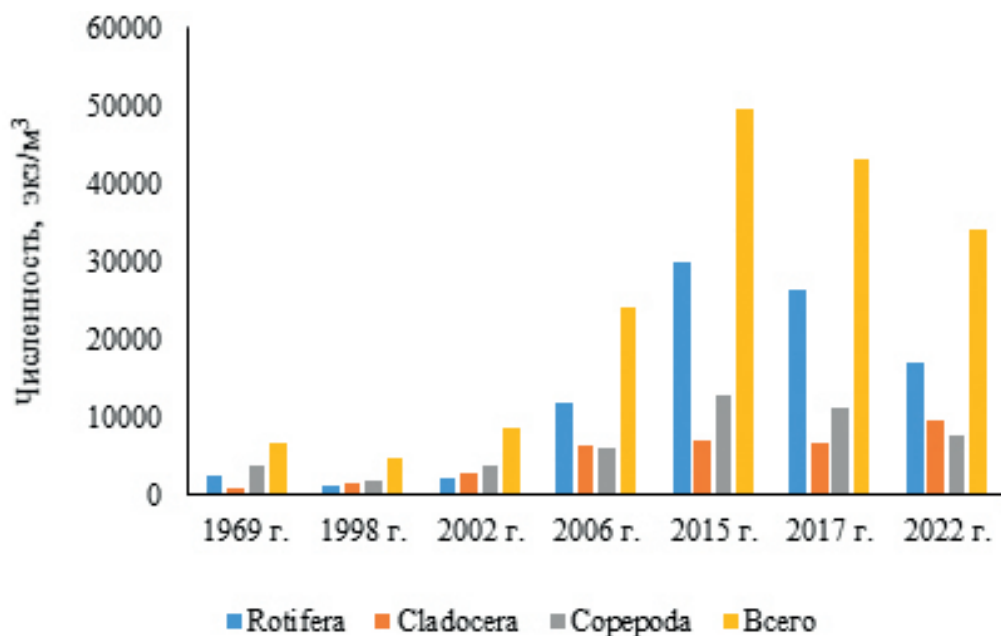


Рисунок 3. Многолетняя динамика численности зоопланктона оз. Нижний Кольсай, график построен с использованием данных [1,2,5,18]

Противоположные тенденции были зарегистрированы в изменении структуры зоопланктонных сообществ в водохранилище Текес. За период исследования (2009, 2011, 2022 гг.) в видовом составе зоопланктона водохранилища Текес в общей сложности было зарегистрировано 72 вида. Было отмечено уменьшение видов от 51 в 2009 г. до 17 видов в 2022 г. Постоянными видами были коловратки *Keratella quadrata*, *Lecane luna*, ракообразные *Alona rectangula*, *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Chydorus sphaericus* и *Mesocyclops leuckarti*. Наиболее схожий видовой состав зоопланктонных сообществ был между 2009 и 2011 годами (рисунок 4). В 2022 г. сходство видового состава с предыдущими годами исследований было ниже. Изменения видового состава зоопланктона произошли за счет выпадения ветвистоусых и зарослевых коловраток. Средняя численность зоопланктона в 2009 и 2022 гг. находилась на постоянном уровне, составив 11751 и 11081 экз/м³, соответственно. В 2011 г. величина показателя была на порядок меньше – всего 2119 экз/м³.

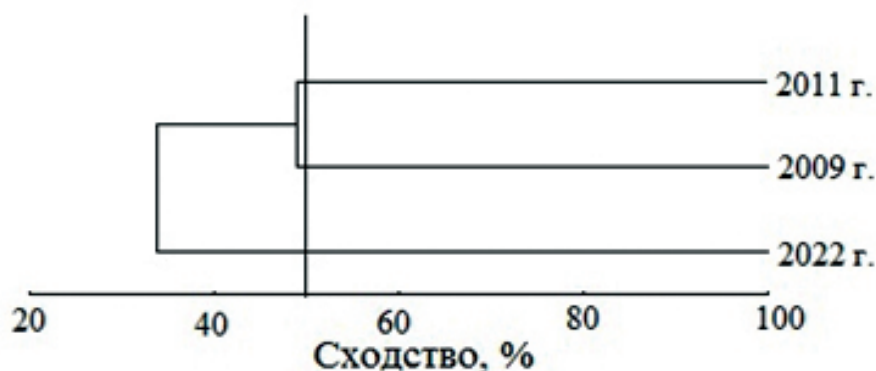


Рисунок 4. Сходство зоопланктонных сообществ водохранилища Текес в период с 2009 по 2022 гг.

Выводы

Таким образом, в составе зоопланктона трех горных водоемов Северного Тянь-Шаня был зарегистрирован 41 вид планктонных беспозвоночных, из которых коловраток – 27, ветвистоусых – 7, веслоногих – 6, факультативных планктеров – 1. Фоновыми видами являлись коловратки *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*, *Synchaeta stylata*, *Polyarthra vulgaris*, *Notholca acuminata*, ветвистусые *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. Численность зоопланктона варьировала в пределах 11081–69061 экз/м³, при биомассе от 11,7 до 700,2 мг/м³. По численности доминировали коловратки или веслоногие. Основу суммарной биомассы повсеместно формировали ветвистоусые ракообразные. В Нижнем Кольсае основной вклад в формирование количественных показателей зоопланктона вносили коловратка *Keratella cochlearis*, кладоцеры *Daphnia (Daphnia) galeata*, *Daphnia (Daphnia) longispina* и циклоп *Cyclops vicinus*. В Бестюбинском водохранилище доминирующая роль принадлежала коловраткам *Polyarthra luminosa*, *Polyarthra vulgaris*, ракообразным *Bosmina (Bosmina) longirostris*, *Daphnia (Daphnia) galeata*. В водохранилище Текес доминировали *Keratella quadrata* и *Bosmina (Bosmina) longirostris*. Многолетняя динамика зоопланктона в водохранилище Текес и оз. Нижний Кольсай была противоположной по направленности. Рост видового богатства и количественных показателей зоопланктона в оз. Нижний Кольсай можно связать с увеличением рекреационной нагрузки на водосборную территорию и обогащением водной экосистемы биогенными элементами. В водохранилище Текес, напротив, видовое богатство зоопланктона снизилось в три раза, при неизменной численности. Помимо органической и рекреационной нагрузки на водосборную территорию, существенное влияние на межгодовую изменчивость структуры зоопланктонных сообществ горных водоемов оказывали гидрологические факторы.

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта «BR10965224 – Разработка кадастра животного мира Северного Тянь-Шаня для сохранения его генетического разнообразия» (2021-2023гг.).

Список литературы

1. Хусаинова Н.З. Гидробиология горных озер бассейна реки Чилик // Вестник АН КазССР. – 1947. – №9(30). – С. 68-70.
2. Курмангалиева Ш.Г. Сезонная динамика зоопланктона оз. Нижний Кульсай // Биологические науки. – 1974. – Вып. 7. – С. 87-91.
3. Смирнова Д. А. Состояние зоопланктоценозов озер Средний и Нижний Кульсай (бассейн р. Чилик) в период начала их рекреационного использования // Вестник КазГУ. Серия Биологическая. – 2000. – №4. – С. 54-60.
4. Сливинский Г.Г., Крупа Е.Г., Лопатин О.Е., Мамилов Н.Ш., Приходько Д.Е. Эколого-токсикологическая характеристика и состояние водной фауны Текесского водохранилища // Вестник КазНУ. Серия Экологическая. – 2010а. – № 1. – С. 79-88.
5. Krupa E.G., Barinova S.S., Romanova S.M. Zooplankton Size Structure in the Kolsay Mountain Lakes (Kungei Alatau, Southeastern Kazakhstan) and Its Relationships with Environmental Factors // Water Resources. – 2019. – 46(3). – Р. 403-414. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0097807819030126>.
6. Березовиков Н.Н. Орнитофауна Текесского водохранилища (Центральный Тянь-Шань) // Selevinia. – 2008. – №1140. – С. 239-242.
7. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. – Ленинград: Наука, 1964. – 744 с.
8. Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Косс М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. – Санкт-Петербург: Наука, 1991. – 504 с.
9. Рылов В.М. Фауна СССР. Ракообразные. Cyclopoida пресных вод. – Москва: Наука, 1948. – 312 с.

10. Цалолыхин С.Я. (под ред.) Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – Санкт-Петербург: Институт зоологии, 1995. – Вып. 2. – 628 с.
11. Винберг Г.Г., Лаврентьев Г.М. Зоопланктон и его продукция. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. – Ленинград, 1984. – 34 с.
12. Балущкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных. В кн: Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр. – Ленинград: Зоологический институт, 1979. – С. 58-79.
13. Bray J.R., Curtis J.T. An Ordination of Upland Forest Communities of Southern Wisconsin // Ecol. Monogr. – 1957. – V. 27. – P. 325-349.
14. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977. – 541 с.
15. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – Москва: НПО «Альтернатива», 1995. – 618 с.
16. Гусева Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. – Москва: Социально-экологический союз. – 2002. – 148 с.
17. Зенин А.А., Белоусова Н.Б. Гидрохимический словарь. – Ленинград: Гидрометеоиздат, – 1988. – 239 с.
18. Krupa E.G., Barinova S.M., Romanova S.M., Malybekov A.B. Hydrobiological assessment of the high mountain Kolsay Lakes (Kungey Alatau, Southeastern Kazakhstan) ecosystems in climatic gradient // British Journal of Environment and Climate Change. – 2016. – Vol. 6(4). – P. 259-278. DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/BJECC/2016/26496>.

Е.Г. Крупа¹, М.О. Аубакирова², Е.М. Аргынбаева¹, С.М. Романова¹

¹Зоология институты, Алматы, Қазақстан

²Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы, Алматы, Қазақстан

Солтүстік Тянь-Шань таулы су айдындарының зоопланктон құрылымы және гидрохимиялық сипаттамалары

Аңдатпа. Солтүстік Тянь-Шаньның үш тау су қоймасының (Төменгі Көлсай көлі, Текес су қоймасы және Бестөбе су қоймасы) гидрохимиялық көрсеткіштері мен зоопланктон құрылымын зерттеу 2022 жылдың тамызында жүргізілді. гидрохимиялық талдау барлық су қоймаларындағы судың тұщы, жұмсақ, карбонатты класс, екінші типтегі кальций тобының екенін көрсетті. Оңай тотығатын органикалық заттардың орташа мөлшері 5,6–7,6 мг/дм³, нитрит азоты – 0,011–0,044 мг/дм³, нитрат азоты – 0,274–0,830, аммоний азоты – 0,045–0,091, фосфаттар – 0,023–0,031, темір – 0,090–0,166, кремний – 3,0–5,4, марганец – 0,011–0,025 мг/дм³ жетті. Зоопланктон 41 түрмен ұсынылған. Зоопланктон саны 11081-69061 дана/м³ аралығында өзгерді. Зоопланктонның биомассасы 11,7–700,2 мг/м³-ке жетті. Брей-Кертис индексі есептеуге негізделген кластерлік талдау соңғы елу жылдағы планктондық омыртқасыздардың түрлік құрамының өзгеруін көрсетті. Планктондық омыртқасыздардың сандық көрсеткіштерінің артуы аясында төменгі Көлсайда түр байлығының өсуі көлге және оған іргелес жер аумағына рекреациялық жүктеменің артуына байланысты. Текес су қоймасындағы түрлердің байлығы мен зоопланктон санының төмендеуі маусымдық және жылдық аспектідегі су деңгейінің күрт өзгеруіне және оны қоректік заттармен байытылмаған өзен суымен мезгіл-мезгіл толтыруға байланысты болуы мүмкін.

Түйін сөздер: зоопланктон, тау тоғандары, көптігі, биомассасы, Солтүстік Тянь-Шань.

Ye.G. Krupa¹, M.O. Aubakirova², Ye.M. Argynbayeva¹, S.M. Romanova¹

¹Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan

²Research and production center of fish industry, Almaty, Kazakhstan,

Zooplankton structure and hydrochemical characteristics of mountain reservoirs of the northern Tien-Shan

Abstract. The study of hydrochemical parameters and zooplankton structure of three mountain reservoirs of the Northern Tien Shan (Lower Kolsai Lake, Tekes and Bestyubinskoe reservoirs) was carried out in August 2022. Hydrochemical analysis showed that the water in all reservoirs is fresh, soft, carbonate class, calcium group of the second type. The average content of easily oxidizing organic substances reached 5.6–7.6 mg/dm³, nitrite nitrogen – 0.011–0.044 mg/dm³, nitrate nitrogen – 0.274–0.830, ammonium nitrogen – 0.045–0.091, phosphates – 0.023–0.031, iron – 0.090–0.166, silicon – 3.0–5.4, manganese – 0.011–0.025 mg/dm³. Zooplankton was represented by 41 species. Zooplankton abundance varied between 11081–69061 ex/m³. Zooplankton biomass reached 11.7–700.2 mg/m³. Cluster analysis based on the calculation of the Bray-Curtis index showed changes in the species composition of planktonic invertebrates over the past fifty years. The growth of species richness in the Lower Kolsai against the background of an increase in the quantitative indicators of planktonic invertebrates is due to the increasing recreational load on the lake and the adjacent land area. The decrease in the species richness and abundance of zooplankton in the Tekes reservoir may be due to sharp fluctuations in the water level in the seasonal and interannual aspect and its periodic filling with river water not enriched with nutrients.

Keywords: zooplankton, mountain reservoirs, abundance, biomass, Northern Tien-Shan.

References

1. Husainova N.Z. *Gidrobiologiya gornyh ozer bassejna reki Chilik*, Vestnik AN KazSSR [Hydrobiology of the Chilik river basin of mountain lakes, Vestnik AN KazSSR], 9(30), 68-70 (1947). [in Russian]
2. Kurmangalieva SH.G. *Sezonnaya dinamika zooplanktona oz. Nizhnij Kul'saj*, Biologicheskie nauki [Kurmangalieva Sh.G. Seasonal dynamics of zooplankton. Nizhny Kulsai, Biological science], 7, 87-91 (1974). [in Russian]
3. Smirnova D. A. *Sostoyanie zooplanktocenozov ozer Srednij i Nizhnij Kul'saj (bassejn r. CHilik) v period nachala ih rekreacionnogo ispol'zovaniya*, Vestnik KazGU. Seriya Biologicheskaya [State of zooplanktocenoses in lakes Middle and Lower Kulsay (Chilik River basin) during the period of the beginning of their recreational use, Vestnik KazGU. Biological Series], 4, 54-60 (2000). [in Russian]
4. Slivinskij G.G., Krupa E.G., Lopatin O.E., Mamilov N.SH., Prihod'ko D.E. *Ekologo-toksikologicheskaya harakteristika i sostoyanie vodnoj fauny Tekesskogo vodohranilishcha*, Vestnik KazNU. Seriya ekologicheskaya [Ecological and toxicological characteristics and state of the aquatic fauna of the Tekes reservoir, Vestnik KazNU. Ecological series], 1, 79-88 (2010a). [in Russian]
5. Krupa E.G., Barinova S.S., Romanova S.M. *Zooplankton Size Structure in the Kolsay Mountain Lakes (Kungei Alatau, Southeastern Kazakhstan) and Its Relationships with Environmental Factors*, Water Resources, 46(3), 403-414 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1134/S0097807819030126>.
6. Berezovikov N.N. *Ornitofauna Tekesskogo vodohranilishcha (Central'nyj Tyan'-SHan')*, Selevinia [Avian fauna of the Tekes reservoir (Central Tien Shan), Selevinia], 1140, 239-242 (2008). [in Russian]
7. Kutikova L.A. *Kolovratki fauny SSSR [Rotifers of the fauna of the USSR]* (Leningrad: Nauka, 1964, 744 s.) [Leningrad: Nauka, 1964, 744 p.]. [in Russian]
8. Boruckij E.V., Stepanova L.A., Koss M.S. *Opredelitel' Calanoida presnyh vod SSSR [Key to Calanoida fresh waters of the USSR]* (Sankt-Peterburg: Nauka, 1991, 504 s.) [St. Petersburg: Nauka, 1991, 504 p.]. [in Russian]
9. Rylov V.M. *Fauna SSSR. Rakoobraznye. Cyclopoida presnyh vod [Fauna of the USSR. Crustaceans. Freshwater Cyclopoida]* (Moskva: Nauka, 1948, 312 s.) Moscow: Nauka, 1948, 312 p. [in Russian]
10. Calolihin S.YA. *Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]* (Sankt-Peterburg: Institut zoologii, 1995, 628 s.) [St. Petersburg: Institute of Zoology, 1995, 628 p.]. [in Russian]

11. Vinberg G.G., Lavrent'ev G.M. Zooplankton i ego produkciya. Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemah [Zooplankton and its products. Methodological recommendations for collecting and processing materials during hydrobiological studies in freshwater bodies] (Leningrad, 1984, 34 s.). [in Russian]
12. Balushkina E.V., Vinberg G.G. Zavisimost' mezhdu dlinoj i massoj tela planktonnyh rakoobraznyh. V kn: Eksperimental'nye i polevye issledovaniya biologicheskikh osnov produktivnosti ozyor [The relationship between length and body weight of planktonic crustaceans. In: Experimental and field studies of the biological basis of lake productivity] (Leningrad: Zoologicheskij institut, 1979, 58-79 s.) [Leningrad: Zoological Institute, 1979, 58-79 p.]. [in Russian]
13. Bray J.R., Curtis J.T. An Ordination of Upland Forest Communities of Southern Wisconsin, Ecol. Monogr., 27, 325-349 (1957).
14. Semenov A.D. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi [Manual for the chemical analysis of terrestrial surface waters] (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 541 s.). [in Russian]
15. Fomin G.S. Voda. Kontrol' himicheskoy, bakterial'noj i radiacionnoj bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam [Control of chemical, bacterial and radiation safety according to international standards] (Moskva: NPO «Al'ternativa», 1995, 618 s.) [Moscow: NPO "Alternative", 1995, 618 p.]. [in Russian]
16. Guseva T.V. Gidrohimiicheskie pokazateli sostoyaniya okruzhayushchej sredy [Hydrochemical indicators of the state of the environment] (Moskva: Social'no-ekologicheskij soyuz, 2002, 148 s.) [Moscow: Social-Ecological Union, 2002, 148 p.]. [in Russian]
17. Zenin A.A., Belousova N.B. Gidrohimiicheskiy slovar' [Hydrochemical dictionary] (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988, 239 s.). [in Russian]
18. Krupa E.G., Barinova S.M., Romanova S.M., Malybekov A.B. Hydrobiological assessment of the high mountain Kolsay Lakes (Kungey Alatau, Southeastern Kazakhstan) ecosystems in climatic gradient, British Journal of Environment and Climate Change, 6(4), 259-278 (2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.9734/BJECC/2016/26496>.

Сведения об авторах:

Крупа Е.Г. – доктор биологических наук, заведующий лабораторией гидробиологии и экотоксикологии, Институт зоологии, Алматы, Казахстан.

Аубакирова М.О. – PhD, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии, Научно-производственный центр рыбного хозяйства, Алматы, Казахстан.

Аргынбаева Е.М. – научный сотрудник лаборатории гидробиологии и экотоксикологии, Институт зоологии, Алматы, Казахстан.

Романова С.М. – доктор географических наук, главный научный сотрудник лаборатории гидробиологии и экотоксикологии, Институт зоологии, Алматы, Казахстан.

Krupa Ye.G. – Doctor of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan.

Aubakirova M.O. – PhD, Senior Researcher at the Laboratory of Hydrobiology, Fisheries Research and Production Center, Almaty, Kazakhstan.

Argynbayeva Ye.M. – Researcher at the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan.

Romanova S.M. – Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology, Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan.

Ж.Г. Берденов¹, А.Ж. Нурсафина^{1*}, Ж.И. Инкарова¹,
П.С. Дмитриев², К.М. Асылбеков³, К.М. Сагинов¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан

³Ө. Марғұлан атындағы археология институты, Астана, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: nakmaral@mail.ru

Астана қаласының саябақ аймақтарының флорасын талдау

Аңдатпа. Ғылыми мақалада Астана қаласының саябақ аймақтарының флорасы жан-жақты зерттелген. Қалалық инфрақұрылымның қарқынды өсуі мен жасыл аймақтар қатарының кеңейуіне байланысты, флораны зерттеу қала экожүйесін басқару мен сақтаудың негізгі аспектісіне айналады. Зерттеу жұмыстары Астананың әртүрлі саябақтары мен скверлеріндегі өсімдіктер жамылғысы үлгілерін жинау мен оларға систематикалық талдау жүргізуді қамтиды. Өсімдіктер қауымдастығының құрамын және түрлік алуантүрлілігін анықтау үшін таксономия, фитосоциология және экология әдістері қолданылды.

Зерттеу нәтижелері Астана саябақтарындағы биоалуантүрліліктің маңыздылығын және оның қоршаған ортаның сапасына әсерін көрсетеді. Флораны талдау индикаторлық түрлерді анықтауға және жасыл аймақтарды басқаруды жақсарту мен қаланың табиғи ресурстарын сақтау үшін ақпараттармен қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Ғылыми мақалада, қалалық жоспарлау және Астана қаласының тұрақты дамуы үшін құнды деректер мен ұсыныстар берілген, сонымен қатар қалалық экология және табиғи ресурстарды басқару саласының одан әрі зерттеулеріне негіз бола алады.

Түйін сөздер: Астана қаласы, агломерация, саябақ аймағы, биотоптар, биоалуантүрлілік.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-109-119>

Кіріспе

Қала—бұл табиғи және антропогендік динамикалық өзара әрекеттесетін субжүйелердің күрделі жүйесі. Қалалық орта өте ерекше, оның негізгі айырмашылықтарының бірі антропогендік факторлармен анықталатын дискреттілігі: оның қасиеттері бір-біріне жақын орналасқан шағын аудандарда айтарлықтай ерекшеленеді. [1].

Қалалардың өсімдік жамылғысы экологиялық, эстетикалық және рекреациялық құндылығы жоғары негізгі органикалық компонент болып табылады. Қала өсімдіктері, әсіресе ағаштар, микроклиматқа оң әсер етеді және ауадан шаң мен ластаушы заттарды сіңіріп, шу факторын төмендететін сүзгі болып табылады [2]. Урбаноология саласында техногендік ластанудың стресстік жағдайында ағаш өсімдіктерінің төзімділігі әлсірейтіні туралы көптеген дәлелдер бар [3].

Қалалық экожүйелер индустрияға дейінгі дәуірде табиғи процестердің циклдық айналымын қамтамасыз етті және сол арқылы биосфералық функцияларды атқарды. Ғылыми-техникалық революция биосфера эволюциясының ығысуына әкелді, бұл процесс табиғи және оған жақын табиғи ортамен бірге өзара әрекеттесу нысаны болып табылатын

жасанды орта – урбозкожүйенің, яғни, биосфера дамуының қазіргі кезеңіндегі қоғам мен табиғаттың өзара әрекеттесу формасы болып табылатын көрініснен туындаған. [4]. Антропогендік өзгеріске ең көп ұшыраған қоныстану аймақтарының бұл өзара әрекеттесуін жақсы көрсетеді. Мұнда табиғат компоненттеріне антропогендік әсері топырақтың физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруімен (топырақ горизонттарының тығыздалуы мен өзгеруі, мұзға қарсы реагенттерді қолдану нәтижесінде тұздану және т.б.), атмосфераның ластануымен және адамның табиғи орта компоненттеріне тікелей әсерімен байланысты [5].

Бүгінгі таңда өсімдік жамылғысына антропогендік әсерді зерттеудің ең өзекті міндеттерінің бірі өсімдіктер жамылғысы синантропизациясы процесінің теріс салдарының тұтас кешеніне әкелетін көп өлшемді құбылыс ретінде қарастыру болып табылады. Бізге белгілі жұмыстардың көпшілігі (Ильминский, 1992; Ишбердина 1992; Березуцкий, 1999; Ишбирдин, 2001; Едренкина, 2005; Соколова, 2006; Нигметова, 2007; және т.б.) негізінен қалалардың флорасын немесе олардың жеке фракцияларын зерттеуге арналған. Бұл жұмыстарда флористикалық құрамға, синантропты флора мен өсімдіктердің қалыптасу заңдылықтарына, адамның әсеріне талдау жүргізіліп, және де қорғау мәселелері талқыланған [6]. Зерттеу нәтижелері синантропты өсімдіктер жамылғысының жіктелуіне негіз болған, қалалық өсімдіктердің қалыптасуына Жер қабығының ерекше өсімдік компоненті ретінде қарастыратын басқа да жұмыстар белгілі (Савченко, 2004; Инфантов, Золотухин, 2009).

Қалада адамдардың өмір сүру ортасын жақсартудың бір жолы – көгалдандыру. Қоныстану аумағын көгалдандыру жақын орналасқан табиғи экожүйелермен қатар (ормансаябақтары, саябақ аймақтары) тұрғын орта сапасының маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Ашық грунттың жасыл желектері ғимараттың айналасында немесе тұрғындық шағынауданда микроклимат қалыптастырады [1].

Өсімдіктердің ассортиментін таңдау және орналастыру тұрғысынан сауатты жүзеге асырылған көгалдандыру қала құрылысының микро климатын едәуір жақсартады. Экологиялық және агротехникалық ғылымдардың жетістіктері негізінде және ландшафты дизайн ережелеріне сәйкес жасалған қалалық көгалдандыру тұрғын аудандардың аэрациясын қалыпқа келтіреді, шамадан тыс желдетуді болдырмайды, ауа температурасы мен ылғалдылығын оңтайландырады, ауадағы оттегі мен фитонцидтердің көбеюіне ықпал етеді. Мұның бәрі қалалық ортаның санитарлық жағдайына пайдалы әсер етеді [7].

Саябақ аумақтары қоршаған ортаға бағытталған функциялардың тұтас кешенін орындайды: оттегі бөлінуін арттырады, ластаушы заттарды сіңіреді, топырақтың үстіңгі қабатын жаңбырдан және жауын суынан қорғайды, адамдар үшін қолайлы орта жасайды: күйзелісті, шаршауды азайтады, шуды төмендетеді және т.б. Жоғары экологиялық және эстетикалық функциялары бар саябақ аймақтарын құру міндеті, табиғи және антропогендік факторлар кешеніне сәйкес келетін ағашқұрамды іріктеу арқылы шешіледі.

Зерттеудің мақсаты. Далалық экспедициялық, флористикалық және спутниктік деректер негізінде Астана қаласының саябақ аймақтарының сандық, сапалық және кеңістіктік сипаттамалары туралы деректер алу.

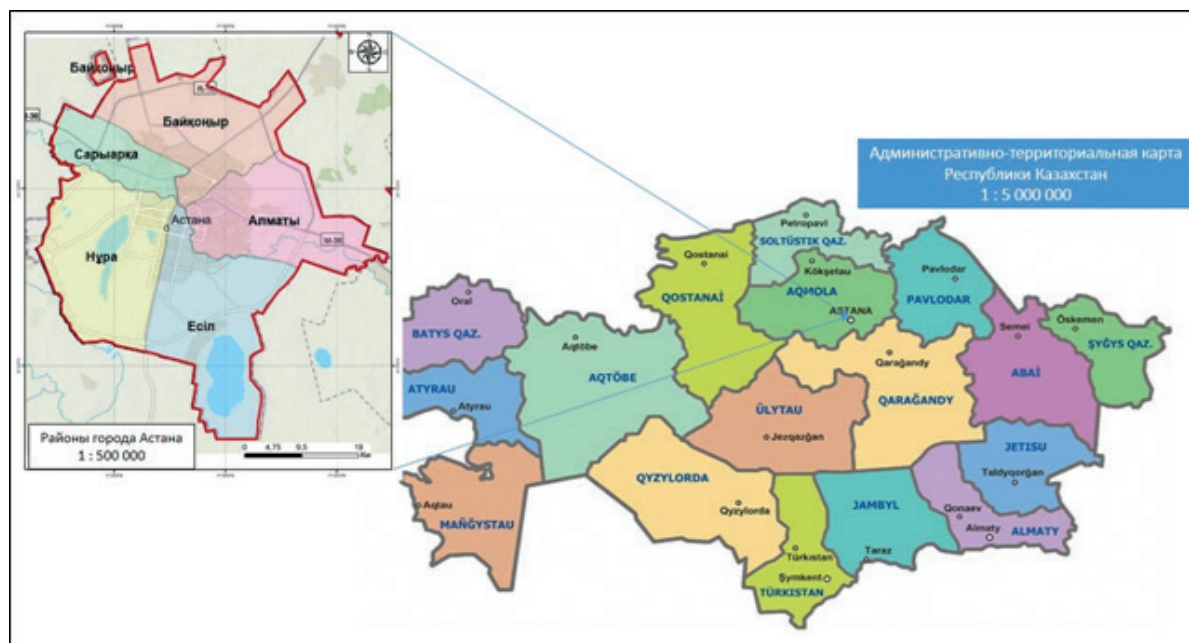
Зерттеу объектілері мен әдістері

Аумақтық байланыстыруға және өсімдік түрлерін анықтауға арналған әдебиеттерге шолу арқылы олардың санының аздығын және осы мәселе бойынша қарастырылып отырған аумақтың жеткілікті зерттелмегендігін көрсетеді. Негізгі ақпарат [Астана агломерациясын аумақтық дамытудың 2017 жылғы 8 қарашадағы №726 өңіраралық схемасына] келтіріледі, сондай-ақ Астана қаласының 2035 жылға дейінгі Бас жоспарына сүйенеді [8].

Бүгінгі таңда қалалар гетеротрофты антропогендік экожүйелер болып табылады. Астана, Қазақстанның ең қарқынды дамып келе жатқан және соңғы 15 жылда халық саны екі еседен астам өскен бас қаласы болып табылады. Астана қаласында 801,54 км² ауданы бойынша халықтың қоныстануы 1 212 077 адамды құрайды [9].

Астана - 1998 жылдың 10 маусымынан бастап Қазақстан Республикасының астанасы болып табылады. Оның координаттары: 51°08' с. е., 71°26' ш. б.

Астана қаланы екі бөлікке – оң жағалау мен сол жағалауға бөлетін, орташа биіктігі 347 м, Есіл (Ишим) өзенінің жағасында әлсіз толқынды дала жазығында орналасқан (сурет 1).



Сурет 1. Астана қаласының әкімшілік-аумақтық картасы

Астана қаласы дала табиғи экожүйесінің шегінде орналасқан. Урбанизацияланған аумақ қазақтың ұсақ шоқыларының батыс шеттерін алып жатыр, олар денудация және үгілу процестерімен тегістелген және негізінен тау жыныстарының бұзылуының борпылдақ өнімдерінің астында қалған ежелгі таулы аумақтың қалдықтарынан тұрады. Қала аласа жайылмалы террассалардан құралған дала жазығында орналасқан және Есіл өзенінің екі жағалауын да алып жатыр. Зерттелетін аймақтың климаты күрт құбылмалы континенттік ауа-райына жатады [10]. Қысы ұзақ, аязды және төмен температурамен бірге жүреді. Жазы құрғақ және ыстық, жиі құрғақшылық байқалады. Суық кезеңнің ұзақтығы – 163-171 күн, жылы кезеңнің ұзақтығы – 194-202 күн. Қыста ауаның орташа жылдық температурасы – -15°C, жазғы уақытта – 20°C. Қыс желтоқсанда басталып, сәуір айының басына дейін созылады, күз өте қысқа, қазанда ауа температурасы -8°C дейін төмендейді. Жылдық жауын-шашын мөлшері шамамен 300 мм. Зерттелетін аймақ ылғалдың айқын жетіспеушілігімен және шаңды дауылдардың болуымен сипатталады.

Жасыл аумақтардың жай-күйі мен динамикасын талдау үшін деректерді алудың көптеген әдістері бар. Алайда, олардың барлығы қалалық жағдайда қолданыла бермейді, өйткені көгалдандырылған аумақтардың құрылымы жеңілдетілген, жасанды түрде құрылған және қалалық құрылыс стандарттарымен реттеледі. Жұмыс 2023 жылдың маусым-қазан айлары аралығында экспедициялық зерттеулер кезінде жиналған материалдарға, сондай-ақ Google Earth және SasPlanet бағдарламаларының спутниктік суреттеріне негізделген. Таңдалған аумақтарда өсетін барлық ағаштар мен биік бұталарды үздіксіз санау әдісі арқылы жасыл алқаптардың егжей-тегжейлі инвентаризациясы жүргізілді. Осы әдіске сәйкес балабақшалар мен мектептердің, ауруханалардың және жол бойындағы көгалдандырудың, сондай-ақ тұрғын үй құрылысы шегіндегі аумақтардың алқаптары зерттелді. Хаотикалық орналасқан өсімдіктері бар ірі өсімдіктер топтары үшін негізінен саябақтарда және кәсіпорындардың санитарлық-қорғау аймақтарында жалпы

белгілі бір топ үшін жалпылама сипаттама қолданылды. 5 саябақ, 5 білім беру мекемелері аумағы, 2 денсаулық сақтау мекемесі, бір санитарлық-қорғау аймағы, 5 ірі автожол (орталық даңғылдары: Абылай хан, Абай, Мәңгілік Ел, Қабанбай батыр, Тұран) және қала шегінде Нұрлы жол станциясынан Астана-1 станциясына дейін өтетін бір теміржол учаскесі зерттелді. Далалық бақылау кезінде объектілердің 20 схемасы жасалды, ағаш және бұта түрлерін сипаттайтын 25 бланкі және 20 геоботаникалық сипаттама толтырылды. Зерттелген 30 объектінің әрқайсысы бойынша олардың қала құрылысы регламенттеріне сәйкестігі тұрғысынан кестелер жасалды.

Өсімдіктер қауымдастығының және олардың кешендерінің биолалуантүрлілігі, ең алдымен, Уиттекердің [11] және қазіргі экологияда классикаға айналған альфа, бета және гамма әртүрлілігі арқылы бағаланады.

Түрлердің алуантүрлілігін талдауға арналған материал белгіленген өлшемдегі аумақтардағы типтік геоботаникалық сипаттамалар болып табылады. Орман қауымдастығын талдау кезінде алаңның мөлшері әдетте 25, 100 немесе 400 м² құрайды. Аумақта өсімдік жамылғысының әр деңгейінде әр түрдің көптігі ескеріледі.

Нәтижелер мен талқылаулар

Әдістемелерді зерттеу нәтижесінде жасыл алқаптардың қолданылу мақсаты бойынша бөлінуі айқындалып және анықталды, осылайша біз өсімдіктер қауымдастығын келесідей үш санатқа жіктедік:

1) жалпыға ортақ пайдалану алқаптары — қаланың барлық тұрғындарына қолжетімді жасыл алқаптар – мәдениет және демалыс саябақтары, жалпы қалалық және аудандық маңызы бар орталық саябақтар, ормансаябақтары мен саябақ-қорықтар, балалар саябақтары, қалалық бақтар, гүл бақтары, желекжолдар, көшелердегі және қоғамдық мекемелер жанындағы алқаптар. Осы санаттағы алқаптар жаяу жүргіншілерді шудан, шаңнан, шамадан тыс күн радиациясынан қорғайды, халықтың ұзақ және қысқа мерзімді демалысы үшін жағдайларды жақсартуға және бұқаралық мәдени-ағарту, саяси, ойын-сауық іс-шараларын, дене шынықтыру сабақтарын және халық арасында сауықтыру жұмыстарын ұйымдастыруға көмектеседі; бұл қаланы көгалдандыру дәрежесінің ең маңызды көрсеткіші. Бір тұрғынға 20-30 м³ немесе одан да көп қоғамдық жасыл алаңы бар қаланы жақсы көгалдандырылған деп санауға болады;

2) шектеулі пайдалануға арналған алқаптар – мекемелер мен кәсіпорындардың аумағында орналасқан жасыл алқаптар – оқу орындары, балалар мекемелері, клубтар, мәдениет үйлері, ғылыми-зерттеу мекемелері, ауруханалар мен емдеу-профилактикалық мекемелер жанында, кварталішілік алқаптар (шағын аудандардың бақтарын қоспағанда) және т.б.. Жасыл алқаптардың бұл санаты ашық ауада дене шынықтырумен айналысу үшін, балалар ойындарын өткізуге, емдік және профилактикалық шараларда, арнайы зерттеулер және адамдардың жұмыстағы үзіліс кезінде демалуы үшін пайдаланылады;

3) арнайы мақсаттағы алқаптар – қолайсыз табиғат құбылыстарынан қорғайтын өнеркәсіптік кәсіпорындардағы күзет аймақтары, су қорғау аймақтары, қорғаныш-мелиоративтік мақсаттағы өртке қарсы алқаптар, көшелер, автомобиль жолдары бойындағы, арнайы объектілер жанындағы алқаптар, питомниктер, гүл шаруашылықтары, ботаникалық және зоологиялық бақтар. Осы санаттағы жасыл желектер өнеркәсіптік кәсіпорындардың, көліктің қоршаған ортаға теріс әсерін азайтады, желден, қардан және құмды дауылдардан қорғайды, оттың, түтіннің, сел ағындарының таралуына жол бермейді, су объектілерін ластанудан және шамадан тыс буланудан қорғайды, ландшафт қалыптастырады.

Астана қаласы аласа жайылмалы террассалардан құралған дала жазығында орналасқан және Есіл өзенінің екі жағалауын да алып жатыр. Астана қаласының топырақ жамылғысы Есіл-Нұра аймағына кіреді, ол қара каштан, шалғынды-каштан, шалғынды, жайылмалы, шалғынды-батпақты каштан, батпақты каштан топырақтарынан, сортаңдардан,

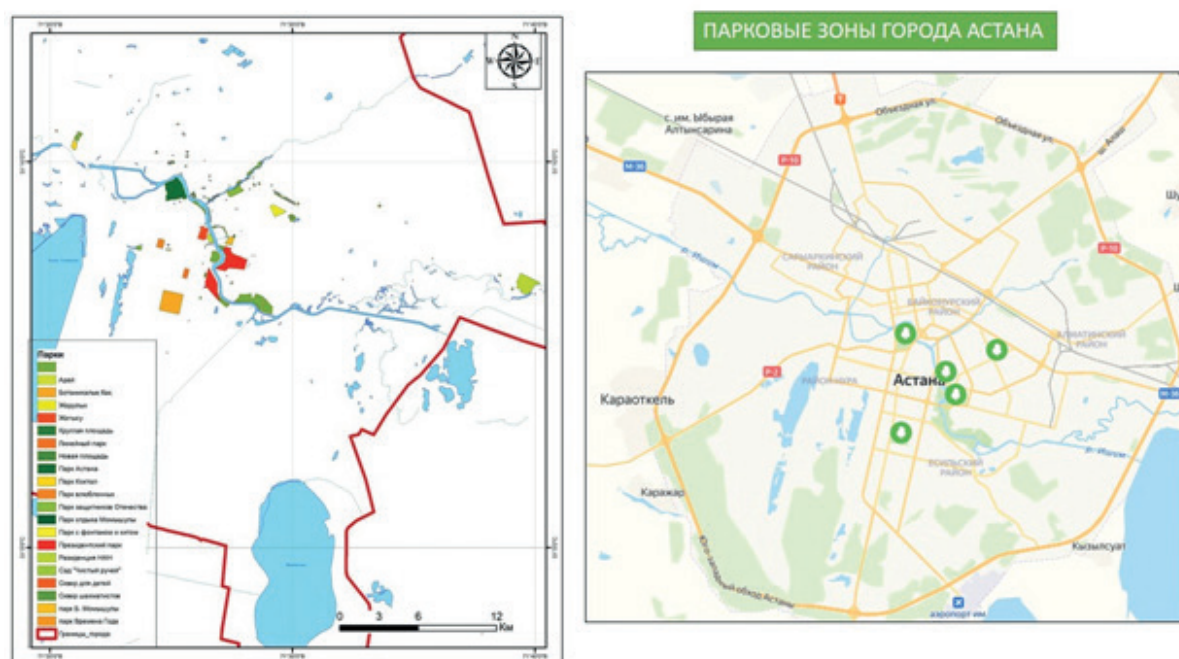
урбаземдерден тұрады. Астана қаласының өсімдік жамылғысы өте алуан түрлі, мұнда 40 шақты тұқымдасқа жататын өсімдіктердің 300-ге жуық түрі өседі, оның ішінде астралылар (50), астық тұқымдастар (65), бұршақ тұқымдастар (60), алаботалар (51) [12].

Астана қаласының аумағы толығымен дерлік дала аймағында орналасқан, онда 50-ші жылдардың басында тың және тыңайған жерлерді жаппай жыртуға дейін бозды-бетегелі дала басым болды. Бұл далалардың адам қолы тимеген учаскелері, негізінен қаланың шетінде қайың тоғайлары, көптеген тұщы көлдердің маңында және өзен мен сай аңғарларының жұмсақ беткейлерінде, шалғынды өсімдіктер сақталған [13].

Есіл өзені мен Нұра өзенінің жайылмалық террасаларында бидайықты, қамысты, айрауықты шалғындарының шығанақты үлкен массивтері бар, олардың кей жерлері бағалы шабындықтар ретінде пайдаланылатын галофитті шалғындарымен біріктірілген.

Дала қауымдастықтары (боз-бетегелі, жусанды-бетегелі, шөпті-шалғынды) негізінен тау бөктеріндегі жазықтарда, қыраттар беткейлері мен аласа тауларда таралған. Рельефтің көптеген төбе аралық ойпаңдарында ұсақ шоқылардағы шабындық өсімдіктер, сондай-ақ орманды өсімдіктердің түрлері кездеседі [14].

2023 жылдың мамыр-қазан айлары аралығында жұмыс тобы Астана қаласының орталық бөлігінде шоғырланған 5 саябақ аймағын зерттеді (сурет 2). Астана қаласындағы қалалық өсімдіктердің жай-күйін бағалау үшін жердегі зерттеулер қашықтықтан зондтаумен біріктірілді.



Сурет 2. Астана қаласының саябақ аймақтарының картасы

Саябақ аймағы бар ботаникалық бақ – 92 га, оның 63 га – жасыл алқап. 17,7 га ғылыми аймаққа арналған (онда Интродукция бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілетін ҒЗИ ғимараттары, жабық шыны оранжериясы (кактустардың 3000-нан астам түрі)). Ботаникалық бақта барлығы 34 мың ағаш және 86 мың бұта отырғызылды. Сондай-ақ, ботаникалық бақтың аумағында Астанадағы ең үлкен субұрқақ бар.

Жетісу саябағы – бұрын саябақ «Арай» деп аталса, 2018 жылы қазақ тілінен сөзбе-сөз аударғанда «жеті өзен» деп аударылатын «Жетісу» деп өзгертілді. «Жетісу» (орысша атауы Семиречье) – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы облыс. Бұрын ол Алматы облысына

кірген, бірақ 2022 жылы ол бөлініп шығып, жаңа облыс – Жетісу облысы болып құрылды. 2018 жылы Астана 20 жылдық мерейтойын атап өткенде, «Бақыт», «Апорт», «Жетісу жүрегі» мүсіндік композициялары бар «Апорт алаңы» саябақтың басты символына айналған «Жетісу» саябағы Алматы облысынан берілген сыйлық болды. Саябақта 400-ге жуық алма ағаштары бар. «Жетісу» саябағының жалпы ауданы 15 гектарды құрайды, онда жамылғының 90% жасыл алқаптар алып жатыр. 2018 жылы саябақта ауру және қураған ағаштарды санитарлық кесіп қысқарту және шабу сияқты күрделі тазалау жұмыстары жүргізілді. Қазір саябақта 20000 мыңға жуық жасыл желектер бар (ағаштар мен бұталар), негізгілері Сүмбіл терегі (*Populus pyramidalis*), Кәдімгі көктерек (*Populus tremula*), Сібір алма ағашы (*Malus baccata*), Кәдімгі қарағай (*Pinus sylvestris*), Тікенді шырша (*Picea pungens*), Сібір шыршасы (*Picea obovata*) болып табылады.

Орталық саябақ – бұрын «Астана» саябағы деп аталған Астана қаласының орталық және бас саябағы. Орталық саябақ Астананың қақ ортасында орналасқан және 104 гектар аумақты алып жатыр, мұнда жамылғының шамамен 50% жасыл желектер болып табылады. Негізгі түрлері: Кәдімгі қарағай (*Pinus sylvestris*), Қотыр қайың (*Betula pendula*), Қарағаш (*Ulmus pumila*), үйеңкі жапырақты (*Acer negundo*), Бальзамды терек (*Populus balsamifera*), Сүмбіл терегі (*Populus pyramidalis*), Мортылдақ тал (*Salix fragilis*). Негізінен Астананың астаналық саябағы - бұл бүкіл отбасы үшін әдеттегі аттракциондар мен ойын-сауық саябағы, өзен ағып жатқан және канал төселген көптеген қалаларда жаяу жүргіншілер көпірлері, қалалық жағажай бар, ал аумағында көптеген қызықты ескерткіштер мен ерекше субұрқақтар кешені бар.

Жерұйық саябағы. Саябақ қала орталығына жақын, қаланың Алматы ауданы, Қараөткел шағын ауданында орналасқан. Оның атауы «Арман етілген өлке, жерұйық» дегенді білдіреді. Саябақтың жалпы ауданы 21 гектарды құрайды. Жасыл өсімдік жамылғысы 85% құрайды, негізгі өсімдіктер қауымдастығы ағаштар мен бұталардың 11 түрінен тұрады. Зерттеу тобының бағалауы бойынша олардың саны 10 мыңдаған данаға жетеді, оның ішінде Қайың (*Betulaceae*) және Қарағай тұқымдастары (*Pinaceae*) басым. Үлкен саябақты көптеген жолдар мен велосипед жолдары кесіп өтеді, олардың бойында демалуға арналған орындықтар мен мүсіндер бар. Саябақ 2008 жылы ашылды. «Жерұйық» саябағында ерекше назар аударуға тұрарлық екі мүсіндік композиция бар. Бұл туындылар – өмір циклін бейнелейтін «Бәйтерек» ағашы және 2015 жылы Ұлы Жеңістің 70 жылдығы қарсаңында бой көтерген 28 батыр-панфиловшыларға арналған ескерткіш.

Астана президенттік саябағы. Қазақстан астанасында Президенттік саябақ 2008 жылы құрылды. Астана қаласының ең жас саябағы болып табылады. Саябақтың аумағы 80 га құрайды. Жасыл өсімдік жамылғысының (ағаштар мен бұталар) шамамен 40%, негізінен саябақта жас ағаштар мен бұталар, ал 60% шалғынды бақ көгалдары алып жатыр, мұнда негізінен орман қоңырбас (*Poa nemoralis*), шабындық Райграс (*Lolium perenne*), көгентамырсыз бидайық және жатаған бидайық (*Agropyrum tenerum* Vessey, *Elytrigia repens*) түрлері кездеседі. Саябақтың аумағында Бейбітшілік және Келісім сарайы, Орталық субұрқақ және Ақ Орда Президентінің резиденциясы орналасқан. Саябақтың аумағында Бейбітшілік және келісім сарайы, орталық субұрқақ және Ақ Орда Президентінің резиденциясы орналасқан.

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде зерттелген аумақтардың негізгі флористикалық құрамы мен биологиялық алуантүрлілігі анықталды.

Ағаш-бұталы және шөптесін тіршілік формаларынан тұратын жасыл алқап – адамзаттың көпшілігінің тіршілік ету ортасының сапасын өзгерту және жақсарту қабілетіне ие. Астана қаласында барлығы 5 орман-саябақ аймағы зерттелді. Қала саябақтарын талдауы көрсеткендей, қалалық аумақтың өсімдіктері негізінен қаладан тыс жерлерде өсетін өсімдіктерге сәйкес келеді, бірақ айқын шөпті жамылғының болмауы байқалады (кесте 1).

Кесте 1

Астана қаласының гүл бақтары мен саябақтарының флорасы

Тұқымдас	Туыс	Түр
Класс: Қосжарнақтылар (<i>Dicotyledones</i>)		
Талдар (<i>Salicaceae</i>)	Терек (<i>Populus</i>)	Сүмбіл терек (<i>Populus pyramidalis</i>) Кәдімгі көктерек (<i>Populus tremula</i>)
Қайыңдар (<i>Betulaceae</i>)	Қайың (<i>Betula</i>)	Қотыр қайың (<i>Betula pendula</i>)
Зәйтүн (<i>Oleaceae</i>)	Шаған (<i>Fraxinus</i>)	Жасыл шаған (<i>Fraxinus lanceolata</i>)
Астралылар (<i>Asteraceae</i>)	Барқытгүл (<i>Tagetes</i>)	Тік барқытгүл
Раушангүлділер (<i>Rosaceae</i>)	Алмұрт (<i>Pyrus</i>) Алма (<i>Malus</i>) Алхоры (<i>Prunus</i>)	Уссури алмұрты (<i>Pyrus ussuriensis</i>) Сібір алма ағашы (<i>Malus baccata</i>) Далалық шие (<i>Prunus fruticosa</i>)
Класс: Ашықтұқымдылар (<i>Pinophyta</i>)		
Қарағайлар (<i>Pinaceae</i>)	Қарағай (<i>Pinus</i>) Шырша (<i>Picea</i>)	Кәдімгі қарағай (<i>Pinus sylvestris</i>) Тікенді шырша (<i>Picea pungens</i>) Сібір шыршасы (<i>Picea obovata</i>)

Зерттеу жұмыстары барысында әртүрлі санаттағы 61 көгалдандыру объектісінің жай-күйі талданды: 5 жалпы пайдаланымдағы көгалдандырылған аумақ; 5 білім беру мекемелерінің аумағы, 2 денсаулық сақтау мекемесі, бір санитарлық-қорғау аймағы, 5 ірі автожол. Көгалдандырылған аумақтар мен жасыл алқаптарға қойылатын үлестіру, орналастыру, күтіп-ұстау және басқа да талаптар бойынша нұсқауларды анықтау үшін жиырмадан астам нормативтік құқықтық актілерге талдау жасалды. Заңнамалық актілерді талдау нәтижелері бойынша жасыл желектерді бағалау критерийлері анықталды. Жасыл аумақтардың жай-күйін талдау қала құрылысы стандарттарының басым түрде сақталмауын көрсетеді. Жасыл алқаптардың жойылуын болдырмау, олардың функционалдық тиімділігі мен эстетикалық мәнерлілігін арттыру мақсатында қорғау іс-шараларының тұтас кешенін жүргізу арқылы өсімдіктердің тіршілік әрекетін қалпына келтіруге бағытталған араласулар қажет.

Урбанизацияланған аумақтардың өсімдік жамылғысының жағдайы бір мезгілде бірқатар факторлардың әсерінен болады: бір жағынан ол атмосфералық және топырақтың ластануына, антропогендік жүктемеге, екінші жағынан, өсімдік қауымдастығының тұқымдық құрамы мен тұрақтылығына байланысты. Өсімдік жамылғысының жай-күйін зерттеудің маңыздылығы оның басқа табиғи компоненттердің жай-күйінің көрсеткіші ретіндегі маңыздылығымен ғана емес, сонымен бірге қатты ластанған өсімдік аймақтарының белгілі бір кезеңде теріс әсер ету көздеріне айналуымен де анықталады. Қалалардағы жасыл жобалардың үлесі төмен деңгейде, Қазақстан қалалары «жасыл» стандарттарды енгізу бойынша экономикалық дамыған елдерден артта қалып отыр; қалалық кеңістіктерді ұтымды пайдалануға, гүл бақтары мен саябақтар санының өсуіне, қалалардағы «жасыл» құрылысты ұлғайтуға бағытталған урбанизациялық саясатты іске асыру қажет [15].

Жасыл аймақтарда спектрлік индекстердің маусымдық динамикасында және олардың түрлік құрамына, проекциялық жамылғысына, өмірлік және фенологиялық жағдайына байланысты олардың интегралдық көрсеткіштерінде айырмашылықтар бар. Қалалық өсімдіктердің биофилтр функциясын сақтау үшін климаттық сипаттамаларға және ластану факторларына төзімді өсімдіктердің түрлері мен тұқымдарын іріктеп алу керек, сонымен қатар саябақ аймақтарында өсімдіктердің өнімділігін сақтау, флористикалық биоалуантүрлілікті арттыру бойынша тұрақты іс-шаралар жүргізу қажет. Google Earth және SasPlanet бағдарламалары арқылы өсімдіктерді зерттеу жалпы жердегі зерттеу

деректерін растады және зерттелетін саябақтар аумағындағы жасыл аймақтардың өсімдіктерінің маусымдық дамуының жекелеген заңдылықтарын анықтауға, ең өнімді экожүйелерді анықтауға мүмкіндік берді.

Қала фитоценоздарының тамырлы өсімдіктер флорасының барлық компоненттері, соның ішінде ағаш, бұта және шөптесін түрлері зерттелді. Барлығы 100 м² көлемінде 50 алаң орналастырылды. Қалалар төрт қатармен ұсынылғаны анықталды: *Pinus sylvestris*, *Betulaceae*. Қала аумағы бойынша 5 тұқымдасқа бай келеді: талдар (*Salicaceae*), қайыңдар (*Betulaceae*), зәйтүндер (*Oleaceae*), раушангүлділер (*Rosaceae*), қылқан жапырақтылар (*Pinophyta*). Қалған 15 тұқымдастың бірден бірнешеге дейін түрлері бар. Астана қаласының зерттелген аумағының түрлік құрамы 133 туысқа, 47 тұқымдасқа жататын 75 түрден тұрды.

Шөптесін түрлердің ішінде *Impatiens parviflora* DC. жиі кездеседі. (барлық аймақтың 63,3% кездесті). Басқа жиі таралған түрлерге *Stellaria holostea* L., *Ajuga reptans* L. (53,3%), *Geum urbanum* L. (46,6%) жатады. Ағаш-бұта өсімдіктерінің ең көп таралған түрлері: *Pinus sylvestris* L. (80%), *Sorbus aucuparia* L. (63,3%), *Quercus robur* L. (40%), *Picea abies* (L.) H. Karst. (33,3%), *Acer platanoides* L. (33,3%).

Қорыта келе, флористикалық құрамға және көгалдандыруға жүктелген негізгі функцияларды орындауға (санитарлық-гигиеналық, эстетикалық, рекреациялық) қала құрылысының стратегиясы айтарлықтай әсер етеді. Қала аумағында орман өсімдіктерін сақтай отырып, рекреациялық аймақтарды орналастыру кезінде қаланы көріктендіру объектілері үлкен төзімділікпен, орман фитоценоздарына тән, синантропты түрлердің біршама аз алуандығымен, көбінесе сирек кездесетін өсімдік түрлерінің болуымен сипатталады. Қаланы көгалдандырудың дәстүрлі тәсілінде екіншілік орман фитоценоздары көбінесе аймаққа тән емес өздігінен таралатын интродукциялық түрлердің болуымен, сондай-ақ арамшөптердің таралуымен сипатталатын түрлердің алуантүрлілігімен ерекшеленеді.

Қаржыландыру. Бұл зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (Грант № AP19676580).

Әдебиеттер тізімі

1. Чистякова С.Б. Город и природа // Архитектура и градостроительство России. – 2009. – №5. – С. 2-20.
2. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края). – Санкт-Петербург: Грань, 1992. – 36 с.
3. Березуцкий М.А. Антропогенная трансформация флоры // Ботанический журнал. – 1999. – Т. 84(6). – С. 8-19.
4. Инфантов А.А., Золотухин А.И. Синантропизация флоры малого города (на примере г. Балашов) // Поволжский экологический журнал. – 2009. – №3. – С. 190-194.
5. Савченко А.Е. Природа в городе: остаться в живых. Влияние факторов биотопа на городские фитоценозы // Строительный эксперт. – 2004. – №4. – С. 25-32.
6. Соколова И.Г. Синантропная флора города Псков. – Санкт-Петербург, 2006. – 125 с.
7. Евсеева А.А. Особенности состава и структуры парциальных флор городских лесных фитоценозов в зависимости от разных подходов к озеленению // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. – 2012. – Т. 117, №. 3. – С 57-61.
8. Ресми сайт Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі. [Электронды ресурс] – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/487827?lang=ru> (жүгінген күні: 22.09.2023).
9. Ресми сайт ММ «Астана қаласының қоғамдық денсаулық сақтау басқармасы». [Электронды ресурс] – URL: http://densaulyk.astana.kz/index.php?Itemid=142&id=1&lang=ru&layout=blog&limitstart=102&option=com_content&view=category (жүгінген күні: 10.09.2023).
10. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды за 2022 год. – Астана: РГП «Казгидромет», 2023. – 258 с.

11. Robert H. Whittaker. *Communities and Ecosystems*. – Macmillan, 1975. – P. 325. ISBN 0-02-427390-2
12. Латушкина Е.Н., Кудайбергенова А.Е. Видовой состав естественных и искусственных фитоценозов урбанизированной территории: на примере города Астаны Республики Казахстан // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2020. – №03 (57). – С. 9-14.
13. Берденов Ж.Г., Калибекова С., Маханова Н.Б., Илиеш Д.К., Инкарова Ж.И. Ландшафтная структура города Нур-Султан в развитии "Зеленого пояса" // *Вестник Западно-Казахстанского университета имени М. Утемисова*. – 2020. – №4(80). – С. 322-332.
14. Николаев В.А. *Ландшафты азиатских степей*. – Москва: МГУ, 1999. – 288 с.
15. Мұхаметжан С.О. Актуальные проблемы инновационного развития урбанизированных территорий в Республике Казахстан: управленческий аспект // *Central Asian Economic Review*. – 2018. – №3(121). – С. 133- 144.

Ж.Г. Берденов¹, А.Ж. Нурсафина¹, Ж.И. Инкарова¹, П.С. Дмитриев², К.М. Асылбеков³, К.М. Сагинов¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

³Институт археологии им. А.Х. Маргулана, Астана, Казахстан

Анализ флоры парковых зон города Астаны

Аннотация. Научная статья представляет собой комплексное исследование флоры парковых зон города Астаны. В связи с быстрым ростом городской инфраструктуры и расширением зеленых территорий, исследование флоры становится ключевым аспектом управления и сохранения экосистем города. Исследование включает в себя сбор образцов растительности в различных парках и скверах Астаны, а также их систематический анализ. Методы таксономии, фитосоциологии и экологии применялись для определения видового разнообразия и состава растительных сообществ.

Результаты исследования подчёркивают важность биоразнообразия в парках Астаны и его влияние на качество окружающей среды. Анализ флоры позволяет выявить индикаторные виды и обеспечивает информацией для улучшения управления зелёными зонами и сохранения природных ресурсов города. Научная статья представляет ценные данные и рекомендации для городского планирования и устойчивого развития города Астаны, а также служит основой для дальнейших исследований в области городской экологии и управления природными ресурсами.

Ключевые слова: город Астана, агломерация, парковая зона, биотопы, биоразнообразие.

**Zh.G. Berdenov¹, A.Zh. Nursafina¹, Zh.I. Inkarova¹, P.S. Dmitriev²,
K.M. Asylbekov³, K.M. Saginov¹**

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan

³Margulan Institute of Archaeology, Astana, Kazakhstan

Analysis of the park areas flora in Astana

Abstract. The scientific article is a comprehensive study of the flora of park areas of the city of Astana. Due to the rapid growth of urban infrastructure and the expansion of green areas, the study of flora is becoming a key aspect of the management and conservation of city ecosystems. The study includes the collection of vegetation samples in various parks and squares of Astana, as well as their systematic analysis. Methods from taxonomy, phytosociology and ecology were used to determine species diversity and composition of plant communities.

The study results highlight the importance of biodiversity in Astana parks and its impact on environmental quality. Flora analysis identifies indicator species and provides information to improve the management of green spaces and conserve the city's natural resources. The scientific article provides valuable data and recommendations for urban planning and sustainable development of the city of Astana, and serves as a basis for further research in the field of urban ecology and natural resource management.

Keywords: Astana city, agglomeration, park area, biotopes, biodiversity.

References

1. Chistjakova S.B. Gorod i priroda [City and nature]. Arhitektura i gradostroitel'stvo Rossii [Architecture and urban planning of Russia], 5, 2-20 (2009). [in Russian]
2. Il'minskih N.G. Florogenez v usloviyah urbanizirovannoj sredy (na primere gorodov Vjatsko-Kamskogo kraja) [Florogenesis in an urban environment (using the example of cities in the Vyatka-Kama region)] (Gran, SPb, 1992, 36 p.). [in Russian]
3. Berezuckij M.A. Antropogennaja transformacija flory [Anthropogenic transformation of flora], Botanicheskij zhurnal [Botanical journal], 84 (6), 8-19 (1999). [in Russian]
4. Infantov A.A., Zolotuhin A.I. Sinantropizacija flory malogo goroda (na primere g. Balashov) [Synanthropization of the flora of a small city (using the example of Balashov)], Povolzhskij jekologicheskij zhurnal [Volga Ecological Journal], 3, 190-194 (2009). [in Russian]
5. Savchenko A.E. Priroda v gorode: ostat'sja v zhivyh. Vlijanie faktorov biotopa na gorodskie fitocenozy [Nature in the city: staying alive. Influence of biotope factors on urban phytocenoses], Stroitel'nyj jekspert [Construction expert], 4, 25-32 (2004). [in Russian]
6. Sokolova I.G. Sinatropnaja flora goroda Pskov [Sinatropic flora of the city of Pskov] (Piter, SPb, 2006, 125 p.) [in Russian].
7. Evseeva A.A. Osobennosti sostava i struktury parcial'nyh flor gorodskih lesnyh fitocenzov v zavisimosti ot raznyh podhodov k ozeleneniju [Features of the composition and structure of partial floras of urban forest phytocenoses depending on different approaches to landscaping], Bjulleten' Moskovskogo obshhestva Ispytatelej prirody [Bulletin of the Moscow Society of Nature Testers], 117(3), 27-61 (2012). [in Russian]
8. Official website of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. [Electronic resource] – Available at: <https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/487827?lang=ru> (accessed: 22.09.2023).
9. The official website of the Ministry of Public Health of Astana. [Electronic resource] – Available at: http://densaulyk.astana.kz/index.php?Itemid=142&id=1&lang=ru&layout=blog&limitstart=102&option=com_content&view=category (accessed: 10.09.2023).
10. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy za 2022 god [2022 State of the Environment Fact Sheet] (RSE Kazhydromet, Astana, 2023, 258 p.). [in Russian]
11. Robert H. Whittaker. Communities and Ecosystems, Macmillan, 1975, 325 p.
12. Latushkina E.N., Kudajbergenova A.E. Vidovoj sostav estestvennyh i iskusstvennyh fitocenzov urbanizirovannoj territorii: na primere goroda Astany respubliki Kazahstan [Species composition of natural and artificial phytocenoses of an urbanized territory: on the example of the city of Astana, Republic of Kazakhstan], Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Scientific Research Journal], 3 (27), 9-14 (2020). [in Russian]
13. Berdenov Zh.G., Kalibekova S., Mahanova N.B., Iliesh D.K., Inkarov h.I. Landshaftnaja struktura goroda Nur-Sultan v razvitii «Zelenogo pojasa» [Landscape structure of the city of Nur-Sultan in the development of the “Green Belt”], Vestnik Zapadno-Kazahstanskogo universiteta imeni M. Utemisova [Bulletin of West Kazakhstan University named after M. Utemisov], 4 (80), 322-332 (2020). [in Russian]
14. Nikolaev V.A. Landshafty aziatskih stepej [Landscapes of the Asian steppes] (MGU, M, 1999, 288 p.) [in Russian].
15. Muhametzhah S.O. Aktual'nye problemy innovacionnogo razvitija urbanizirovannyh territorij v Respublike Kazahstan: upravlencheskij aspekt [Current problems of innovative development of urbanized territories in the Republic of Kazakhstan: management aspect], Central Asian Economic Review, 3 (121), 133-144 (2018). [in Russian]

Авторлар туралы мәлімет:

Берденов Ж.Г. – PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан, 13, Астана, Қазақстан.

Нурсафина А.Ж. – PhD, Жалпы биология және геномика кафедрасының доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан, 13, Астана, Қазақстан.

Инкарова Ж.И. – б.ғ.к., Физикалық және экономикалық география кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан, 13, Астана, Қазақстан.

Дмитриев П.С. – б.ғ.к., экология және география кафедрасының профессоры, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан.

Асылбеков К.М. – геоматика және сандық археология кафедрасының меңгерушісі, Ә. Марғұлан атындағы археология институты, Астана, Қазақстан.

Сагинов К.М. – PhD, Физикалық және экономикалық география кафедрасының доценті, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан, 13, Астана, Қазақстан.

Berdenov Zh.G. – PhD, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 K. Munaitpassov st., Astana, Kazakhstan.

Nursafina A.Zh. – PhD, Associate Professor, Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 K. Munaitpassov st., Astana, Kazakhstan.

Inkarova Zh.I. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Physical and Economic Geography, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 K. Munaitpassov st., Astana, Kazakhstan.

Dmitriev P.S. – PhD, Professor, Department of Ecology and Geography, Manash Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan.

Asylbekov K.M. – Head of the Department of Geomatics and Digital Archeology, Institute of Archeology, Margulan Institute of Archaeology, Astana, Kazakhstan.

Saginov K.M. – PhD, Associate Professor, Department of Physical and Economic Geography, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 K. Munaitpassov st., Astana, Kazakhstan.

L.Kh. Akbayeva¹, E.M. Pangaliyev^{1*}, N.S. Mamytova², N.K. Kobetayeva¹
G.T. Kyzdarbekova³

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan

³Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan

*Corresponding author: erbolpm@mail.ru

Hydroecological indicators of Lake Bolshoy Sarykol, Karaganda region

Abstract. *The work studied the general ecological state of Lake Bolshoy Sarykol in the east of the Abay district of Karaganda region. Morphometric measurements of the reservoir, studies of samples for hydrochemical composition, composition of bottom sediments, diversity and quantitative indicators of coastal aquatic vegetation, diversity and quantitative indicators of phyto- and zooplankton, benthic organisms and fish populations were carried out. The results of studying the content of sulfates in bottom sediments and mobile sulfur indicate active sulfate reduction. According to hydrological data, the lake of the steppe zone Bolshoy Sarykol is experiencing its high-water period. The water in the lake is slightly brackish, sodium-hydrocorbanate-chloride type, the acidity is neutral, slightly alkaline without harmful impurities, favorable for fishery reservoirs. The species diversity of Lake Bolshoy Sarykol is mainly represented by widespread species of planktonic and benthic organisms, nekton and determines the mesotrophic type of trophism, as well as the β -mesosaprobic type of eutrophication. The results of the work can be useful for the development of measures and recommendations aimed at the rational use and protection of water resources in the Karaganda region, since the studied water body is a typical lake for this region.*

Keywords: *reservoirs, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, fish population, trophicity, saprobity.*

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-120-132>

Introduction

Karaganda region belongs to the small lake territories of the Republic of Kazakhstan. There is 0.27 km² of water surface per 100 km² [1,2]. The water resources of the region are a dynamic system that depends on many environmental factors and hydrological processes. In recent decades, in the Karaganda region there have been forecasts for climate trends, such as average annual temperature and changes in precipitation patterns, which can significantly affect the water balance of existing lakes [3]. This situation with climatic factors, as well as increased economic activity, also affects the general environmental characteristics of surface waters. The main source of nutrition for the lakes is winter precipitation. Lakes and rivers in the territory are subject to periods of severe water scarcity and eutrophication; therefore, environmental monitoring of surface waters is an urgent task for ecologists, hydrologists and water management specialists [4,5].

The purpose of this work was to study the ecological state of Lake Bolshoy Sarykol, which is a subject of fishery activities in Karaganda region. This water body is a typical type of water resource for Karaganda region, in particular, this is due to environmental factors common to the region, hydrological conditions, and similar species diversity.

The results of the work can be useful for the development of measures and recommendations aimed at the rational use and protection of water resources.

Objects of research

To obtain initial data, an ecological survey of Lake Bolshoy Sarykol, which is located in the east of the Abay district of Karaganda region, 60 km southwest of Karaganda (15 km southwest of the village of Suyksu N 49° 28' 40", E 73° 42' 17"), was conducted in the period from 09.08.2022 to 12.10.2022). Fish are caught in the lake, and the lake is also used for watering livestock.



Figure 1. Bolshoy Sarykol Lake

Materials and methods

To measure the depth of the reservoir, a lot was used, transparency was determined using the modified Seki method.

The content of oxygen and carbon dioxide was determined using the iodometric method according to Winkler. Water from the lake and bottom silt sediments were studied for their chemical composition in laboratory conditions using atomic absorption analysis methods on the atomic absorption spectrometer AA-140 (ST RK ISO 8288-2005). Regulatory documents GOST 26951-86, GOST 26205-91, GOST 26490-85, GOST 26213-91, GOST 26483-85, GOST 26424-85, GOST 12536-2014, GOST 12536-2014, GOST 26423-85, ERD F 16.1:2.2.2.3.74-2012 (KZ.07.00.03091-2015) were used for analysis. [6,7,8,9].

Samples of phytoplankton, zooplankton and zoobenthos were collected from the lake [10]. The species diversity, total number and biomass of planktonic organisms were determined, the composition of the fish population was studied, and an assessment of feeding capacity of the reservoir for the fish population was given.

Samples for studying planktonic organisms were selected using an Apstein net by filtering 100 liters of water through the net. Samples were fixed with 40% formalin solution and thickened. The concentration of phytoplankton was carried out using the sedimentation method [11].

Species identification was carried out with the help of determinants using an Olympus CX-31 microscope. The number of cells was counted in Goryaev's counting chamber; the biomass was calculated by summing the biomass of individual populations. Species identification of macrophytes was carried out visually on site.

The study of ichthyofauna was carried out using fixed fishing nets. Fish were caught using standard single-wall nets 10 meters long with mesh sizes of 10, 26, 40 and 60 mm. Networks of different sets (pits) were arranged according to the following scheme - 2 networks parallel and 2 perpendicular to each other. The nets were installed for a period of one day [12].

Identification and counting of plankton organisms under MBS-10 and MSX-300 microscopes was carried out in laboratory conditions. When identifying their species composition, determinants were used [13,14,15]. Zooplankton organisms were calculated in a certain part of the sample in the Bogorov chamber, followed by viewing half of its volume or the entire remainder to identify large and rare individuals. When calculating the individual weight of zooplankton species, linear-weight dependence equations were used [10,11]. The number of individuals and the weight index of all identified species were summarized further by the main groups of organisms and the community as a whole. The number and mass of zooplankton were calculated per 1 m³ of water column.

Benthic samples were taken using a scraper with a grip of 1.0 m², washed in sieves with different meshes. Benthic organisms were placed in 90% ethanol. To determine the number of organisms, they were placed in a Petri dish, the forms identified during the calculation were distributed into systematic groups and, after preliminary drying, were weighed in buckets on analytical scales. The determination of abundance and biomass was carried out according to the methodological recommendation [10,11]. The determination of taxonomic units was carried out according to generally accepted determinants [16,17,18,19,20,21,22]. The feeding capacity of the reservoir was determined according to S. P. Kitayev [23].

The Pantle and Bucca method for assessing water quality by phytoplankton.

The water quality was determined by the method of indicator organisms of Pantle and Bukka using the formula:

$$S = \frac{\sum(sh)}{\sum h}$$

Where, s - indicator significance of each species (determined from the lists of saprobic organisms, h - a value that is from the six-step scale of frequency values and determines the relative number of species. The saprobity index was calculated with an accuracy of 0.01.

The gradations of the saprobity index and the corresponding water contamination were determined according to the established pattern:

- <1 - xenosaprobic zone "very clean";
- 1.0-1.5 - oligosaprobic zone, "clean";
- 1.51-2.5 – β-mesosaprobic zone. "moderately polluted";
- 2.51-3.5 – α-mesosaprobic zone. "polluted";
- 3.51-4.0 - polysaprobic zone, "dirty";
- >4 – hypersaprobic zone, "very dirty".

Research results

Lake Bolshoy Sarykol is located in a depression between low hills. The height above sea level is 689 m. The shores of the lake are flat, the bottom is silted, the silt is black. Main types of soil are red and gray loam, in some places it is gray sandstone. The hydrological characteristics of Lake Bolshoy Sarykol at the time of the study are represented by the following indicators: the lake has an area of 0.75 km², the length of the lake is 1.5 km, the width is 1.0 km, maximum

depth of the lake is 5 m, average depth is 2.2 m, the volume of water mass is 2.7 million m³, the catchment area is 12 km². The catchment area is in economic use: partially plowed, and also for grazing. The main nutrition of the lake is due to snow water and groundwater. There are no signs of drying up of the lake, but according to local residents, the water level dropped sharply in some years and the coastline was reduced to 10 meters. Considering that the shallow lake of the steppe zone retains its depth in summer with a large occupied territory, the lake is experiencing its high-water period. Thickets of coastal aquatic vegetation occupy about 40 hectares.

Hydrochemical studies

Chemical analysis of water samples in Lake Bolshoy Sarykol is given in Table 1. The water in the lake is drumly, slightly yellowish in color, without unpleasant odors. Low water transparency may indicate the massive development of small hydrobionts. No films of petroleum products, oils, fats or accumulations of other harmful impurities were found on the surface of the water. The water temperature during the studied period ranged from 3 to 26°C.

The water in the lake is slightly brackish, sodium-hydrocarbonate-chloride type, acidity is neutral, slightly alkaline (pH - 7.5). This indicates water mineralization and the absence of waterlogging processes.

Table 1

Results of analyses of surface water samples in Lake Bolshoy Sarykol

№	Chemical composition of the reservoir	Concentration
1	Na	0.724 g/l
2	K	0.028g/l
3	Ca	0.112 g/l
4	Mg	0.041 g/l
5	HCO ₃	0.42 g/l
6	CO ₃	0.05 g/l
7	SO ₄	0.54 g/l
8	Cl	0.66 g/l
9	Fe	0.052 g/l
10	Hg	no
11	Pb	no
12	pH	7.5
13	O ₂	8.8mg/l
14	CO ₂	11.2mg/l
15	Rigidity	5.4 units w
16	Transparency	0.6 m.
17	Dry residue	2.3 g/l
18	Biochemical oxygen consumption for 5 days BOC ₅	1.5 mg O ₂ /dm ³

In summer, the content of oxygen dissolved in water should be at least 6 mg/dm³ in fishery water bodies, and 8.8 mg/l in Lake Bolshoy Sarykol. The content of carbon dioxide, BOC₅ is also normal: 11.2 mg/l and 1.5 mg O₂/l, respectively. Thus, the water is quite well saturated with oxygen, while the carbon dioxide content is not high. Water of medium hardness 5.4 units w. Heavy metals mercury and lead were not detected. In general, the hydrochemical composition of water and the acid-base balance are favorable for fishery reservoirs [24].

Analysis of the composition of bottom sediments

The comparative distribution of determined components in the water body of Lake Bolshoy Sarykol is given in Table 2.

Table 2**Main indicators of soils of former bottom sediments**

No s/n	Name of indicators, unit of measurement	Actual test results, unit of measurement	Exceeding MPC
1	2	3	4
1.	Nitrate nitrogen, mg/kg	4.00	low
2.	Mobile phosphorus, mg/kg	43.38	increased
3.	Mobile sulphur, mg/kg	99.08	increased
4.	Humus, %	5.19	low
5.	Mobile potassium, mg/kg	557.3	increased
6	Dissolved iron, µg/l	240	-
6.	pH (KCl)	7.01	neutral
7	Calcium in aqueous extract mEq/100g	11.75 (0.235%)	-
8.	Magnesium in aqueous extract, mEq/100g	2.00 (0.0244%)	-
9.	Sodium, mEq/100g 100r	7.62 (1.75%)	-
10.	Chlorides mmol/100g	2.2 (0.0781%)	-
11	Sulfates, mmol/100g	4.1 (0.197%)	-
12.	Specific electrical conductivity, mS/ cm	1980	-
13.	Carbonates in aqueous extract, mEq/100g	Not detected	-
14.	Hydrocarbonates in aqueous extract, mEq/100g	166.9 (10.2%)	-
15	Dense water extract residue	1.212%	-
16.	Soil organic carbon	1.16%	-

In general, bottom sediments have a neutral environment. The sediment samples are saline, the type of salinity is soda, and there is little humus. One can note the high potassium content in the bottom sediments – 557.3 mg/kg and the increased phosphorus content of 43.380 mg/kg. No high content of nitrates was found in the bottom sediments of reservoirs. The average content of sulfates in the bottom sediments of this reservoir was 4.1 mmol/100g. At the same time, the concentration of mobile sulfur was 99.08 mg/kg. This indicates active sulfate reduction [25].

*Hydrobiological studies**Hydrobiological studies*

On Lake Bolshoy Sarykol, coastal aquatic plants are represented by common reed (*Phragmites australis*), which forms mosaic-thicket and border overgrowths there. The narrow-leaved cattail (*Typha angustifolia*) is represented by sporadic clumps, reeds are absent, sedges (*Carex*) are found in single specimens. Submerged vegetation: canadian elodea (*Elodea canadensis*), spiky urut (*Myriophyllum spicatum*), submerged hornwort (*Ceratophyllum demersum*) and comb pondweed (*Stuckenia pectinata*) are distributed in small thickets.

A total of 30 phytoplankton species were identified in the sample of Lake Bolshoy Sarykol: diatoms from the *Bacillariophyta* department: *Amphora ovalis* Kütz; *Cymbella* sp; *Cyclotella* sp; *Diatoma ehrenbergii* Kützing; *Chaetoceros wighamii* Bright; *Fragilaria* sp; *Gyrosigma attenuatum* Kuetz.; *Melosira* sp; *Navicula rhynchocephala* Kuetz., *Stephanodiscus astraera* Ehr.; *Pinnularia* sp;

Synedra sp; *Tabellaria* sp, from the Department of Chlorophyta – green algae: *Chlorella vulgaris* Krauss; *Crucigenia tetrapedia* Kirchner; *Lagerheimia* sp; *Monoraphidium* sp; *Oocystis*; *Pediastrum* sp; *Scenedesmus longus* Meyen; *Schroederia* Lemmermann; *Spirogyra maxima* Hassall; *Treubaria triappendiculata* C.Bernard; from Cyanophyta Department - blue-green: *Aphanizomenon gracile* Lemmerm.; *Gomphosphaeria aponina* Kütz; *Microcystis aeruginosa* Kütz; *Oscillatoria chalybea* Mertens; *Oscillatoria proboscidea* Gomont; from Xanthophyta Department - yellow-green: *Tribonema viride* Pascher; from the Department Euglenophyta – euleng algae: *Lepocinclis* sp;

The most common species were *Cyclotella* sp., *Melosira* sp., *Stephanodiscus astraea* Ehr., *Aphanizomenon gracile* Lemmerm., *Microcystis aeruginosa* Kütz.

Table 3

Species diversity and frequency of occurrence of identified phytoplankton species in Lake Bolshoy Sarykol

No.	Species	Indicative significance	Relative occurrence
<i>Bacillariophyta</i> – diatoms			
1	<i>Amphora ovalis</i> Kütz	1	3
2	<i>Cymbella</i> sp	2	4
3	<i>Cyclotella</i> sp	2	3
4	<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	2	2
5	<i>Chaetoceros wighamii</i> Bright	2	3
6	<i>Fragilaria</i> sp	2	4
7	<i>Gyrosigma attenuatum</i> Kuetz	2	2
8	<i>Melosira</i> sp	2	5
9	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kuetz	2	5
10	<i>Stephanodiscus astraea</i> Ehr.	2	5
11	<i>Pinnularia</i> sp	1	1
12	<i>Synedra</i> sp	2	4
13	<i>Tabellaria</i> sp	1	2
<i>Chlorophyta</i> – green algae			
14	<i>Chlorella vulgaris</i> Krauss	3	3
15	<i>Crucigenia tetrapedia</i> Kirchner	2	1
16	<i>Lagerheimia</i> sp	3	2
17	<i>Monoraphidium</i> sp	1	1
18	<i>Oocystis</i> sp.	2	3
19	<i>Pediastrum</i> sp	2	2
20	<i>Scenedesmus longus</i> Meyen	2	4
21	<i>Schroederia</i> Lemmermann	2	1
22	<i>Spirogyra maxima</i> Hassall	2	5
23	<i>Treubaria triappendiculata</i> C.Bernard	2	1
<i>Cyanophyta</i> – blue- green algae			
24	<i>Aphanizomenon gracile</i> Lemmerm.	2	5
25	<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kütz	2	4
26	<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz	2	4
27	<i>Oscillatoria chalybea</i> Mertens	3	2
28	<i>Oscillatoria proboscidea</i> Gomont	2	3
<i>Xanthophyta</i> - yellow-green algae			
29	<i>Tribonema viride</i> Pascher	2	3
<i>Euglenophyta</i> – euglen algae			
30	<i>Lepocinclis</i> sp	2	1

The studied water in Lake Bolshoy Sarykol was assigned to the β -mesosaprobic zone (Table 4). Thus, the studied water body tends to eutrophicate water, which means it has a low self-purifying potential.

In addition, in terms of the total number of phytoplankton, the trophicity of the selected territories is mesotrophic, since it is in the range from 3.85-20 million cells/l.

Table 4

Quantitative indicators of phytoplankton in a water body

Indicators	Bolshoy Sarykol
Total number of phytoplankton (thousand cells/cm ³)	12.19
Total biomass mg/dm ³	3.21
Saprobity index	2.0

9 species of invertebrates have been identified among zooplankton. 10 species have been identified from Rotifera kolovpes: *Brachionus urceus* Linnaeus, *Cephalodella* sp., *Synchaeta cecilia* Rousselet, *Asplanchna girodi* Guerne, *Lecane luna* Muller, *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *Trichocerca elongate* Gosse, *Trichothria pocillum* Muller, *Testudinella patina intermedia* Anderson, *Keratella quadrata* Muller. 5 species of *Daphnia cucullata* Sars, *Diaphanosoma orghidani* Negrea, *Alona costata* Sars, *Bosmina longirostris* Muller, *Pleuroxus aduncus* Muller have been identified from branched crustaceans of Cladocera. Copepoda copepod crustaceans in the lake are represented by 4 species of *Nitocra lacustris* Schmank, *Eurytemora affinis* Poppe, *Eucyclops macrurus* Sars, *Paracyclops affinis* Sars.

Table 5

Species diversity and frequency of occurrence of identified zooplankton species in Lake Bolshoy Sarykol

No.	Species	Indicative significance	Relative occurrence
<i>Rotifera</i>			
1	<i>Brachionus urceus</i> Linnaeus	1	3
2	<i>Cephalodella</i> sp.	3	3
3	<i>Synchaeta cecilia</i> Rousselet	1	2
4	<i>Asplanchna girodi</i> Guerne	1	1
5	<i>Lecane luna</i> Muller	2	5
6	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	2	4
7	<i>Trichocerca elongate</i> Gosse	1	1
8	<i>Trichothria pocillum</i> Muller	2	5
9	<i>Testudinella patina intermedia</i> Anderson	2	5
10	<i>Keratella quadrata</i> Muller	3	3
<i>Cladocera crustaceans</i>			
11	<i>Daphnia cucullata</i> Sars	3	2
12	<i>Diaphanosoma orghidani</i> Negrea	2	4
13	<i>Alona costata</i> Sars	1	2
14	<i>Bosmina longirostris</i> Muller	3	2
15	<i>Pleuroxus aduncus</i> Muller	2	5
<i>Copepoda</i>			
16	<i>Nitocra lacustris</i> Schmank	2	3
17	<i>Eurytemora affinis</i> Poppe	2	3
18	<i>Eucyclops macrurus</i> Sars	1	2
19	<i>Paracyclops affinis</i> Sars	1	2

Identified species of zoobenthos: from the crustaceans *Gammarus lacustris*, from the mollusks *Planorbis complanata* Draparnaud, *Pl.contortus* Rudolphi, *Pl.planorbis* Muller, *Sphaerium corneum* Linnaeus, *Valvata piscinalis* Müller, *Lymnaea auricularia* Linnaeus, *Pisidium casertanum* Poli, *Sphaerium solidum* Normand. From insect larvae *Chaoborus* sp., *Hydroporus* sp., *Rhantus* sp., *Corixa* sp.

General quantitative indicators of zooplankton are represented in Table 6, from which it can be seen that the total number of species is 8.80 thousand specimens/m³, biomass is 8.57 g/m³. The trophic level of the reservoir is β -mesotrophic.

Table 6

Abundance and biomass of zooplankton

Total			Trophic level	Dominant species (groups)
number of species	number, thousand specimen/m ³	biomass, g/m ³		
18	8.80	8.57	S=2.44 β -MT	Rotifera, Cladocera, Copepoda

Insects are dominated by numerous hemiptera *Hemiptera* sp.

The dominant species of zoobenthos (Table 7) are *Gammarus lacustris* and *Hemiptera* sp. The number of zoobenthos was found to be 41 specimens/m², biomass 8.34 g/m², which also classifies the reservoir as a β -mesotrophic feeding type.

Table 7

Abundance and biomass of zoobenthos

Reservoir	Number, specimens/m ²	Biomass, g/m ²	Trophic level	Dominant species (groups)
lake Bolshoy Sarykol	41	8.34	β -MT	<i>Gammarus lacustris</i> , <i>Hemiptera</i> sp.

Thus, the food supply of fish in this reservoir is quite diverse: phyto- and zooplankton, elements of periphyton, neuston, benthic organisms. The level of feeding capacity of the studied reservoir of mesotrophic type. The elements of the neuston are represented by four species of fish, river crustaceans and aquatic insects.

Lake Bolshoy Sarykol is home to 4 species of fish: crucian carp, roach, perch and carp, which are of commercial importance.

The species composition of fish on Lake Bolshoy Sarykol is given in Table 8.

Table 8

Fish population of Lake B. Sarykol

№	Species, Russian name	Species, Latin name	Status
1	Roach	<i>Rutilus rutilus</i> (L.)	aboriginal
2	Silver crucian	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch)	aboriginal
3	Carp	<i>Cyprinus carpio</i> L.	aboriginal
4	Common perch	<i>Perca fluviatilis</i> L.	aboriginal

However, only amateur fishing takes place on the lake, which is determined by the general low fish productivity of the reservoir.

Lake Bolshoy Sarykol is a fairly typical medium-sized body of water for the Karaganda region. According to hydrological parameters, this lake can be classified as a group of lakes which area ranges from 6 km² to 20 km² and an average depth of about 2 m. This group of lakes, unlike many small lakes in the Karaganda region that dry up in the summer, retain water throughout the year, have fishery importance and a similar level of eutrophication. These also include lakes such as Sasykkol, Botakara, Balyktykol, Katynkol, Saumalkol 50°02'56.3"N 75°59'46.2"E, Saumalkol 49°48'47.6"N 74°59'24.0"E, Barakkol, Karaukamys, Kumkol, Toksumak, Karakol.

The lakes we noted may be under threat of degradation due to climatic and anthropogenic factors [26]. Thus, promising preventive measures for the protection of Lake Bolshoy Sarykol, developed on the basis of environmental monitoring, can also be used for the listed reservoirs.

Conclusions

1. Hydrological indicators indicate that the shallow lake of the steppe zone Bolshoy Sarykol is experiencing its high-water period.

2. The water in the lake is slightly brackish, sodium-hydrocorbanate-chloride type, the acidity is neutral, slightly alkaline without harmful impurities, favorable for fishery reservoirs.

3. Salinization and processes of active sulfate reduction are observed in bottom sediments.

4. The species diversity of Lake Bolshoy Sarykol is mainly represented by widespread species of planktonic and benthic organisms, nekton and determines the mesotrophic type of trophism, as well as the β -mesosaprobic type of eutrophication.

References

1. Филоненц П.П., Омаров Т.Р. Озера Карагандинской области. – Алма-Ата: Наука, 1968. – 124 с.
2. Лезин В.А. Озера Центрального Казахстана (комплексная типологическая характеристика режима и ресурсов). – Алма-Ата: Наука, 1982. – 188 с.
3. Akbayeva L.Kh., Pangaliyev E.M., Atasoy E., Mamytova N.S., Kobetayeva N.K. Dynamics of changes in air temperature and precipitation in the Karaganda region // BULLETIN of L.N. Gumilyov ENU. Bioscience Series. – 2022. – №4. – P. 77-88. DOI: 10.32523/2616-7034-2022-141-4-77-88.
4. Шарипова О.А. и др. Определение статуса водопользования водоемов местного значения Карагандинской области // Биоразнообразие и рациональное использование природных ресурсов. – 2022. – С. 384-387.
5. Есекин Б. Зелёная экономика для целей устойчивого развития в Центральной Азии // Журнал Центрально-Азиатских и Евразийских исследований. – 2021. – Т. 1. – №. 4. – С. 24-52.
6. Единый государственный фонд нормативных технических документов. [Electronic resource] – URL: https://www.egfntd.kz/rus/page/NTD_KDS_SPRK (accessed: 12.06.2023).
7. Алекин О.А. Методы исследования физических свойств и химического состава воды // Жизнь пресных вод СССР. – Москва: Ленинград, 1959. – 302 с.
8. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для вод рыбохозяйственных водоемов. – Москва: ВНИРО, 1990. – 46 с.
9. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977. – 542 с.
10. Федорова В.Д., Капкова В.И. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы. – Москва: ПИМ, 2006. – 367 с.
11. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: метод. руковод. – Москва: Университет и школа, 2003. – 157 с.
12. Жадин В.И., Герд С.В. Реки, озера и водохранилища СССР, их фауна и флора. – Москва: Учпедгиз, 1961. – 599 с.
13. Сладечека В. Определитель гидробионтов. – Москва, 1977. – 227 с.

14. Алексеева В.Р. и др. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. – Москва: Санкт-Петербург, 2010. – 494 с.
15. Унифицированные методы исследования качества вод: методы химического анализа вод / СЭВ. Совец. руководителей водхоз. органов стран-членов. – Москва: Мекретариат СЭВ, 1977. – 228 с.
16. Сечин Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – Москва: ВНИИПРХ, 1986. – 50 с.
17. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
18. Никольский Г. В. Экология рыб. – Москва: Высшая школа, 1974. – 376 с.
19. Цалолихин С.Я. Определить пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Низшие беспозвоночные. – Санкт-Петербург: Наука, 1994. – 400 с.
20. Цалолихин С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные. – Санкт-Петербург: Наука, 1995. – 632 с.
21. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. – Ленинград, 1984. – 52 с.
22. Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. – Ленинград: Гидрометиздат, 1977. – 512 с.
23. Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озёр разных природных зон // Тезисы докладов V съезда ВГБО. – Куйбышев, 1986. – С. 254-255.
24. Morris S., Oliver S. Respiratory gas transport, haemocyanin function and acid-base balance in *Jasus edwardsii* during emersion and chilling: simulation studies of commercial shipping methods // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1999. – Part A. – P. 309-321. DOI 10.1016/C1095-6433(99)00004-5.
25. Richard M. Mitterer. Methanogenesis and sulfate reduction in marine sediments: A new model // Earth and Planetary Science Letters 295. – 2010. – P. 358-366. DOI: 10.1016/j.epsl.2010.04.009.
26. Bhateria R., Jain D. Water quality assessment of lake water: a review// Sustain. Water Resour. Manag. – 2016. – Vol. 2. – P.161-173. DOI: 10.1007/s40899-015-0014-7.

Л.Х. Акбаева¹, Е.М. Панғалиев¹, Н.С. Мамытова², Н.К. Кобетаева¹, Г.Т. Кыздарбекова³

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

²Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

³Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

Қарағанды облысы Үлкен Сарыкөл көлінің гидроэкологиялық көрсеткіштері

Аңдатпа. Мақалада Қарағанды облысы Абай ауданының шығысындағы Үлкен Сарыкөл көлінің жалпы экологиялық жағдайы зерттелген. Су қоймасының морфометриялық өлшемдері, гидрохимиялық құрамы, көл түбі шөгінділерінің құрамы, жағалаудағы су өсімдіктерінің сан алуандығы мен сандық көрсеткіштері, фито- және зоопланктондардың, су түбіндегі организмдер мен балық популяциясының алуан түрлілігі мен сандық көрсеткіштері бойынша үлгілерді зерттеу жүргізілді. Су түбі шөгінділері құрамындағы сульфаттарды және жылжымалы күкірттерді зерттеу нәтижелері сульфаттың белсенді тотықсыздануын көрсетеді. Гидрологиялық мәліметтерге сәйкес, далалық аймақ көлі болып саналатын Үлкен Сарыкөл көлі өзінің суы мол кезеңін бастан кешуде. Көлдің суы әлсіз тұзды, натрий-гидрокарбонатты-хлоридті типті, қышқылдығы - бейтарап, аздап сілтілі және зиянды қоспасыз, балық шаруашылығы үшін қолайлы. Үлкен Сарыкөл көлінің түрлік әртүрлілігі негізінен планктондық және бентикалық организмдердің кең таралған түрлерімен, нектонмен және трофизмнің мезотрофиялық, сондай-ақ эвтрофикацияның β-мезосапробты түрімен анықталған. Жұмыстың нәтижелері Қарағанды облысының су ресурстарын тиімді пайдалану мен қорғауға бағытталған шаралар мен ұсыныстарды әзірлеу үшін пайдалы болуы мүмкін, өйткені зерттелетін су объектісі осы аймаққа тән көл болып табылады.

Түйін сөздер: су қоймалары, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, трофтылық.

Л.Х. Акбаева¹, Е.М. Пангалиев¹, Н.С. Мамытова², Н.К. Кобетаева¹, Г.Т. Кыздарбекова³

¹Евразийский национальный университет им Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан

³Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан

Гидроэкологические показатели озера Большой Сарыколь Карагандинской области

Аннотация. В работе изучалось общее экологическое состояние озера Большой Сарыколь на востоке Абайского района Карагандинской области. Актуальность исследования вызвана как изменением климатических факторов за последние десятилетия, так и усилением антропогенного вмешательства в гидроэкосистемы. Были проведены морфометрические измерения водоема, исследования проб на гидрохимический состав, состав донных отложений, разнообразие и количественные показатели прибрежно-водной растительности, фито- и зоопланктона, бентосных организмов и рыбного населения. Результаты изучения содержания сульфатов в донных отложениях и подвижной серы свидетельствуют об активной сульфатредукции. По гидрологическим данным озеро степной зоны Большой Сарыколь переживает свой многоводный период. Вода в озере слабо соленоватая, натрий-гидрокарбонатно-хлоридного типа, кислотность - нейтральная слабощелочная без вредных примесей, благоприятная для рыбохозяйственных водоемов. Видовое разнообразие озера Большой Сарыколь представлено главным образом широко распространенными видами планктонных и бентосных организмов, nekтона и определяет мезотрофный тип трофности, а также β-мезосапробный тип эвтрофирования. Результаты работы могут быть полезны для разработки мероприятий и рекомендаций, направленных на рациональное использование и охрану водных ресурсов в Карагандинской области, так как изученный водный объект является типичным озером для данного региона.

Ключевые слова: водоемы, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, рыбное население, трофность, сапробность.

References

1. Filonec P.P., Omarov T.R. Oзера Karagandinskoy oblasti [Lakes of the Karaganda region] (Alma-Ata, Nauka, 1968, 124 s.) [Alma-Ata: Science, 1968, 124 p.]. [in Russian]
2. Lezin V.A. Oзера Central'nogo Kazakhstan (kompleksnaya tipologicheskaya karakteristika rezhima i resursov) [Lakes of Central Kazakhstan (comprehensive typological characteristics of regime and resources)] (Alma-Ata, Nauka, 1982, 188 s.) [Alma-Ata: Science, 1982, 188 p.]. [in Russian]
3. Akbayeva L.Kh., Pangaliyev E.M., Atasoy E., Mamytova N.S., Kobetayeva N.K. Dynamics of changes in air temperature and precipitation in the Karaganda region, BULLETIN of L.N. Gumilyov ENU. Bioscience Series, 4, 77-88 (2022). DOI: 10.32523/2616-7034-2022-141-4-77-88.
4. SHaripova O.A. i dr. Opredelenie statusa vodopol'zovaniya vodoemov mestnogo znacheniya Karagandinskoy oblasti. Bioraznoolobrazie i racional'noe ispol'zovanie prirodnykh resursov [Determination of the status of water use of local water bodies in the Karaganda region. Biodiversity and rational use of natural resources], 384-387 (2022). [in Russian]
5. Esekin B. Zelyonaya ekonomika dlya celej ustojchivogo razvitiya v Central'noj Azii. ZHurnal Central'no-Aziatskih i Evrazijskih issledovaniy [Green economy for sustainable development in Central Asia. Journal of Central Asian and Eurasian Studies], 1(4), 24-52 (2021). [in Russian]
6. Edinyj gosudarstvennyj fond normativnykh tekhnicheskikh dokumentov [Unified state fund of normative technical documents]. [Electronic resource] – Available at: https://www.egfntd.kz/rus/page/NTD_KDS_SPRK (accessed: 12.06.2023). [in Russian]
7. Alekin O.A. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv i himicheskogo sostava vody. ZHizn' presnykh vod SSSR [Methods for studying the physical properties and chemical composition of water. Life of fresh waters of the USSR] (Moskva, Leningrad, 1959, 302 s.) [Moscow, Leningrad, 1959, 302 p.]. [in Russian]

8. Obobshchennyj perechen' predel'no dopustimyh koncentracij (PDK) i orientirovochno dopustimyh urovnej vozdejstviya (OBUV) vrednyh veshchestv dlya vod rybohozyajstvennyh vodoemov [Generalized list of maximum permissible concentrations (MAC) and approximate permissible exposure levels (AEL) of harmful substances for the waters of fishery reservoirs] (Moskva, VNIRO, 1990, 46 s.) [Moscow, VNIRO, 1990, 46 p.]. [in Russian]
9. Semenov A.D. Rukovodstvo po himicheskemu analizu poverhnostnyh vod sushi [Manual for the chemical analysis of terrestrial surface waters] (Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977, 542 s.). [in Russian]
10. Fedorova V.D., Kapkova V.I. Prakticheskaya gidrobiologiya. Presnovodnye ekosistemy [Practical hydrobiology. Freshwater ecosystems] (Moskva, PIM, 2006, 367 s.) [Moscow, PIM, 2006, 367 p.]. [in Russian]
11. Sadchikov A.P. Metody izucheniya presnovodnogo fitoplanktona: metod. Rukov [Methods for studying freshwater phytoplankton: method. management] (Moskva, Universitet i shkola, 2003, 157 s.) [Moscow, University and School, 2003, 157 p.]. [in Russian]
12. ZHadin V.I., Gerd S.V. Reki, ozera i vodohranilishcha SSSR, ih fauna i flora [Rivers, lakes and reservoirs of the USSR, their fauna and flora] (Moskva, Uchpedgiz., 1961, 599 s.) [Moscow, Uchpedgiz., 1961, 599 p.]. [in Russian]
13. Sladcheka V. Opredelitel' gidrobiontov [Key to hydrobionts] (Moskva, 1977, 227 s.) [Moscow, 1977, 227 p.]. [in Russian]
14. Alekseeva V.R. i dr. Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnyh vod Evropejskoj Rossii [Key to zooplankton and zoobenthos in fresh waters of European Russia] (Moskva, Sankt-Peterburg, 2010, 494 s.) [Moscow, St. Petersburg, 2010, 494 p.]. [in Russian]
15. Unificirovannye metody issledovaniya kachestva vod: metody himicheskogo analiza vod. SEV. Soveshch. rukovoditelej vodohoz. organov stran-chlenov [Unified methods for studying water quality: methods of chemical analysis of water. CMEA. Council water management managers authorities of member countries] (Moskva, Mekretariat SEV, 1977, 228 s.) [Moscow, Mekretariat CMEA, 1977, 228 p.]. [in Russian]
16. Sechin YU.T. Metodicheskie ukazaniya po ocenke chislennosti ryb v presnovodnyh vodoemah [Guidelines for assessing the number of fish in freshwater bodies] (Moskva, VNIIPRH, 1986, 50 s.) [Moscow, VNIIPRH, 1986, 50 p.]. [in Russian]
17. Pravdin I.F. Rukovodstvo po izucheniyu ryb [Guide to the study of fish] (Moskva, Pishchevaya promyshlennost', 1966, 376 s.) [Moscow, Food Industry, 1966, 376 p.]. [in Russian]
18. Nikol'skij G. V. Ekologiya ryb [Ecology of fish] (Moskva, Vysshaya shkola, 1974, 376 s.) [Moscow, Higher School, 1974, 376 p.]. [in Russian]
19. Calolihin S.YA. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij. Nizshie bespozvonochnye [Identify freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories. Lower invertebrates] (Sankt-Peterburg, Nauka, 1994, 400 s.) [St. Petersburg, Nauka, 1994, 400 p.]. [in Russian]
20. Calolihin S.YA. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Rossii i sopredel'nyh territorij. Rakoobraznye [Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories. Crustaceans] (Sankt-Peterburg, Nauka, 1995, 632 s.) [St. Petersburg, Nauka, 1995, 632 p.]. [in Russian]
21. Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodnyh vodoemah. Zoobentos i ego produkcii [Methodological recommendations for collecting and processing materials during hydrobiological studies in freshwater bodies. Zoobenthos and its products] (Leningrad, 1984, 52 s.). [in Russian]
22. Kutikova L.A., Starobogatov YA.I. Opredelitel' presnovodnyh bespozvonochnyh Evropejskoj chasti SSSR [Key to freshwater invertebrates of the European part of the USSR] (Leningrad, Gidrometizdat, 1977, 512 s.). [in Russian]
23. Kitaev S.P. O sootnoshenii nekotoryh troficheskikh urovnej i «shkalah trofnosti» ozyor raznyh prirodnyh zon. Tezisy dokladov V s"ezda VGBO, Kujbyshev [On the relationship between some trophic levels and "trophicity scales" of lakes in different natural zones, Abstracts of the 5th Congress of the VSBO, Kuibyshev], 254-255 (1986). [in Russian]
24. Morris S., Oliver S. Respiratory gas transport, haemocyanin function and acid-base balance in *Janus edwardsii* during emersion and chilling: simulation studies of commercial shipping methods, *Comparative Biochemistry and Physiology, A*, 309-321 (1999). DOI 10.1016/C1095-6433(99)00004-5.
25. Richard M. Mitterer. Methanogenesis and sulfate reduction in marine sediments: A new model, *Earth and Planetary Science Letters* 295, 358-366 (2010). DOI: 10.1016/j.epsl.2010.04.009.
26. Bhateria R., Jain D. Water quality assessment of lake water: a review, *Sustain. Water Resour. Manag.*, 2, 161-173 (2016). DOI: 10.1007/s40899-015-0014-7.

Information about authors:

Akbayeva L.Kh. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Management and Engineering in the Field of Environmental Protection, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan Street, Astana, Kazakhstan.

Pangaliyev E.M. – PhD student, Department of Management and Engineering in the Field of Environmental Protection, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan Street, Astana, Kazakhstan.

Mamytova N.S. – PhD, Senior Lecturer, Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Kazakh University of Technology and Business, 37 A Kayym Mukhamedkhanov Street, Astana, Kazakhstan.

Kobetayeva N.K. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Management and Engineering in the Field of Environmental Protection, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan Street, Astana, Kazakhstan.

Kyzdarbekova G.T. – PhD, Associate Professor, Biology and Teaching Methodology Department, Sh. Ualikhanov Kokshetau University, 50 Auelbekov Street, Kokshetau, Kazakhstan.

Ақбаева Л.Х. – биология ғылымдарының кандидаты, «Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг» кафедрасының қауым, профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Панғалиев Е.М. – «Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг» кафедрасының докторанты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Мамытова Н.С. – PhD философия докторы, Химия, химиялық технология және экология кафедрасының аға оқытушысы, Қазақ технология және бизнес университеті, Кайым Мухамедханов көшесі, 37 А, Астана, Қазақстан.

Кобетаева Н.К. – биология ғылымдарының кандидаты, «Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг» кафедрасының қауым, профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан.

Кыздарбекова Г.Т. – Доктор PhD, Биология және оқыту әдістемесі кафедрасының қауым, профессоры, Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Ауельбеков көшесі 50, Көкшетау, Қазақстан.

А.С. Бабенко, Д.В. Безруков, Д.С. Воробьев

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия

(E-mail: andrey.babenko.56@mail.ru, bezrukovdv@list.ru,
danilvorobiev@yandex.ru)

Использование вермикультуры для переработки донных отложений, загрязненных нефтепродуктами

Аннотация. Исследованы динамики численности популяции дождевых компостных червей *Eisenia fetida* в субстрате из донных отложений, загрязненных нефтепродуктами. Вермикультура содержалась в пластиковых контейнерах на смеси илов очистных сооружений нефтешахтного производственного предприятия и торфа. Показано, что загрязненные нефтепродуктами донные отложения могут быть использованы в качестве компонента вермикомпостируемой смеси. В процессе переработки содержание нефтепродуктов в компостируемой смеси значительно сокращалось, однако уровень сокращения варьировал в зависимости от соотношения ила и торфа в смесях для вермикомпостирования. К оптимальным вариантам смесей, при которых происходит более быстрая переработка субстрата, следует отнести смесь загрязненных илов и наполнителя в соотношении 30:70 и 50:50. Репродуктивные показатели дождевых червей, а также прирост численности и биомассы ювенильных особей остаются невысокими во всех вариантах смесей, но близки к оптимальным при 30% содержании ила в компостируемом материале.

Ключевые слова: вермикультура, *Eisenia fetida*, донные отложения, илы, нефтепродукты, динамика численности.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-133-143>

Введение

Вермитехнология способствует решению экологических проблем, возникающих из-за накопления большого количества органических отходов.

Внедрение вермикультуры позволяет, во-первых, уменьшить объём отходов и таким образом снизить затраты на переработку; во-вторых, уничтожить запах; в-третьих, улучшить физические свойства отходов, превратить их за короткий срок в качественно новый вид органического удобрения, способный храниться и удобный для транспортировки и внесения под различные сельскохозяйственные культуры [1].

Чаще всего вермикультура используется для переработки богатых азотом органических субстратов сельскохозяйственного происхождения (навоз крупного рогатого скота, лошадей, свиней, птицы и т.п.) с целью получения вермикомпоста и кормового белка [2-4]. Показана возможность использования вермикультуры для переработки растительного опада [5-7], для переработки биомассы водных растений [8,9]; кроме того, изучалось влияние червей на формирование фунгистатических свойств вермикомпоста и устойчивость растений к заболеваниям [10,11]. В последние годы появляется все больше работ по изучению влияния вермикультуры на процессы биоремедиации почв, в том числе и загрязненных нефтепродуктами [12-17]. Сотрудниками Томского государственного

университета (ТГУ) было установлено, что водные малощетинковые черви имеют повышенную устойчивость к содержанию углеводов нефтяного происхождения в донных отложениях, а процессы биотурбации способствуют активизации процессам деструкции углеводов в донных отложениях. На основании данных исследований было предложено использовать водных олигохет в мероприятиях по очистке донных отложений от нефтяных углеводов [18-19].

В то же время мало исследованным остается процесс переработки жидких субстратов, загрязненных нефтепродуктами (илы, донные отложения); слабо разработаны вопросы совершенствования данных технологий. Так, при использовании вермикультуры для переработки илов приходится решать ряд технологических проблем, связанных с особенностями питания и размножения дождевых червей. Илы могут содержать токсичные компоненты, которые оказывают негативное воздействие на репродуктивные способности червей [20,21]. Кроме того, при переработке осадка вермикультурой в компостируемой смеси необходимо присутствие наполнителей, в качестве которых могут выступать торф, навоз, бумажные отходы, лиственный опад, опил лиственных пород деревьев и другие целлюлозосодержащие материалы [22-25].

Цель работы - изучение возможности использования вермикультуры для переработки загрязнённых илов с целью получения органического удобрения для использования в сельском хозяйстве и наращивания биомассы червя.

Материалы и методики исследования

Илы, использованные в эксперименте, были отобраны на очистных сооружениях нефтешахтного производственного предприятия «Яреганефть» (ООО «ЛУКОЙЛ-Коми») в Усинском районе Республики Коми. Предварительно проведенный анализ показал, что доля нефтепродуктов в илах составляет около 3%.

В работе использовалась вермикультура *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae), поддерживаемая на кафедре сельскохозяйственной биологии ТГУ на протяжении последних 20 лет. Маточная культура дождевых червей состоит из коконов и червей различного возраста, относящихся к роду *Eisenia*, широко распространенных в разлагающихся органических субстратах и являющихся основными потребителями и переработчиками отходов. Представленная в наших экспериментах культура соответствует природному популяционному стандарту кольчатых червей данного рода (соотношение половозрелых особей, молоди и коконов в среднем 2:5:10), свободна от паразитов и конкурирующих видов.

В наших предыдущих экспериментах и в ранее опубликованных работах [21,22] показано, что в составе смеси, кроме ила, должен быть поглотитель (для снижения влажности и повышения структурированности смеси). Нами в качестве поглотителя был выбран верховой торф, так как предварительно проведенные эксперименты по формированию смеси для вермикомпостирования показали, что он более технологичен по сравнению с измельченным листовым опадом, соломой и бумажными отходами (обладает наибольшей абсорбционной способностью). При подготовке смеси для компостирования торф был предварительно измельчен и просеян через сито с диаметром отверстий 3 мм.

При проведении эксперимента использовались 4 варианта смеси (по объему):

- 70% ил + 30% торф
- 50% ил + 50% торф
- 30% ил + 70% торф
- 10% ил + 90% торф

Каждый вариант эксперимента был заложен в пяти повторностях; в эксперименте было задействовано 20 контейнеров. Для оценки способности переработки илов дождевыми червями использовались пластиковые контейнеры с крышками объемом 1 л. В каждый контейнер было помещено по 700 мл смеси и по 10 взрослых червей *E.*

fetida; черви вместе с небольшим количеством субстрата, в котором они находились ранее, размещались в контейнеры через сутки после приготовления смеси. Во время проведения эксперимента контейнеры были закрыты крышками с перфорацией (10-12 отверстиями на крышке диаметром 0,5-1 мм). Контейнеры находились в помещении без освещения, температура поддерживалась в пределах 18–20°C, влажность смесей – на уровне 75-80 %.

Учет численности популяции и степени переработки компостируемой смеси проводился один раз в месяц (отдельно учитывались взрослые черви, мелкие черви и коконы в каждом контейнере). В начале и в конце эксперимента взвешивали червей (общую биомассу на 1 контейнер). Также в начале и в конце эксперимента проводился анализ компостируемой смеси на содержание нефтепродуктов. Общая продолжительность эксперимента составила 3 месяца. Статистическая обработка данных выполнена с помощью пакета программы Microsoft Office Excel. Данные представлены в виде средней арифметической $\pm$ стандартное отклонение ($M \pm SD$).

Адаптивные способности дождевых червей оценивали по следующим показателям: поведение червей в субстратах и их окраска (визуально), численность особей, находящихся на различных стадиях развития.

Результаты исследований и их обсуждение

Проведенные эксперименты показали, что черви, содержащиеся в вермикюльтуре на субстрате из смеси ила с торфом, с различной степенью успешности адаптируются к компостируемой смеси. В течение первых трех суток после помещения червей в компостируемую смесь они перешли из субстрата, с которым были помещены в контейнер, в подготовленную для компостирования смесь. При этом не наблюдалось признаков угнетения у отдельных особей.

На протяжении эксперимента не произошло увеличение численности половозрелых особей *E. fetida*. В смесях с высоким содержанием загрязненного ила (50 % и выше) численность половозрелых особей сократилась вдвое, при концентрации ила 10 % снизилась на треть, а при концентрации ила 30 % численность взрослых особей изменилась незначительно (рисунок 1).

Та же тенденция отмечена и для динамики численности ювенильных особей. Максимальный пророст численности ювенильных особей (в среднем до 14 экземпляров) отмечен в компостируемых смесях с 30 % содержанием ила; в то же время в смесях с равным содержанием ила и торфа, а также при концентрации ила 10 % численность молоди снижалась до 9-10 экземпляров. При соотношении ила к торфу 70:30 численность ювенильных особей была вдвое ниже, чем при противоположном соотношении компонентов компостируемой смеси (рисунок 2)

Рассматривая в целом динамику численности компостных червей, следует заметить, что численность ювенильных форм и взрослых в конце эксперимента была максимальной в смеси, где доля загрязненного нефтепродуктами ила была в пределах 30 % и значительно снижалась при повышении концентрации ила до 70 %.

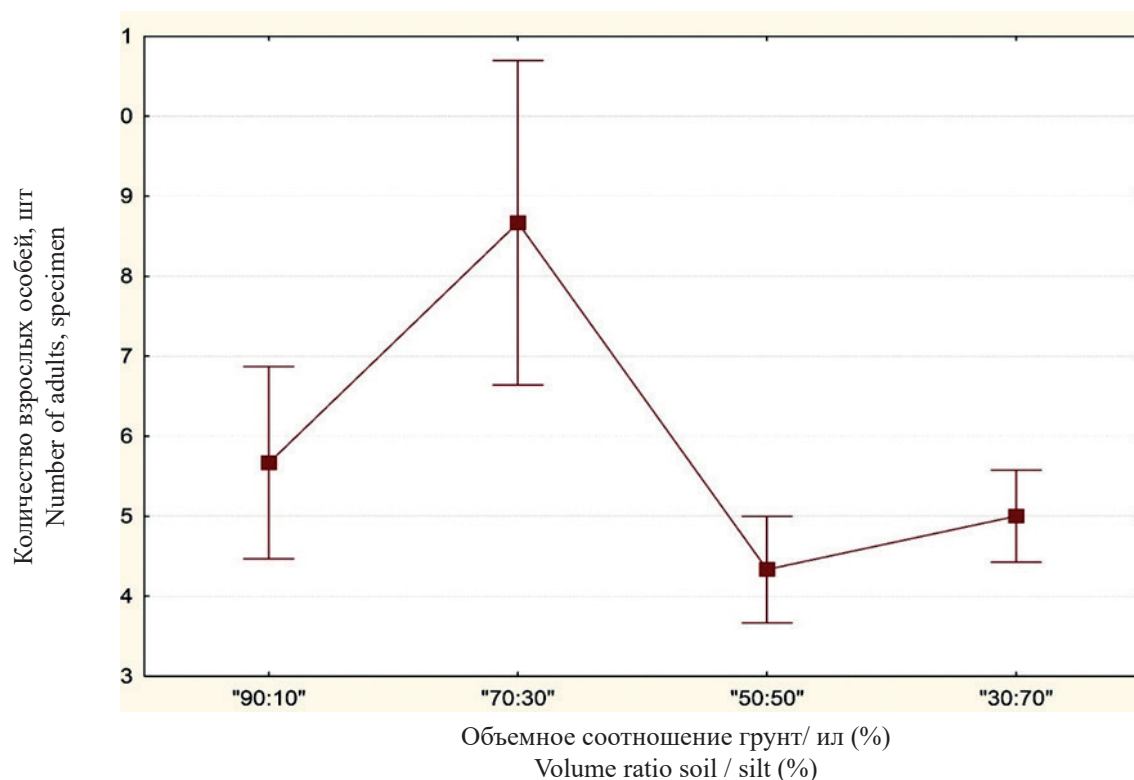


Рисунок 1. Изменение численности половозрелых червей *E. fetida*, культивируемых на субстратах с разным содержанием загрязнённого ила

[Figure 1. Changes in the number of mature *E. fetida* worms cultivated on substrates with different levels of contaminated silt]

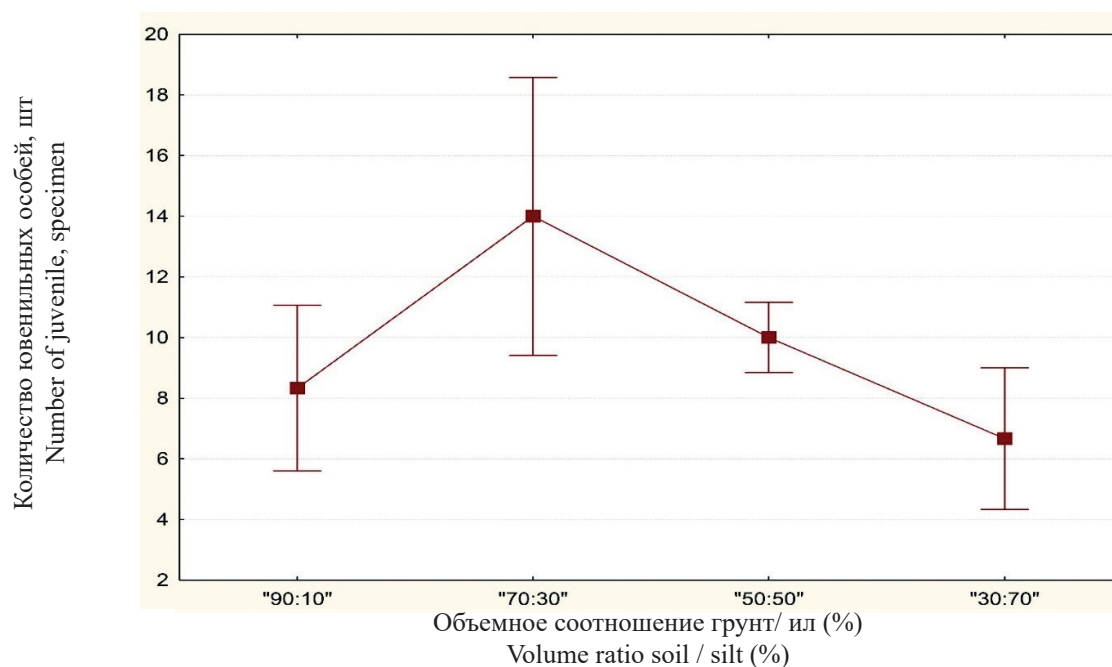


Рисунок 2. Прирост численности ювенильных особей *E. fetida*, культивируемых на субстратах с разным содержанием загрязнённого ила

[Figure 2. Increase in the number of juvenile *E. fetida* individuals cultivated on substrates with different levels of contaminated silt]

При более низкой концентрации ила в компостируемой смеси относительно выше численность отложенных коконов, причем эти показатели практически идентичны как при 10%, так и при 30% концентрации ила в компостируемой смеси. То же самое примерное равенство при практически двойном снижении продуктивности наблюдается и в смесях с 50 % и 70% содержанием ила (рисунок 3).

Полученные данные исследования характерных черт развития популяции дождевых компостных червей в субстрате с различной концентрацией загрязненного нефтепродуктами ила показали, что плодовитость червей, закономерно увеличивается при снижении доли ила до 30%, хотя и при более высоких концентрациях ила репродуктивные возможности червей сохраняются.

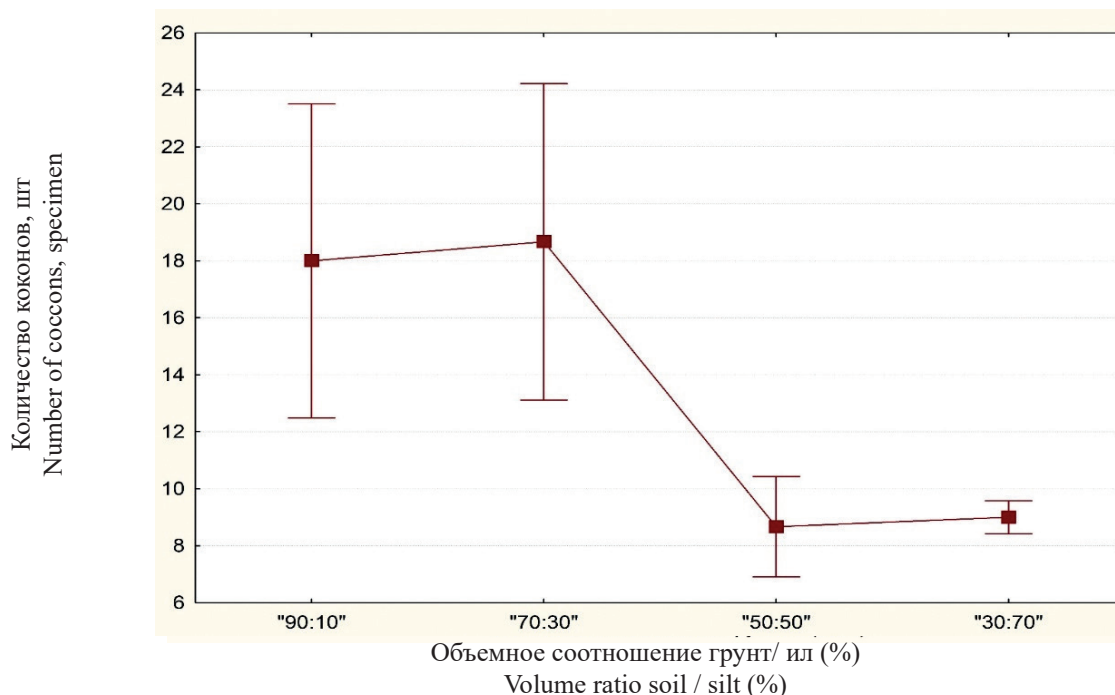


Рисунок 3. Количественный прирост коконов *E. fetida*, культивируемых на субстратах с разным содержанием загрязнённого ила

[Figure 3. Quantitative growth of *E. fetida* cocoons cultivated on substrates with different content of contaminated silt]

При определении динамики биомассы дождевых червей (без учета коконов) выявлено, что в течение первого месяца эксперимента происходило либо снижение общей биомассы вермикюльтуры (при концентрации ила 50% и выше), либо ее незначительный прирост (при низких концентрациях ила в смеси). Снижение общей биомассы происходило за счет гибели части взрослых особей из стартовой популяции. По прошествии трех месяцев общая биомасса червей либо немного сократилась по сравнению со стартовой (при концентрации ила 50% и выше), либо увеличилась почти в два раза (при концентрации ила 30% и выше) (таблица 1).

Таблица 1

Изменение биомассы дождевых червей в процессе компостирования смесей на основе илов, загрязненных нефтепродуктами
 [Changes in earthworm biomass during composting of sludge-based mixtures contaminated with petroleum products]

Варианты смеси (соотношение ила и торфа) Mix options (ratio of silt and peat)	Общая биомасса червей в контейнере (г) The total biomass of the worms in the container (g)			
	В начале эксперимента At the beginning of the experiment	Через 30 суток After 30 days	Через 60 суток After 60 days	Через 90 суток After 90 days
70:30	4,85±1,50	3,45±0,85	3,85±0,90	4,28±1,20
50:50	4,78±1,35	3,59±0,72	4,10±1,20	4,70±0,88
30:70	4,89±1,10	5,30±0,65	6,92±2,35	8,94±3,12
10:90	4,82±1,40	5,28±1,25	5,96±1,80	6,24±2,10

В процессе переработки содержание нефтепродуктов в компостируемой смеси значительно сокращалось, однако уровень сокращения варьировал в зависимости от соотношения ила и торфа в смесях для вермикомпостирования. Как при высоком (70%), так и при низком (10%) содержании загрязненного ила в составе компостируемой смеси относительная доля нефтепродуктов после окончания эксперимента снизилась в 2,2 раза. При равных долях ила и торфа в компостируемой смеси, а также при 30% содержании ила доля нефтепродуктов снизилась почти в три раза (Таблица 2).

Таблица 2

Изменение содержания нефтепродуктов в смеси в процессе вермикомпостирования
 [Changes in the content of petroleum products in the mixture during vermicomposting]

Варианты смеси (соотношение ила и торфа) Mix options (ratio of silt and peat)	Нефтепродукты (мг/кг), по окончании эксперимента Petroleum products (mg / kg), at the end of the experiment	
	В полученных образцах In the resulting samples	В пересчете на долю илового субстрата In terms of the proportion of silt substrate
Иловый субстрат до переработки Silt substrate before processing	20488,0	20488,0
70:30	6491,0	9272,8
50:50	3501,2	7002,4
30:70	2062,5	6873,3
90:10	908,5	9085,0

Таким образом, проведенные исследования показывают, что загрязненные нефтепродуктами донные отложения могут быть использованы в качестве компонента вермикомпостируемой смеси. Оптимальным вариантам смесей, при которых происходит более быстрая переработка, следует отнести смесь загрязненных илов и наполнителя в соотношении 30:70 и 50:50. Однако репродуктивные показатели дождевых червей остаются невысокими во всех вариантах смесей, но близки к оптимальным при 30% содержании ила в компостируемом материале.

Заключение

Проведенные исследования показали, что вермикюльтура *Eisenia fetida* может быть использована для переработки смесей, включающих загрязненные нефтепродуктами илы и торф. Оптимальные условия для ведения вермикюльтуры – соотношение ила и торфа в компостируемой смеси как 30:70. Наиболее эффективными для утилизации илов являются субстраты на их основе, где содержание наполнителя составляет не менее 70%. Так как репродуктивные способности червей значительно снижались при повышении доли ила, нецелесообразно использовать подобные компостируемые смеси для размножения вермикюльтуры.

Список литературы

1. Edwards C.A. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes for produce vermicomposts and animal food protein // *Earthworms Ecology* (2nd Edition). – C.R.C. Press, Boca Raton, FL., London, New York, Washington, 2004. – P. 345-438.
2. Кошаев А.Г. Биотехнология вермикюльтивирования органических отходов // *Научный журнал КубГАУ*. – 2014. – № 95(01). – С. 1-28.
3. Tripathi G. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg) // *Bioresource Technology*. – 2004. – Vol. 92. – P. 275-283.
4. Stewart A. The Earth Moved: On the Remarkable Achievements of Earthworm. – Algonquin Books, 2004. – 240 p.
5. Nayeem-Shah M., Gajalakshmi S., Abbasi S. A. Direct vermicomposting of vegetable waste using the concept of high-rate vermi-reactor operation // *International Journal of Environmental Science and Engineering Research*. – 2014. – Vol. 4. – P. 59-65.
6. Bressan R.A. Plants use calcium to resolve salt stress // *Trends in Plant Science*. – 1998. – Vol. 3. – P. 411-412.
7. Reich P.B. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species // *Ecology Letters*. – 2005. – Vol. 8. – Is. 8. – P. 811-818.
8. Gajalakshmi S., Ramasamy E.V., Abbasi S.A. Assessment of sustainable vermiconversion of water hyacinth at different reactor efficiencies employing *Eudrilus eugeniae* Kingburg // *Bioresource Technology*. – 2001. – Vol. 80. – P. 131-135.
9. Tereshchenko N.N., Akimova E.E., Pisarchuk A.D., Yunusova T.V., Minaeva O.M. Utilizing heavy metal-laden water hyacinth biomass in vermicomposting // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2015. – Vol. 22. – P. 7147-7154.
10. Терещенко Н.Н. Микробиологические механизмы формирования фунгистатических свойств вермикомпоста и грунтов на его основе // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2007. – № 11. – С. 1-7.
11. Бабенко А.С., Ван Джа Нин. Перспективы использования вермикомпоста в защите растений // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. – 2010. – № 1(9). – С. 105-110.
12. Винник В.В. Перспективы использования вермикюльтуры для восстановления нефтезагрязненных почв // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. – 2004. – № 3. – С. 106-107.
13. Смольникова В.В. Особенности биологической очистки субстратов с использованием вермикюльтуры в условиях нефтяного загрязнения // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки*. – 2010. – № 1. – С. 106-109.

14. Хатмуллина А.В., Чачина С.Б., Блохина Е.В., Колпаков З.М. Рекультивация нефтезагрязнённых почв с использованием трех микробиологических препаратов и с помощью дождевых червей *E. fetida* // Актуальные вопросы энергетики. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2019. – С. 132-136.
15. Чачина С.Б., Салыкина Ю.О. Потенциал *Eisenia andrei* в комплексной очистке почв, загрязненных мазутом // Бюллетень науки и практики. – 2018. – Т. 4. – № 10. – С. 116-124.
16. Чачина С.Б., Воронкова Н.А., Бакланова О.Н. Биоремедиация нефтезагрязненных почв с использованием дождевых червей *Eisenia andrei* // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства. Материалы 6-й международной научно-технической конференции. – 2016. – С. 32-33.
17. Чачина С.Б., Поночевная Г.С., Черкашина Н.В. Динамика популяционных показателей трех видов дождевых червей *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobena veneta* в условиях загрязнения почвы отработанным машинным маслом // Омский научный вестник. – 2015. – № 1(138). – С. 226-231.
18. Воробьев Д.С., Франк Ю.А., Залозный Н.А., Лушников С.В., Ступакова Л.П. К вопросу устойчивости *Limnodrilus hoffmeisteri* (Oligochaeta, Tubificidae) к нефтяному загрязнению // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2008. – № 2(3). – С. 83-88.
19. Воробьев Д.С., Франк Ю.А., Лушников С.В., Залозный Н.А., Носков Ю.А. Использование *Limnodrilus hoffmeisteri* (Tubificidae, Oligochaeta) в очистке донных отложений от нефти и нефтепродуктов // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 1. – С. 21-27.
20. He X., Zhang Y., Shen M., Zeng G., Zhou M., Li M. Effect of vermicomposting on concentration and speciation of heavy metals in sewage sludge with additive materials // Bioresource Technology. – 2016. – Vol. 218. – P. 867-873.
21. Boeres N., Yong F. Effects and promotion of Earthworm on municipal sewage sludge degradation // Int. Journal of Scientific & Engineering Research. – 2019. – Vol. 10. – P. 70-86.
22. Singh J., Kaur A., Vig A.P. Bioremediation of distillery sludge into soil-enriching material through vermicomposting with the help of *Eisenia fetida* // Applied Biochemistry and Biotechnology. – 2014. – Vol. 174. – P. 1403-1419.
23. Xing M., Lv B., Zhao C., Yang J. Towards understanding the effects of additives on the vermicomposting of sewage sludge // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. – Vol. 22. – P. 4644-4653.
24. Yadav A., Garg V.K. Influence of stocking density on the vermicomposting of an effluent treatment plant sludge amended with cow dung // Environmental Science and Pollution Research. – 2016. – Vol. 23. – P. 13317-13326.
25. Hait S., Tare V. Optimizing vermicomposting of waste activated sludge using vermicompost as bulking material // Waste management. – 2011. – Vol. 31(3). – P. 502-511.

А.С. Бабенко, Д.В. Безруков, Д.С. Воробьев

Ұлттық зерттеу Томск мемлекеттік университеті, Томск, Ресей

Мұнай өнімдерімен ластанған шөгінділерді өңдеу үшін вермикультураны қолдану

Аңдатпа. Мұнай өнімдерімен ластанған шөгінділердің субстратындағы компост жауын құрты *Eisenia fetida* популяциясының динамикасы зерттелді. Вермикультура мұнай өндіру кәсіпорнының тазарту қондырғыларының лайлары мен торф қоспасы бар пластик контейнерлерде жасалды. Мұнай өнімдерімен ластанған түпкі шөгінділерді вермикомпостты қоспаның құрамдас бөлігі ретінде пайдалануға болатыны көрсетілді. Өңдеу процесінде компост қоспасындағы мұнай өнімдерінің мөлшері айтарлықтай төмендеді, бірақ тотықсыздану деңгейі вермикомпосттау қоспаларындағы лайлар мен торф қатынасына байланысты өзгерді. Субстратты тезірек өңдеуге арналған қоспаның оңтайлы нұсқалары 30:70 және 50:50 қатынасында ластанған лайлар мен толтырғыштардың қоспасын қамтиды. Жауын құрттарының репродуктивті көрсеткіштері, сондай-ақ жас даралардың саны мен биомассасының ұлғаюы қоспалардың барлық нұсқаларында төмен болып қалады, бірақ 30% құрамда немесе компостталған материалда оңтайлыға жақын.

Түйін сөздер: вермикультура, *Eisenia fetida*, түп шөгінділері, лайлар, мұнай өнімдері, популяция динамикасы.

A.S. Babenko, D.V. Bezrukov, D.S. Vorobiev
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Use of vermiculture for processing bottom sediments contaminated with petroleum products

Abstract. The vermiculture was kept in plastic containers on a mixture of sludge from oil mine treatment facilities and peat. It has been shown that bottom sediments contaminated with petroleum products can be used as a component of a vermicompostable mixture. During the processing process, the content of petroleum products in the composting mixture significantly reduced, but the level of reduction varied depending on the ratio of sludge and peat in the vermicomposting mixtures. The optimal mixture options for faster processing of the substrate include a mixture of contaminated sludge and filler in a ratio of 30:70 and 50:50. Reproductive performance of earthworms, as well as the increase in the number and biomass of juveniles, remains low in all variants of mixtures, but is close to optimal at a 30% content or in composted material.

Keywords: vermiculture, *Eisenia foetida*, bottom sediments, silt, oil products, population dynamics.

References

1. Edwards C.A. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes for p1. Edwards C.A. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes for produce vermicomposts and animal food protein, *Earthworms Ecology* (2nd Edition) (C.R.C. Press, Boca Raton, FL., London, New York, Washington, 2004, 345-438 p.).
2. Koshchaev A.G. Biotehnologiya vermikul'tivirovaniya organicheskikh othodov, *Nauchnyj zhurnal KubGAU [Biotechnology of vermicultivation of organic waste, Scientific journal of KubSAU]*, 95(01), 1-28 (2014). [in Russian]
3. Tripathi G. Comparative studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritii* (Kinberg), *Bioresource Technology*, 92, 275-283 (2004).
4. Stewart A. The Earth Moved: On the Remarkable Achievements of Earthworm (Algonquin Books, 2004, 240 p.).
5. Nayeem-Shah M., Gajalakshmi S., Abbasi S. A. Direct vermicomposting of vegetable waste using the concept of high-rate vermi-reactor operation, *International Journal of Environmental Science and Engineering Research*, 4, 59-65 (2014).
6. Bressan R.A. Plants use calcium to resolve salt stress, *Trends in Plant Science*, 3, 411-412 (1998).
7. Reich P.B. Linking litter calcium, earthworms and soil properties: a common garden test with 14 tree species, *Ecology Letters*, 8(8), 811-818 (2005).
8. Gajalakshmi S., Ramasamy E.V., Abbasi S.A. Assessment of sustainable vermiconversion of water hyacinth at different reactor efficiencies employing *Eudrilus eugeniae* Kingburg, *Bioresource Technology*, 80, 131-135 (2001).
9. Tereshchenko N.N., Akimova E.E., Pisarchuk A.D., Yunusova T.V., Minaeva O.M. Utilizing heavy metal-laden water hyacinth biomass in vermicomposting, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 7147-7154 (2015).
10. Tereshchenko N.N. Mikrobiologicheskie mekhanizmy formirovaniya fungistaticheskikh svoystv vermikomposta i gruntov na ego osnove, *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki [Microbiological mechanisms of formation of fungistatic properties of vermicompost and soils based on it, Siberian Bulletin of Agricultural Science]*, 11, 1-7 (2007). [in Russian]
11. Babenko A.S., Van Dzha Nin. Perspektivy ispol'zovaniya vermikomposta v zashchite rastenij, *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya [Prospects for the use of vermicompost in plant protection, Bulletin of Tomsk State University. Biology]*, 1(9), 105-110 (2010). [in Russian]
12. Vinnik V.V. Perspektivy ispol'zovaniya vermikul'tury dlya vosstanovleniya neftezagryaznennykh pochv, *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tekhnicheskie nauki [Prospects for the use of vermiculture for the restoration of oil-contaminated soils, News of higher educational institutions. North Caucasus region. Technical science]*, 3, 106-107 (2004). [in Russian]

13. Smol'nikova V.V. Osobennosti biologicheskoy ochistki substratov s ispol'zovaniem vermikul'tury v usloviyah neftyanogo zagryazneniya, Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Tekhnicheskie nauki [Features of biological purification of substrates using vermiculture in conditions of oil pollution, News of higher educational institutions. North Caucasus region. Technical science], 1, 106-109 (2010). [in Russian]
14. Hatmullina A.V., CHachina S.B., Blohina E.V., Kolpakov Z.M. Rekul'tivaciya neftezagryaznyonnyh pochv s ispol'zovaniem trekh mikrobiologicheskikh preparatov i s pomoshch'yu dozhdevykh chervej E.fetida. V sbornike: Aktual'nye voprosy energetiki. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [Reclamation of oil-contaminated soils using three microbiological preparations and with the help of earthworms E. fetida / In the collection: Current issues of energy. Materials of the All-Russian scientific and practical conference with international participation], 132-136 (2019). [in Russian]
15. CHachina S.B., Salykina YU.O. Potencial Eisenia andrei v kompleksnoj ochistke pochv, zagryaznennyh mazutom, Byulleten' nauki i praktiki [The potential of Eisenia andrei in the complex purification of soils contaminated with fuel oil, Bulletin of Science and Practice], 4(10), 116-124 (2018). [in Russian]
16. CHachina S.B., Voronkova N.A., Baklanova O.N. Bioremediaciya neftezagryaznennyh pochv s ispol'zovaniem dozhdevykh chervej Eisenia andrei. Tekhnika i tekhnologiya neftekhimicheskogo i neftegazovogo proizvodstva. Materialy 6-j mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii [Bioremediation of oil-contaminated soils using earthworms Eisenia andrei. Equipment and technology of petrochemical and oil and gas production. Proceedings of the 6th International Scientific and Technical Conference], 32-33 (2016). [in Russian]
17. CHachina S.B., Ponochevnaya G.S., CHerkashina N.V. Dinamika populyacionnyh pokazatelej trekh vidov dozhdevykh chervej Eisenia foetida, Eisenia andrei, Dendrobena veneta v usloviyah zagryazneniya pochvy otrabotannym mashinnym maslom, Omskij nauchnyj vestnik [Dynamics of population indicators of three species of earthworms Eisenia foetida, Eisenia andrei, Dendrobena veneta under conditions of soil contamination with waste machine oil, Omsk Scientific Bulletin], 1(138), 226-231 (2015). [in Russian]
18. Vorob'ev D.S., Frank YU.A., Zaliznyj N.A., Lushnikov S.V., Stupakova L.P. K voprosu ustojchivosti Limnodrilus hoffmeisteri (Oligochaeta, Tubificidae) k neftyanomu zagryazneniyu, Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya [On the issue of resistance of Limnodrilus hoffmeisteri (Oligochaeta, Tubificidae) to oil pollution, Bulletin of Tomsk State University. Biology], 2(3), 83-88 (2008). [in Russian]
19. Vorob'ev D.S., Frank YU.A., Lushnikov S.V., Zaliznyj N.A., Noskov YU.A. Ispol'zovanie Limnodrilus hoffmeisteri (Tubificidae, Oligochaeta) v ochistke donnyh otlozhenij ot nefti i nefteproduktov, Sibirskij ekologicheskij zhurnal [Use of Limnodrilus hoffmeisteri (Tubificidae, Oligochaeta) in cleaning bottom sediments from oil and oil products, Siberian Ecological Journal], 1, 21-27 (2010). [in Russian]
20. He X., Zhang Y., Shen M., Zeng G., Zhou M., Li M. Effect of vermicomposting on concentration and speciation of heavy metals in sewage sludge with additive materials, Bioresource Technology, 218, 867-873 (2016).
21. Boeres N., Yong F. Effects and promotion of Earthworm on municipal sewage sludge degradation, Int. Journal of Scientific & Engineering Research, 10, 70-86 (2019).
22. Singh J., Kaur A., Vig A.P. Bioremediation of distillery sludge into soil-enriching material through vermicomposting with the help of Eisenia fetida, Applied Biochemistry and Biotechnology, 174, 1403-1419 (2014).
23. Xing M., Lv B., Zhao C., Yang J. Towards understanding the effects of additives on the vermicomposting of sewage sludge, Environmental Science and Pollution Research, 22, 4644-4653 (2015).
24. Yadav A., Garg V.K. Influence of stocking density on the vermicomposting of an effluent treatment plant sludge amended with cow dung, Environmental Science and Pollution Research, 23, 13317-13326 (2016).
25. Hait S., Tare V. Optimizing vermistabilization of waste activated sludge using vermicompost as bulking material, Waste management, 31(3), 502-511 (2011).

Сведения об авторах:

Бабенко А.С. – доктор биологических наук, заведующий кафедрой сельскохозяйственной биологии, Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Безруков Д.В. – аспирант Биологического института, Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Воробьев Д.С. – доктор биологических наук, директор Биологического института, Томский государственный университет, пр. Ленина, 36, Томск, Россия.

Babenko A.S. – Doctor of Biology, Head of Department of Agricultural Biology, Tomsk State University, 36 Lenin ave., Tomsk, Russia.

Bezrukov D.V. – PhD Student, Biological Institute of Tomsk State University, 36 Lenin ave., Tomsk, Russia.

Vorobiev D.S. – Doctor of Biology, Director of Biological Institute of Tomsk State University, 36 Lenin ave., Tomsk, Russia.

Редакторы: **Р.І. Берсімбай**

Компьютерде беттеген: **Ж.Қ. Оспан**

Авторларға арналған нұсқаулықтар,
жарияланым этикасы журнал сайтында енгізілген: <http://bulbio.enu.kz/>

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.
Биологиялық ғылымдар сериясы.

- 4(145)/2023 - Астана: ЕҰУ. - 144 б.
Шартты б.т. - 9,1. Таралымы - 8 дана.
Басуға қол қойылды: 27.12.2023

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bulbio.enu.kz>

Мазмұнына типография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев көшесі, 2.
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті Тел.: +7(71-72) 70-95-00 (ішкі 31-428)

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды