

ISSN 1563-0218; eISSN 2617-7498

ӘЛ-ФАРАБИ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

ХАБАРШЫ

Биология сериясы

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ

ВЕСТНИК

Серия биологическая

AL-FARABI KAZAKH NATIONAL UNIVERSITY

EXPERIMENTAL BIOLOGY

№2 (99)

Алматы
“Қазақ университеті”
2024



ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №2 (99) маусым



04.05.2017 ж. Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникация министрлігінде тіркелген

Қуәлік № 16494-Ж

Журнал жылына 4 рет жарыққа шығады
(наурыз, маусым, қыркүйек, желтоқсан)

ЖАУАПТЫ ХАТШЫ

Шокагаева Д.Х., PhD (Қазақстан)
e-mail: bb.kaznu.kz@gmail.com

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

Бисенбаев А.Қ., б.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (ғылыми редактор) (Қазақстан)
Бекманов Б.О., б.ғ.к., доцент (ғылыми редактордың орынбасары) (Қазақстан)
Төлеуханов С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Айташева З.Г., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Кистаубаева А.С., б.ғ.к. (Қазақстан)
Конуспаева Г.С., PhD, профессор (Қазақстан)
Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Нургазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Турусбеков Е.К., б.ғ.к., қауымдастырылған профессор (Қазақстан)

Берсимбаев Р.И., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Искаков Б.К., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Сарбасов Д., PhD, профессор (АҚШ)
Орынбаева З., PhD, профессор (АҚШ)
Қурмашева Р.Т., PhD (АҚШ)
Сапарбаев М., PhD, профессор (Франция)
Ищенко А., PhD (Франция)
Лось Д., б.ғ.д., профессор (Ресей)
Ташев А.Н., профессор (Болгария)
Қурманғалиев Е., PhD (США)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

Смекенов Изат, PhD (Қазақстан)

Журнал материалдарында ауқымды биологиялық мәселелері – ғылыми шолу, теориялық және эксперименталдық зерттеулердің нәтижелері қарастырылады.

Мақалалар биологияның келесі бөлімдері бойынша жарияланады: ботаника, биотехнология, биохимия, өсімдіктер физиологиясы, генетика және молекулалық биология, клеткалық биология, биофизика, адам және жануарлар физиологиясы, зоология және ихтиология, цитология және гистология, микробиология және вирусология.



Жоба менеджері

Гульмира Шаққозова
Телефон: +7 701 724 2911
E-mail: Gulmira.Shakkozova@kaznu.kz

Пішімі 60x84/16. Көлемі 14,9 б.т. Тапсырыс №10427.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
“Қазақ университеті” баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

1-бөлім
БОТАНИКА

Section 1
BOTANY

Раздел 1
БОТАНИКА

З.М. Сергазинова^{1*}, **А.С. Чашин²**, **А.Т. Толеужанова¹**

¹НАО «Торайгыров университет», Казахстан, г. Павлодар

²ТОО «ЛандшафтДизайнПавлодар», Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: mszarinam@mail.ru

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ТЕРРИТОРИЙ ПАРКОВ ГОРОДА АКСУ (Павлодарская область)

В данной статье представлены результаты инвентаризации зеленых насаждений парковых территорий г. Аксу Павлодарской области с оценкой состояния деревьев и кустарников. Проведен анализ каждого парка из имеющихся пяти, определены виды, возраст и жизненное состояние растений, осуществлена сравнительная оценка насаждений парков. Выявлены отличия не только по видовому и возрастному составу, но и по критериям жизненного состояния растений. Наиболее устойчивые растительные сообщества представлены в Центральном парке и Барановском саду, это самые крупные по площади парковые территории города. В парках с меньшей площадью наблюдаются показатели нарушенных выведенных из состояния равновесия сообществ. Так, в парке на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова наблюдается обедненный видовой состав, высокий уровень монодоминантности, показатели по жизненному состоянию характеризуются относительно высокой долей средне- и сильноповрежденных насаждений. В оставшихся двух парках (Парк на пересечении улиц Маметовой и Строителей и парк на пересечении улиц К. Маркса и Астаны) наблюдается негативная динамика по всем оцениваемым показателям: обедненный видовой состав, неравномерное распределение видов в сообществе, монодоминантность, с преобладанием одного или двух видов, низкая доля молодых насаждений, высокий процент сильно поврежденных деревьев. Кроме того, в каждом парке структура сообществ деревьев и кустарников различна, с разными доминирующими видами. Проведенная инвентаризация и оценка состояния древесно-кустарникового сообщества дают возможность выявления проблемных участков озеленения с целью разработки дальнейших эффективных природоохранных мероприятий программ озеленения и реконструкции насаждений территорий общего пользования города.

Ключевые слова: город, парк, озеленение, вид, жизненное состояние.

Z.M. Sergazina^{1*}, A.S. Chashin², A.T. Toleuzhanova¹

¹NJSC «Toraigyrov University», Kazakhstan, Pavlodar

²«LandscapeDesignPavlodar» LLP, Kazakhstan, Pavlodar

*e-mail: mszarinam@mail.ru

Assessment of the condition of green places in the park territories of the city of Aksu (Pavlodar Region)

This article presents the results of inventory of green areas of park territories of Aksu city of Pavlodar region with the assessment of the condition of trees and shrubs. The analysis of each park out of available five parks was carried out, species, age and vital state of plants were determined, comparative assessment of park plantings was carried out. Differences were found not only in species and age composition, but also in the criteria of plant life state. The most stable plant communities are represented in the Central Park and Baranovsky Garden, which are the largest park territories of the city by area. In parks with smaller areas there are indicators of disturbed out of balance communities. Thus, in the park at the intersection of Mametova and Auevov Streets there is an impoverished species composition, a high level of monodominance, the indicators of vital state are characterised by a relatively high proportion of moderately and severely damaged plantings. In the remaining two parks (Park at the intersection of Mametova and Stroiteley Streets and Park at the intersection of K. Marx and Astana Streets) negative dynamics is observed for all assessed indicators: impoverished species composition, uneven distribution of species in the community, monodominance, with predominance of one or two species, low proportion of young stands, high percentage of severely damaged trees. In addition, the structure of tree and shrub communities is different in each park, with different dominant species. The conducted inventory and assessment of the condition of tree and shrub community give an opportunity to identify problem areas

of landscaping in order to develop further effective environmental protection measures of landscaping programmes and reconstruction of plantings of public areas of the city.

Key words: city, park, landscaping, species, life condition.

З.М. Сергазинова^{1*}, А.С. Чашин², А.Т. Толеужанова¹

¹«Торайғыров университеті» ҚЕАҚ, Қазақстан, Павлодар қ.

²«ЛандшафтДизайнПавлодар» ЖШС, Қазақстан, Павлодар қ.

*e-mail: mszarinam@mail.ru

Ақсу қаласы (Павлодар ауданы) саябақтарының территориясындағы жасыл көшеттерді бағалау

Бұл мақалада ағаштар мен бұталардың жағдайын бағалай отырып, Павлодар облысы Ақсу қаласының саябақ аумақтарындағы жасыл желектерді түгендеу нәтижелері келтірілген. Бар бес саябақтың әрқайсысына талдау жүргізілді, өсімдіктердің түрлері, жасы және тіршілік жағдайы анықталды, саябақтардың көшеттеріне салыстырмалы бағалау жүзеге асырылды. Түрлер мен жас құрамы бойынша ғана емес, сонымен қатар өсімдіктердің тіршілік жағдайының критерийлері бойынша да айырмашылықтар анықталды. Ең тұрақты өсімдіктер қауымдастығы Орталық саябақта және Баран бақшасында орналасқан, бұлар ауданы бойынша қаланың ең үлкен саябақ аумақтары. Ауданы аз саябақтарда бұзылған, тепе-теңдік жағдайынан шығарылған қауымдастықтардың көрсеткіштері байқалады. Мәселен, Мәметова мен Әуезов көшелерінің қиылысында орналасқан саябақта азайған түрлер құрамы, монодоминанттылықтың жоғары деңгейі байқалады, тіршілік жағдайы бойынша көрсеткіштер орташа және қатты зақымдалған көшеттердің салыстырмалы түрде жоғары үлесімен сипатталады. Қалған екі саябақта (Мәметова мен Строитель көшелерінің қиылысындағы саябақ және К. Маркс пен Астана көшелерінің қиылысындағы саябақ) барлық бағаланатын көрсеткіштер бойынша теріс динамика байқалады: түрлер құрамының азаюы, қауымдастықтағы түрлердің біркелкі таралмауы, бір немесе екі түрдің басым болуымен байқалатын монодоминанттылық, жас көшеттердің төмен үлесі, қатты зақымдалған ағаштардың жоғары пайызы. Сонымен қатар, әр саябақта ағаштар мен бұталар қауымдастығының құрылымы түрлі доминантты түрлермен әртүрлі болып келеді. Жүргізілген түгендеу және ағаш-бұта қауымдастығының жағдайын бағалау, қаланың жалпы пайдаланымындағы аумақтарының көшеттерін реконструкциялау және көгалдандыру бағдарламаларының одан әрі тиімді табиғат қорғау іс-шараларын әзірлеу мақсатында, көгалдандырудың проблемалық учаскелерін анықтауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: қала, саябақ, көгалдандыру, түр, тіршілік жағдайы.

Введение

С развитием городов и промышленности вопросы охраны окружающей среды становятся все более сложными. В целом за последние двести лет наблюдается усиление негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе и на зеленые насаждения городских территорий. Экологическая проблема озеленения парковых зон стоит особенно остро в промышленно-развитых городах. Древесные и кустарниковые растения, как средовосстанавливающая система, регулируют физическое и химическое загрязнение городской среды и обеспечивают комфортную среду обитания человека в городе. Зеленые насаждения несут значительную нагрузку, выполняя санитарные, архитектурные, хозяйственные, эстетические и другие функции [1–3].

Рост городов признается как преобразование покрытой растительностью поверхности в

застроенную поверхность. Древесный покров представляет собой простой способ оценить величину городского леса в целом и его воздействие на окружающую среду. Однако, учитывая существующую литературу, до сих пор нет единого мнения о динамике зеленых насаждений, вызванной урбанизацией. Результаты исследований ученых Китая, проанализировавших 340 китайских городов показывают, что, хотя озеленение растительности в целом отставало от роста городов в период мониторинга, с течением времени можно наблюдать тенденцию его последовательного ускорения. Ключевой вывод заключается в том, что более чем в 85 % городов отмечено увеличение зеленых насаждений наряду с ростом городов [4]. К примеру, можно выделить успешный опыт озеленения городских территорий Сингапура, который известен как «Город-сад» в различной популярной и научной литературе [5], Осло также является одним из самых зеленых городов, сады и парки занима-

ют почти две трети площади города, покрытой густым лесом [6]. Древесный покров в городах США имеет же тенденцию к уменьшению, в то время как непроницаемый покров (поверхности дорог, зданий, тротуаров и парковок) увеличивается [7].

В процессе озеленения важны несколько фактов. К ним относятся четкое видение, подкрепленное эффективной политикой городского планирования и поддерживающей правовой базой, а также эффективное управление и развитие институтов для практической реализации политики озеленения [6, 8–16].

Город Аксу – это промышленно-развитый город не только Павлодарской области, но и Казахстана в целом. Основное направление промышленности города Аксу – это черная металлургия. Здесь сосредоточено одно из крупнейших в мире металлургических предприятий – Аксуский завод ферросплавов, филиал АО «ТНК «Казхром». Продукция предприятия давно признана на мировом рынке (США, КНР, другие страны). Кроме того, имеется еще ряд крупных коммунальных предприятий и несколько сотен субъектов малого и среднего бизнеса.

Основой формирования системы озеленения на территории города Аксу являются имеющиеся зеленые и рекреационные зоны, существующая застройка территории города, транспортный каркас, социальная и инженерная инфраструктура. Основные зоны города, на которых расположены объекты, формирующие его систему благоустройства и озеленения – это общественно-деловые, жилые и рекреационные.

На данный момент население г. Аксу составляет 43 004 человек. Общая площадь зеленых насаждений на территории города в 2022 году составила 579 061 га. Показатель озеленения составил 13,5 км² зеленых насаждений общего пользования на одного жителя города Аксу. Это достаточно высокий уровень продуктивности территории по кислороду. Город Аксу имеет хороший показатель по площади озеленения, но в перспективе как краткосрочной, так и долгосрочной, необходимо взамен стареющих растений своевременно закладывать посадку новых [17].

Материалы и методы исследования

В 2022 году проведена сплошная инвентаризация зеленых насаждений парковых территорий города Аксу. Всего на территории города

Аксу имеется пять парков: Центральный парк, Барановский сад, парк на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова, парк на пересечении улиц Маметовой и Строителей, парк на пересечении улиц К. Маркса и Астаны (рисунок 1). Инвентаризация осуществлена в соответствии с нормативно-правовыми актами Республики Казахстан в области озеленения [18–25]. В 2023 году высадки в парках не проводились, за исключением парка на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова (высажено 100 экземпляров).

Исследование проводили маршрутно-визуальным методом с использованием качественных и количественных показателей древесных и кустарниковых растений.

На территории данных парков установлен видовой состав древесных и кустарниковых насаждений. Выделяли три возрастные группы:

- молодые (до 10 лет);
- продуктивные (до 40 лет);
- перестойные (старше 40 лет).

Оценку жизненного состояния проводили по 7 бальной шкале: 1 балл – Условно здоровые, 2 балла – Слабо поврежденные, 3 балла – Средне поврежденные и 4 – Сильно поврежденные, 5 баллов – Свежий сухостой, 6 – Старый сухостой, добавлена 7 категория – Аварийные.

Для статистической обработки материала были использованы методы одномерной и частично многомерной статистики, расчеты и построение графиков выполнены в программах STATISTICA 6.0 и Excel.

Результаты и их обсуждение

Площадь территории зеленых насаждений общего пользования (пяти указанных парков) составляет 188 807,4 га (33 % от общей площади озеленения, включая – территории ограниченного пользования и озелененные территории улично-дорожной сети). Плотность насаждений в среднем составляет 0,03 экз/га.

Всего в результате исследований на территориях парковых зон было зарегистрировано 6331 зеленых насаждений, в том числе:

- 4021 экземпляров деревьев;
- 2310 экземпляров кустарников.

Видовую принадлежность учитывали только для живых насаждений, без учета аварийных и сухостойных. В итоге на территории пяти парков было зарегистрировано 13 видов деревьев, 14 видов кустарниковых насаждений, в том числе 7 видов плодовых кустарников (таблица 1).



Рисунок 1 – Парки города Аксу

- 1 – Центральный парк; 2 – Барановский сад; 3 – парк на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова;
4 – парк на пересечении улиц Маметовой и Строителей;
5 – парк на пересечении улиц К. Маркса и Астаны.

Центральный парк г. Аксу протянут между улицами Ленина и Пушкина. По площади это самый крупный парк. Здесь отмечено самое высокое количество экземпляров деревьев и кустарников (3639) и отмечено самое высокое видовое разнообразие. Всего зарегистрировано 17 видов зеленых насаждений, из которых 10 видов составляли деревья и 7 видов – кустарники. Сообщество древесных (2620 экземпляров) и кустарниковых (1019 экземпляров) насаждений данного парка более выравненное и разнообразное, и, как правило, более устойчивое. Среди деревьев отмечено пять доминантов: тополь (39,9%), клен (24,6 %), ель (13 %). К второстепенным видам можно отнести яблоню (8 %), иву (4,5 %), березу (4,4 %), сосну (3,7 %) и рябину (1,5 %).

Редко встречаются (менее 1 %) акация, ольха. У кустарников абсолютным доминантом выступает вяз (77 %), содоминирует сирень (17,86%), шиповник занимает второстепенное значение (2,45 %), остальные виды редкие: вишня, жимолость, лох, смородина. Возрастной состав, как деревьев, так и кустарников представлен в большей степени молодыми насаждениями (64 %; 66 % соответственно), т.е. растениями, не достигшими возраста плодоношения, а также продуктивными (28 %; 29 % соответственно) растениями. Наименьшую часть зеленых насаждений составляют перестойные деревья и кустарники (7,7 %; 4,9 % соответственно), к данной возрастной группе относится старая и больная растительность, утратившая свою продуктивность. Учитывая жизненное состояние

зеленых насаждений парковой зоны, можно сказать, что здоровье растений соотносится с их возрастной группой. Таким образом, на территории Центрального парка зарегистрирован один из самых высоких показателей условно-здоровых, слабоповрежденных насаждений (91,3 %) переключаясь с молодым возрастом, а процент сильноповрежденных деревьев и кустарников (3,9 %) сходится с перестойным возрастным составом парка.

Барановский сад – второй по величине парк города, расположен на восточной окраине г. Аксу. Сад назван в честь основателя – первого садовода Павлодарского Прииртышья В. Н. Баранова. Здесь зарегистрировано 943 экземпляров деревьев и кустарников, что почти в четыре раза меньше, чем в Центральном парке. Отмечено 11 видов деревьев и 7 видов кустарников. Особенность этого сада заключена в том, что он охватывает территорию яблоневого сада, что объясняет преобладание яблони (51 %) в структуре сообщества древесных растений. Сodomинирует сосна (22%), к второстепенным видам можно отнести ель (9%), березу (6%), тополь (5 %), клен (1,57%), к редким видам – иву, осину, рябину, ясень. Среди кустарников лидируют по численности вишня (38%), вяз (32%), смородина (23 %). Большая часть насаждений представлена молодыми экземплярами, так среди деревьев доля молодых составила 89 %, среди кустарников – 91%. На территории Барановского сада зарегистрирован самый высокий показатель условно-здоровых, слабоповрежденных насаждений (95,4 %).

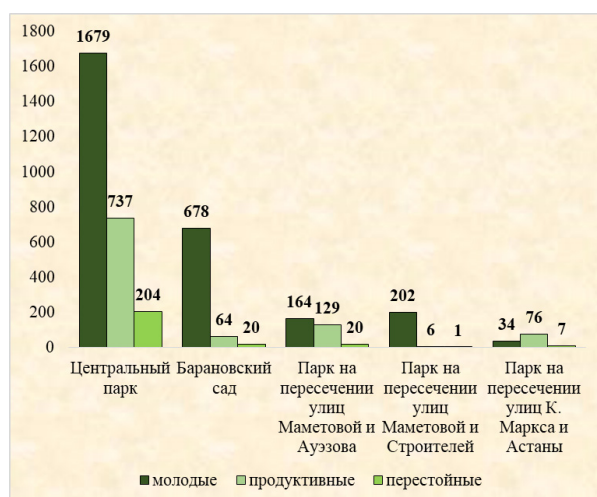
Таблица 1 – Видовой состав древесных и кустарниковых насаждений парковых территорий г. Аксу

№	Вид	Центральный парк		Барановский сад		Парк на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова		Парк на пересечении улиц Маметовой и Строителей		Парк на пересечении улиц К. Маркса и Астаны		Итого	
		п	%	п	%	п	%	п	%	п	%	п	%
Деревья													
1	Акация	2	0,1	0	0,00	0	0	0	0,00	11	9,40	13	0,37
2	Береза	114	4,4	45	5,91	9	2,88	42	20,10	18	15,38	228	6,51
3	Дуб	0	0,0	31	4,07	0	0,00	4	1,91	6	5,13	41	1,17
4	Ель	341	13,0	69	9,06	0	0,00	46	22,01	0	0,00	456	13,02
5	Ива	117	4,5	7	0,92	46	14,70	0	0,00	0	0,00	170	4,86
6	Клен	644	24,6	12	1,57	94	30,03	2	0,96	15	12,82	767	21,91
7	Осина	0	0	3	0,39	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,09
8	Ольха	11	0,4	0	0,00	6	1,92	0	0,00	0	0,00	17	0,49
9	Рябина	39	1,5	3	0,39	0	0,00	0	0,00	0	0,00	42	1,20
10	Сосна	96	3,7	165	21,65	28	8,95	75	35,89	0	0,00	364	10,40
11	Тополь	1046	39,9	38	4,99	114	36,42	39	18,66	48	41,03	765	21,85
12	Яблоня	210	8,0	386	50,66	16	5,11	1	0,48	19	16,24	632	18,05
13	Ясень	0	0	3	0,39	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,09
Итого		2620	100	762	100	313	100	209	100,00	117	100	4021	100
Кустарники													
1	Вишня	9	0,88	69	38,12	0	0,00	0	0	0	0,00	78	3,38
2	Волчанка	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0	24	6,88	24	1,04
3	Вяз	785	77,04	58	32,04	698	92,94	9	90	0	0,00	1550	67,10
4	Жимолость	1	0,10	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0,00	1	0,04
5	Калина	0	0,00	1	0,55	0	0,00	0	0	0	0,00	1	0,04
6	Карагач	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0	251	71,92	251	10,87
7	Малина	0	0,00	5	2,76	0	0,00	0	0	0	0,00	5	0,22
8	Миндаль	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0	6	1,72	6	0,26
9	Можжевельник	0	0,00	2	1,10	0	0,00	0	0	0	0,00	2	0,09
10	Лох	8	0,79	0	0,00	0	0,00	0	0	0	0,00	8	0,35
11	Облепиха	0	0,00	2	1,10	0	0,00	0	0	0	0,00	2	0,09
12	Сирень	182	17,86	3	1,66	0	0,00	1	10	67	19,20	253	10,95
13	Смородина	9	0,88	41	22,65	0	0,00	0	0	1	0,29	51	2,21
14	Шиповник	25	2,45	0	0,00	53	7,06	0	0	0	0,00	78	3,38
Итого		1019	100	181	100	751	100	10	100	349	100	2310	100
Всего		3639	100	943	100	1064	100	219	100	466	100	6331	100

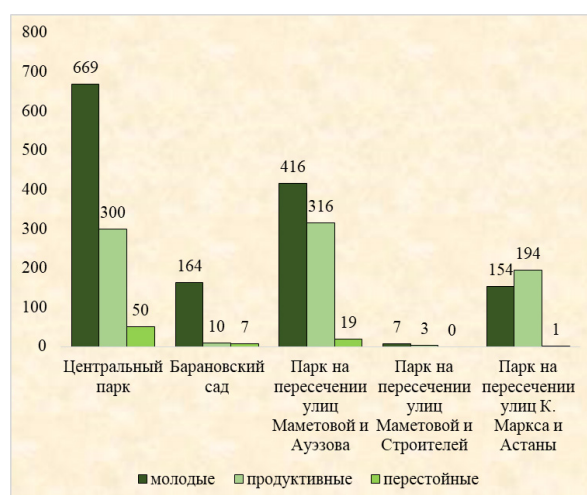
Парк на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова. На территории данной парковой зоны насчитывается 1064 зеленых насаждений. Из них большую часть составляют кустарники – 70,6 %, меньшую занимают деревья – 29,42%. Видовой состав древесных насаждений (7 видов) представлен разнообразнее, чем кустарников (2 вида). Структура сообщества деревьев более выровнена, доминируют тополь (36,4 %), клен (30 %), ива (14,7 %), к второстепенным видам относятся сосна (9 %), яблоня (5,1 %), береза (2,9%), ольха (1,9 %), редких видов не зарегистрировано. А вот структура сообщества кустарников характеризуется не только бедным видовым составом, но и ярко выраженной монодоминантностью, лидирующее положение по численности здесь занимает вяз (92 %), на долю второго вида – шиповника приходится 7 %. По возрастному составу среди деревьев и кустарников преобладают молодые (52 %; 55 % соответственно) и про-

дуктивные (41 %; 42 соответственно) растения. Наименьшую часть зеленых насаждений составляют перестойные деревья и кустарники (6,3%; 2,5% соответственно).

В отличие от общей статистики жизненное состояние деревьев этого парка имеет более негативную динамику. Несмотря на высокую долю условно-здоровых насаждений (65,8 %), значительное количество деревьев (19,5 %) серьезно повреждены. Повышает риск появления аварийных ситуаций и обеднения древесной составляющей парка по отношению к кустарниковой растительности и относительно высокая доля средневредных насаждений (14,7%). Это может быть связано не только с возрастом деревьев, но и с загрязнением окружающей среды, заражением растений фитопатогенными бактериями, вирусами, микроорганизмами, отсутствием должного ухода (нестабильный поливной режим) и редкими высадками молодых деревьев.



Деревья



Кустарники

Рисунок 2 – Возрастной состав древесных и кустарниковых насаждений парковых зон г. Аксу

В 2023 году в данном парке высажены ель и тополь в общем количестве 100 экземпляров.

Парк на пересечении улиц Маметовой и Строителей. В данном парке отмечено самое низкое количество растений – 219 экземпляров, кроме того он самый маленький по площади. Видовой состав парка не богат и представлен 9 видами, из них 7 видов деревьев и 2 вида кустарников. В структуре сообщества

деревьев преобладают хвойные породы (58%): сосна (36 %) и ель (22 %). Доминантами также выступают береза (20 %) и тополь (18 %), второстепенный вид – дуб (1,9 %). Остальные два вида редки – клен и яблоня (менее 1 %). Согласно данным, в парке преобладают молодые насаждения, которые составляют более 95 % растений, в продуктивном возрасте встречено девять деревьев (4 %) и всего одно перестойное

дерево (0,5 %). Таким образом, парк является достаточно молодым, высокопродуктивным по кислороду, что делает его благоприятным для отдыха населения и для экологии города в целом. Несмотря на высокую долю условно-здоровых растений (84,7 %), значительная

часть насаждений в парке находятся в удовлетворительном состоянии и требует тщательного ухода, среднеповрежденных растений отмечено 12 %, сильноповрежденных 3,3 % насаждений. Растения требуют принятия активных мер по реабилитации.

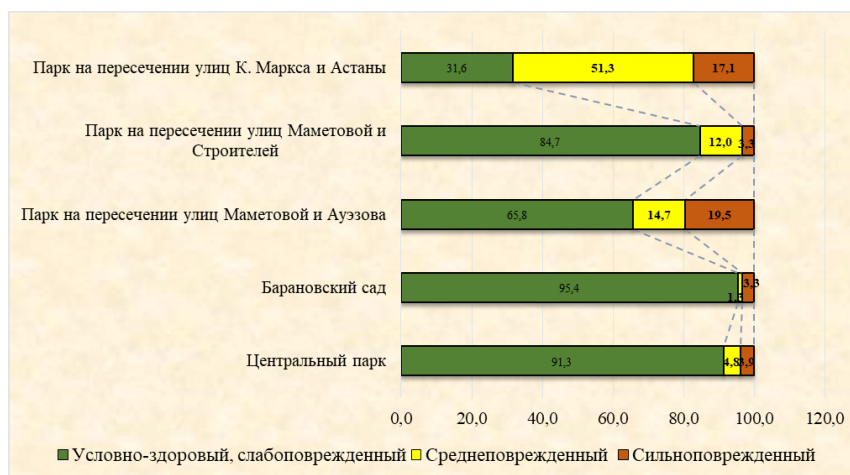


Рисунок 3 – Жизненное состояние древесно-кустарниковых насаждений парковых территорий г. Аксу

Парк на пересечении улиц К. Маркса и Астаны. Данный парк характеризуется небольшой площадью, сравнимой с площадью предыдущего парка. В парке отмечено 466 экземпляров древесно-кустарниковых насаждений, из них значительную долю занимают кустарники (75 %). Видовой состав обеднен: деревьев – 6 видов, кустарников – 4 вида. Несмотря на это, в структуре сообщества деревьев отмечается выравненность распределения видов. Отмечено несколько доминантов: тополь (41 %), яблоня (16,2 %), береза (15,4 %), клен (12,8 %), второстепенных два вида – акация (9,4 %), дуб (5,1%), редких видов нет. На территории данного парка в отличие от других наиболее сложная ситуация в возрастном составе. Территория характеризуется высокой долей деревьев и кустарников продуктивного возраста (65 %; 55 % соответственно), чем молодых (29 %; 44 % соответственно), перестойных растений больше обнаружено среди деревьев (6 %), у кустарников зарегистрирована незначительная доля (0,2 %). Аналогичная отрицательная динамика отмечена по жизненному состоянию растений. Среди всех

парков зарегистрирована самая низкая доля условно здоровых, слабоповрежденных растений (31,6 %). Этот факт говорит о риске увеличения перестойных растений в краткосрочной и долгосрочной перспективе. 51 % насаждений имеют продуктивный возраст, это достаточно высокое значение, в краткосрочном и долгосрочном прогнозе они перейдут в категорию перестойных. Поэтому на данной территории требуются направленные природоохранные мероприятия по обновлению зеленых насаждений.

Согласно сравнительному анализу насаждений парковых территорий города Аксу (рисунок 4) наибольшее сходство имеют сообщества парка на пересечении улиц Маметовой и Строителей с парком на пересечении улиц К. Маркса и Астаны. Чуть меньшее значение сходства имеют сообщества парка на пересечении улиц Маметовой и Строителей и Барановский сада, далее показатель снижается. Отсутствием сходства характеризуются сообщества Центрального парка и парка на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова, а также Центрального парка и Барановского сада.

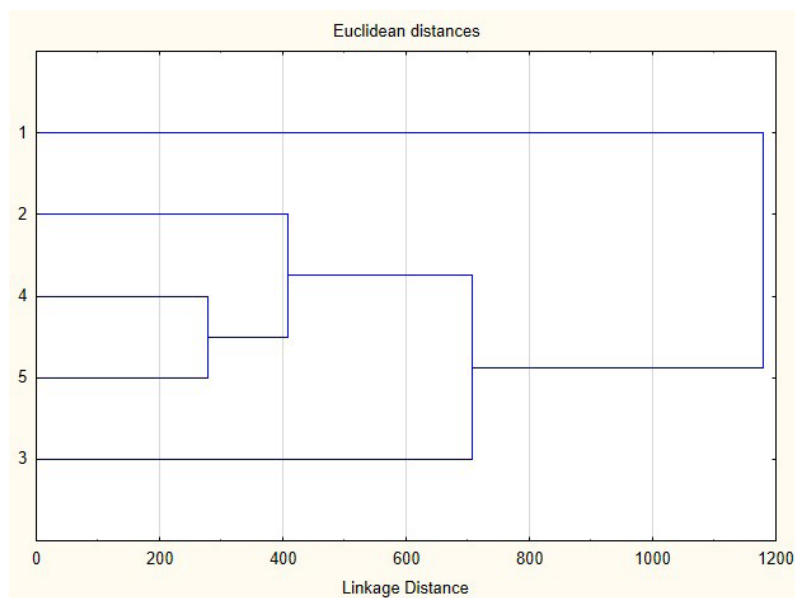


Рисунок 4 – Сходство видового состава древесно-кустарниковых сообществ парков г. Аксу
 1 – Центральный парк; 2 – Барановский сад; 3 – парк на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова;
 4 – парк на пересечении улиц Маметовой и Строителей;
 5 – парк на пересечении улиц К. Маркса и Астаны.

Заключение

В заключение можно отметить, что наиболее устойчивые сообщества зеленых насаждений представлены в крупных по площади парках г. Аксу – Центральный парк и Барановский сад. Здесь сравнительно высокое видовое разнообразие и численность, выравненная структура доминирования видов деревьев и кустарников в сообществах. Зарегистрированы самые высокие показатели условно здоровых и молодых растений.

В парке на пересечении улиц Маметовой и Ауэзова наблюдается обедненный видовой состав, высокий уровень монодоминантности, средние показатели по жизненному состоянию. В оставшихся двух парках (Парк на пересечении улиц Маметовой и Строителей и парк на пересечении улиц К. Маркса и Астаны) наблюдается негативная динамика по всем оцениваемым показателям: обедненный видовой состав, неравномерное распределение видов в сообществе, низкая доля молодых насаждений, высокий процент сильно поврежденных деревьев. Это является показателем нарушенного выведенных из состояния равновесия сообществ.

Такие различия в количестве и разнообразии парковых насаждений могут быть обу-

словлены влиянием климатических и местных особенностей города на растительность, биологическими характеристиками растений (например, устойчивостью к большим перепадам температур) и их экологическими функциями (поглощение некоторых загрязняющих веществ). Кроме того, это также зависит от частоты высадок молодых саженцев, зачастую обновление насаждений происходят в крупных по площади парках, нежели небольших парковых зонах.

В связи с этим необходимость мониторинга состояния зеленых насаждений, выявления проблем и поиска новых направлений развития городских ландшафтов и благоустройства в условиях комплексной реконструкции и нового строительства очевидна.

Источник финансирования

Заказчиком в проведении и финансировании работ по инвентаризации зеленых насаждений территории исследования выступал Акимат г. Аксу.

Конфликт интересов

Авторы не имеют конфликта интересов.

Литература

1. Митусова Н.А., Голубничий А.А. Озеленение городских территорий. Проблемы и решения // Современные научные исследования и инновации. – №1 [Электрон. ресурс]. – 2017. – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/01/77684> (дата обращения: 03.01.2024).
2. Гакаев Р.А., Сатуева Л.Л. Массивы зеленых насаждений урбанизированных территорий и их влияние на нормализацию окружающей среды // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2016. С.10–16.
3. Максименко Александр, Резник Марина Озеленение городов в условиях плотной городской застройки // Строительство и техногенная безопасность. – 2015. №1 (53). С. 12–14.
4. Sisi Yu, Tobias Leichle, Zengxiang Zhang, Fang Liu, Xiao Wang, Xue Yan, Hannes Taubenböck. Does urban growth mean the loss of greenness? A multi-temporal analysis for Chinese cities // *Science of The Total Environment*. – 2023. – Vol. 898, P. 166373 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166373>
5. Puay Yok Tan, James Wang, Angelia Sia. Perspectives on five decades of the urban greening of Singapore // *Cities*. – 2013. – Vol. 32. P. 24–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.02.001>
6. Diana E. Bowler, Lisette Buyung-Ali, Teri M. Knight, Andrew S. Pullin. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence // *Landscape and Urban Planning*. – 2010. Vol. 97(3). P. 147–155. DOI: [10.1016/j.landurbplan.2010.05.006](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006)
7. David J. Nowak, Eric J. Greenfield. Tree and impervious cover change in U.S. cities // *Urban Forestry & Urban Greening*. 2012. – Vol.11(1). P. 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.005>
8. Buffoli, M., Villella, F., Voynov, N. S., Rebecchi, A. Urban Green Space to Promote Urban Public Health: Green Areas' Design Features and Accessibility Assessment in Milano City, Italy. In: Calabrò, F., Della Spina, L., Piñeira Mantiñán, M.J. (eds) *New Metropolitan Perspectives. NMP 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, Springer, Cham. – 2022. – vol 482. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_189
9. Хомич В. А. Экология городской среды: Учеб. пособие для вузов. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2002. – 267 с.
10. John Brookes *Garden Design: The Complete Practical Guide to Planning, Styling and Planting Any Garden*. – Eastbourne UK: Gardners Books, 2005. – 384 p.
11. Tim Newbury. *The Ultimate Garden Designer*. London: Hamlyn, 2010. – 256 p.
12. Chris Van Uffelen. *Collection: Landscape Architecture*. – UNKNO, 2009. – 512 p.
13. Lou H., Yang S., Zhao C., Wang Z., Liu X., Shi L., Wu L., Hao F., & Cai M. Combining multi-source data to explore a mechanism for the effects of micrometeorological elements on nutrient variations in paddy land water // *Paddy and Water Environment*. – 2017. – Vol. 15, No 3. – P. 513–524. <https://doi.org/10.1007/s10333-016-0568-5>
14. Duan J., Wang Y., Fan C., Xia B., Groot R. Perception of urban environmental risks and the effects of urban green infrastructures (UGIs) on human well-being in four public green spaces of Guangzhou China // *Environmental Management*. – 2018. – Vol. 62, No 3. – P. 500–517. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1068-8>
15. Taylor L., Hahs A. K., Hochuli D. F. Wellbeing and urban living: Nurtured by nature // *Urban Ecosystems*. – 2018. – Vol. 21, No 1. – P. 197–208. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0788-0>
16. Tsai W.-L., McHale M. R., Jennings V., Marquet O., Hipp J. A., Leung Y.-F., Floyd M. F. Relationships between characteristics of urban green land cover and mental health in US metropolitan areas // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2018. – Vol. 15, No 2. – P. 340. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020340>
17. Сергазинова З.М., Кукушева А.Н. К вопросу о состоянии озелененных городских территорий и их влиянии на качество среды г. Аксу // *Вестник КазНУ. Серия биологическая*. – 2023. – №4 (97). С. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.26577/eb.2023.v97.i4.06>
18. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК. Электрон. ресурс. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400> (дата обращения: 03.06.2022).
19. Лесной кодекс Республики Казахстан Обновленный. Кодекс Республики Казахстан от 8 июля 2003 года № 477. Электрон. ресурс. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000477> (дата обращения: 03.06.2022).
20. СНиП РК 3.01-01-2008 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских населенных пунктов Электрон. ресурс. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178 (дата обращения: 03.06.2022).
21. СНиП РК 3.01-03-2010 Правила по благоустройству территорий населенных пунктов [Электрон. ресурс]. – 2010. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30944162 (дата обращения: 03.06.2022).
22. СНиП РК 1.03-06-2002 Строительное производство. организация строительства предприятий, зданий и сооружений [Электрон. ресурс]. – 2002. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30002343 (дата обращения: 03.06.2022).
23. Закон Республики Казахстан Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан [Электрон. ресурс]. – 2001. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242> (дата обращения: 03.06.2022).
24. СП РК 3.01-105-2013 Благоустройство территорий населенных пунктов [Электрон. ресурс]. – 2013. – URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35427791 (дата обращения: 03.06.2022).
25. Правила содержания и защиты зеленых насаждений Павлодарской области. – Павлодар, 2018. – 106 с.

References

1. Buffoli, M., Vilella, F., Voynov, N.S., Rebecchi, A. (2022). Urban Green Space to Promote Urban Public Health: Green Areas' Design Features and Accessibility Assessment in Milano City, Italy. In: Calabrò, F., Della Spina, L., Piñeira Mantiñán, M.J. (eds) *New Metropolitan Perspectives*. NMP 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 482. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06825-6_189
2. Chris Van Uffelen (2009). Collection: Landscape Architecture. – UNKNO, 512 p.
3. David J. Nowak, Eric J. Greenfield. Tree and impervious cover change in U.S. cities // *Urban Forestry & Urban Greening*, 11(1), 21–30(2012). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2011.11.005>
4. Diana E. Bowler, Lisette Buyung-Ali, Teri M. Knight, Andrew, S. Pullin. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence // *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147–155(2010). DOI:10.1016/j.landurbplan.2010.05.006
5. Duan, J., Wang, Y., Fan, C., Xia, B., & de Groot, R. (2018). Perception of urban environmental risks and the effects of urban green infrastructures (UGIs) on human well-being in four public green spaces of Guangzhou China. *Environmental Management*, Vol. 62, No 3. – P. 500–517. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1068-8>
6. Gakaev R.A., Satueva L.L. Massivy zelenyh nasazhdenij urbanizirovannyh territorij i ih vlijanie na normalizaciju okruzhajushhej sredy [Arrays of green spaces in urbanized areas and their impact on the normalization of the environment], *Goroda Rossii: problemy stroitel'stva, inzhenernogo obespechenija, blagoustrojstva i jekologii: sbornik statej XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* [Cities of Russia: problems of construction, engineering support, improvement and ecology: collection of articles of the XVIII International Scientific and Practical Conference], Penza, 2016. P.10–16.
7. Homich V. A. (2002) *Jekologija gorodskoj sredy: Ucheb. posobie dlja vuzov*. [Ecology of the urban environment: Textbook. manual for universities] – Omsk: Izd-vo SibADI, 267 p.
8. Jekologicheskij kodeks Respubliki Kazahstan ot 2 janvarja 2021 goda № 400-VI ZRK [Environmental Code of the Republic of Kazakhstan] [Electronic resource]. Available at: URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400> (Accessed: 03.06.2022).
9. John Brookes (2005) *Garden Design : The Complete Practical Guide to Planning, Styling and Planting Any Garden*. – EastbourneUK: Gardners Books, 384 p.
10. Lesnoj kodeks Respubliki Kazahstan Obnovlennyj. Kodeks Respubliki Kazahstan ot 8 ijulja 2003 goda № 477. [Forest Code of the Republic of Kazakhstan] [Electronic resource]. Available at: URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000477_ (Accessed: 03.06.2022).
11. Lou, H., Yang, S., Zhao, C., Wang, Z., Liu, X., Shi, L., Wu, L., Hao, F., & Cai, M. (2017). Combining multi-source data to explore a mechanism for the effects of micrometeorological elements on nutrient variations in paddy land water. *Paddy and Water Environment*, Vol. 15, No 3. – P. 513–524 <https://doi.org/10.1007/s10333-016-0568-5>
12. Maksimenko Aleksandr, Reznik Marina Ozelenenie gorodov v uslovijah plotnoj gorodskoj zastrojki, [Greening cities in dense urban areas] // *Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'* [Construction and technogenic safety], 2015. №1 (53). P. 12–14.
13. Mitusova N.A., Golubnichij A.A. Ozelenenie gorodskih territorij. Problemy i reshenija [Landscaping of territories. Problems and solutions], *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*, [Modern scientific research and innovation], №1 [Electronic resource]. Available at: – URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/01/77684> (Accessed: 03.01.2024).
14. Pravila sodержanija i zashhity zelenyh nasazhdenij Pavlodarskoj oblasti (2018) [Rules for the maintenance and protection of green spaces in Pavlodar region]. – Pavlodar. – 106 p. (Accessed: 03.06.2022).
15. Puay Yok Tan, James Wang, Angelia Sia. Perspectives on five decades of the urban greening of Singapore // *Cities*, 32, 24–32 (2013). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.02.001>
16. Sergazinova Z.M., Kukusheva A.N. K voprosu o sostojanii ozelenennyh gorodskih territorij i ih vlijanii na kachestvo sredy g. Aksu [On the issue of the state of green urban areas and their impact on the quality of the environment in Aksu], *Vestnik KazNu. Serija biologicheskaja* [Vestnik KazNu. Biological series], 2023. №4 (97). P. 61–70. DOI: <https://doi.org/10.26577/eb.2023.v97.i4.06> (Accessed: 03.06.2022).
17. Sisi Yu, Tobias Leichtle, Zengxiang Zhang, Fang Liu, Xiao Wang, Xue Yan, Hannes Taubenböck. Does urban growth mean the loss of greenness? A multi-temporal analysis for Chinese cities // *Science of The Total Environment*, 898, 166373 (2023). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166373>
18. SNiP RK 1.03-06-2002 «Stroitel'noe proizvodstvo. organizacija stroitel'stva predpriyatij, zdaniy i sooruzhenij». [Construction production. organization of construction of enterprises, buildings and structures]. [Electronic resource]. Available at: URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30002343 (Accessed: 03.06.2022).
19. SNiP RK 3.01-01-2008 Gradostroitel'stvo Planirovka i zastrojka gorodskih i sel'skih naselennyh punktov [Urban planning Planning and development of urban and rural settlements] [Electronic resource]. Available at: URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30503178 (Accessed: 03.06.2022).
20. SNiP RK 3.01-03-2010 Pravila po blagoustrojstvu territorij naselennyh punktov [Rules for the improvement of territories of settlements] [Electronic resource]. Available at: URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30944162 (Accessed: 03.06.2022).
21. SP RK 3.01-105-2013 Blagoustrojstvo territorij naselennyh punktov [Improvement of territories of settlements]. [Electronic resource]. Available at: URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=35427791 (Accessed: 03.06.2022).
22. Taylor, L., Hahs, A. K., & Hochuli, D. F. (2018). Wellbeing and urban living: Nurtured by nature. *Urban Ecosystems*, Vol. 21, No 1. – P. 197–208. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0788-0>
23. Tim Newbury (2010). *The Ultimate Garden Designer*. London: Hamlyn, 256 p.

24. Tsai, W.-L., McHale, M. R., Jennings, V., Marquet, O., Hipp, J. A., Leung, Y.-F., & Floyd, M. F. (2018). Relationships between characteristics of urban green land cover and mental health in US metropolitan areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 15, No 2. –340 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph150203408>

25. Zakon Respubliki Kazahstan Ob arhitekturnoj, gradostroitel'noj i stroitel'noj dejatel'nosti v Respublike Kazahstan, 2001 [Law of the Republic of Kazakhstan On architectural, urban planning and construction activities in the Republic of Kazakhstan]. [Electronic resource]. Available at: URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000242_ (Accessed: 03.06.2022).

Information about authors:

Sergazinova Zarina Mukhtarovna (corresponding author) – PhD, associate professor (associate professor) of the Department of «Biology and Ecology» NJS «ToraighyrovUniversity (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: mszarinam@mail.ru)

Toleuzhanova Aliya Toleuzhanovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor (Associate Professor) of the Department of «Biology and Ecology» NJS «ToraighyrovUniversity» (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: aliya-tol@mail.ru)

Chashin Anton Sergeevich – Director of «LandscapeDesignPavlodar» LLP, (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: landshaft-pavlodar.ru@mail.ru)

Информация об авторах:

Сергазинова Зарина Мухтаровна (корреспондентный автор) – PhD, ассоциированный профессор (доцент) кафедры «Биология и экология» НАО «Торайгыров университет» (Павлодар, Казахстан, e-mail: mszarinam@mail.ru)

Толеужанова Алия Толеужановна – к.б.н., ассоциированный профессор (доцент) кафедры «Биология и экология» НАО «Торайгыров университет» (Павлодар, Казахстан, e-mail: aliya-tol@mail.ru)

Чашин Антон Сергеевич – директор ТОО «ЛандшафтДизайнПавлодар», (Павлодар, Казахстан, e-mail: landshaft-pavlodar.ru@mail.ru)

Поступила: 23 января 2024 года

Принята: 20 мая 2024 года

Е.В. Рахимова¹ , А.А. Аметов² , А.Д. Мырзахан^{1,2*} 

¹Институт ботаники и фитоинтродукции, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: myrzakhan_anel@mail.ru

ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ ЛИШАЙНИКОВ ХРЕБТА ЧУЛАК

Сведения о лишайниках хребта Чулак практически отсутствуют несмотря на то, что они имеют значительную биомассу и являются одним из существенных компонентов большинства растительных сообществ. Поэтому целью нашей работы было изучить разнообразие лишайников на территории хребта Чулак и провести анализ данных по их распространению. Научная и практическая значимость работы заключается в получении данных о разнообразии лишайников, которые служат индикаторами типов почв, горных пород и других природных явлений, что имеет полезное для человека значение. Материалом для статьи послужили собственные сборы авторов, проведенные в 2022–2023 гг. и хранящиеся в гербарии Института ботаники и фитоинтродукции. Приготовление препаратов лишайников, их изучение и идентификация осуществлялись по стандартной методике. Образцы изучались с помощью светового микроскопа Levenhuk MED D45T LSD. В статье приводится список видов лишайников с указанием субстрата и координат сбора. На территории исследований обнаружено 22 вида лишайников, относящихся к трем классам. Класс *Candelariomycetes* представлен одним порядком, одним одноименным семейством и двумя видами. Класс *Eurotiomycetes* также не многочисленный: всего два вида из порядка *Verrucariales* и семейства *Verrucariaceae*. Самый крупный класс *Lecanoromycetes* представлен 7 порядками, 8 семействами, 14 родами и 18 видами. Большая часть определенных видов (14 видов, 63,6% от общего числа видов) приурочена к камням и выходам основных пород. На мхах обнаружен всего 1 вид (4,5%). Три вида (13,6%) были отмечены на коре веточек *Atraphaxis* sp. и ветвей *Cerasus tianshanica*. Пять видов (22,7%), встречаются на почве, причем два могут существовать и как свободно живущие, а *Scytinium palmatum* может обитать и на камнях. Наиболее часто на территории исследований отмечены виды *Xanthoria elegans* и *Protoparmeliopsis muralis*. Два вида *Scytinium palmatum* и *Anaptychia roemerii* впервые найдены на территории Казахстана. Ценность и практическое значение проведенного исследования заключаются в получении данных о видовом составе лишайников, их распространении и приуроченности к разным типам субстратов.

Ключевые слова: Лихенобиота, лишайниковая манна, пустынные низкогорья, субстратная приуроченность лишайников.

E.V. Rakhimova¹, A.A. Ametov², A.D. Myrzakhan^{1,2*}

¹Institute of Botany and Phytointroduction, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: myrzakhan_anel@mail.ru

Studying of the lichens diversity in the Chulak ridge

There is practically no information about the lichens of the Chulak ridge, despite the fact that they have a significant biomass and are one of the essential components of most plant communities. Therefore, the purpose of our work was to study the diversity of lichens on the territory of the Chulak ridge and analyze data on their distribution. The scientific and practical significance of the work lies in obtaining data on the diversity of lichens, which serve as indicators of soil types, rocks and other natural phenomena that are useful to humans. The material for the article was the authors' own collections conducted in 2022–2023 and stored in the herbarium of the Institute of Botany and Phytointroduction. The preparation of lichen preparations, their study and identification were carried out according to the standard methodology. The samples were studied using a Levenhuk MED D45T LSD light microscope. A list of lichen species is provided, indicating the substrate and the coordinates of the collection. 22 species of lichens belonging to three classes have been found on the territory of the Chulak ridge. The class *Candelariomycetes* is represented by one order, one family of the same name, and two species. The class *Eurotiomycetes* is also not numerous: only two species from the order *Verrucariales* and the family *Verrucariaceae*. The largest class of *Lecanoromycetes* is represented by 7 orders, 8 families, 14 genera and 18 species. Most of the identified species (14 species, 63.6% of the total number of species) are con-

finned to stones and outcrops of basic rocks. Only 1 species (4.5%) was found on mosses. Three species (13.6%) were observed on the bark of twigs of *Atraphaxis* sp. and branches of *Cerasus tianshanica*. Five species (22.7%) are found on the soil, and two can exist as free-living, and *Scytinium palmatum* can also live on stones. The species *Xanthoria elegans* and *Protoparmeliopsis muralis* are most often noted in the research area. Two species *Scytinium palmatum* and *Anaptychia roemerii* were found for the first time in Kazakhstan. The value and practical significance of the conducted research lies in obtaining data on the species composition of lichens, their distribution and their association with different types of substrates.

Key words: Desert lowlands, lichen biota, lichen manna, substrate association of lichens.

Е.В. Рахимова¹, А.А. Аметов², А.Д. Мырзахан^{1,2*}

¹Ботаника және фитоинтродукция институты, Қазақстан, Алматы қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: myrzakhan_anel@mail.ru

Шолақ жотасындағы қыналардың алуантүрлілігін зерттеу

Қыналар айтарлықтай биомассаға ие және көптеген өсімдіктер қауымдастығының маңызды құрамдас бөліктерінің бірі болғанына қарамастан, Шолақ жотасындағы қыналар туралы мәліметтер іс жүзінде жоқ. Сондықтан біздің жұмысымыздың мақсаты Шолақ жотасындағы қыналардың алуан түрлілігін зерттеу және олардың таралуы туралы деректерді талдау болып табылады. Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы топырақ түрлерінің, тау жыныстарының және басқа да табиғи құбылыстардың индикаторы ретінде қызмет ететін, адамдар үшін пайдалы қыналардың әртүрлілігі туралы мәліметтер алу болып табылады. Мақаланың материалы: авторлармен 2022-2023 жылдары жүргізілген зерттеулер барысында жиналған және Ботаника және фитоинтродукция институтының гербарий қорында сақталған гербарий үлгілері. Қыналардан препараттар дайындау, оларды зерттеу және анықтау стандартты әдіс бойынша жүзеге асырылды. Үлгілер Levenhuk MED D45T LSD микроскобының көмегімен зерттелді. Қыналар түрлерінің субстраты мен жиналған жерінің координаттары көрсетіле отырып тізімі келтірілді. Шолақ жотасында үш класқа жататын қыналардың 22 түрі табылды. Candelariomycetes класы бір қатардан, бір тұқымдастан және екі түрден тұрады. Eurotiomycetes класы да көп тарамған: Verrucariales қатарының және Verrucariaceae тұқымдасының тек екі түрі ғана кездеседі. Ең үлкен Lecanoromycetes класы 7 қатардан, 8 тұқымдастан, 14 туыстан және 18 түрден тұрады. Анықталған түрлердің көпшілігі (14 түр, барлық түрлердің 63,6%-ы) тастардан және негізгі тау жыныстарынан алынған. Мүктерден тек 1 түр (4,5%) анықталды. *Atraphaxis* sp. және *Cerasus tianshanica* бұтақтарының қабығында үш түр (13,6%) кездеседі. Топырақ бетінде қыналардың *Circinaria affinis*, *Endocarpon vagans*, *Scytinium palmatum*, *Candelariella aurella* және *Romularia lurida* деген бес түрі (22,7%) кездеседі, олардың алғашқы екеуі еркін тіршілік ете алады, ал *Scytinium palmatum* тасқа бекініп те өсе алады. Көбінесе зерттеу аймағында *Xanthoria elegans* және *Protoparmeliopsis muralis* түрлері кездеседі. *Scytinium palmatum* и *Anaptychia roemerii* деген екі түр Қазақстан аумағында алғаш рет табылған. Зерттеу құндылығы мен практикалық маңыздылығына қыналардың түрлік құрамын анықтау, олардың таралуы және субстраттардың әртүрлі түрлерімен шектелуі туралы мәліметтер алу болып табылады.

Түйін сөздер: Лихенобиота, қыналар маннасы, шөлді аласа таулар, қыналардың субстраттық шектелуі.

Введение

Хребет Чулак (Шолақ) является юго-западным отрогом Джунгарского Алатау и представляет собой невысокие горы (1785 м над ур. моря), окаймленные пустынно-суглинистой и щебнистой равнинами (так называемые пустынные низкогорья). Наиболее высокая восточная часть хребта (1500-1800 м), западная часть значительно ниже (до 700-800 м) и постепенно снижаясь переходит в подгорную равнину. С востока и севера хребет граничит с горами Матай (2880 м) и Алтын-Эмель, с юга – с Илийской долиной. Рельеф в среднегорной восточной ча-

сти крутосклонный, глубоко расчлененный, в западной части – низкогорный, местами приближающийся к мелкосопочнику. Для Чулака характерны глубокие ущелья, крутые каменистые склоны со скалами и осыпями. Материнские породы представлены лессовыми суглинками, галечниковыми и гипсоносными третичными отложениями. Почвы горные светло-каштановые с выраженным гумусовым горизонтом. Климат резко континентальный. Самый жаркий месяц – июль (до +39,4° С), самый холодный – январь (до -34° С). Среднегодовая температура +9° С, среднегодовое количество осадков 200-300 мм.

Реки преимущественно снегового питания, с весенним половодьем, пересыхающие [1].

Согласно административному делению, хребет Чулак расположен на территории Кербулакского района Жетысуйской области, крайняя западная его часть – на территории земель г. Кунаева (Конаев). Восточная часть входит в состав Алтын-Эмельского национального парка.

Цель работы – изучить видовой состав лишенобиоты хребта Чулак и провести анализ данных по распространению лишайников.

Материалы и методы исследования

2.1. Сбор образцов

Образцы были собраны на территории хребта Чулак (центральная и западная части) в 2022-2023 гг. (Рисунок 1). Географическое положение точек сбора образцов было зарегистрировано с использованием GPS (Germin). Большая часть образцов собрана на камнях и выходах горных пород, значительно меньше – на веточках кустарников и полукустарников.



Рисунок 1 – Карта с отметками точек сбора образцов

2.2. Световая микроскопия

Видовая принадлежность установлена на основе морфологических и анатомических признаков и химических реакций, специфических для лишайников. Образцы изучались с помощью светового микроскопа Levenhuk MED D45T LSD («LEVENHUK», Китай). Из морфологических признаков оценивались: жизненная форма; цвет и характер верхней и нижней поверхности таллома; наличие, характер и расположение органов прикрепления; тип, размер и расположение на талломе плодовых тел, или соредий, изидий, пикнид, и т.д. [2, 3]. Анатомические признаки

выявлены при микроскопировании тонких срезов таллома и плодовых тел. На таких срезах оценивались: тип таллома, строение и систематическое положение фотобионта, тип и особенности внутреннего строения плодовых тел, форма и размеры сумок, наличие парафиз и их строение, тип, цвет и размеры спор, их количество в сумках.

2.3. Химическое окрашивание

Определялись биохимические характеристики, являющиеся важнейшими диагностическими признаками. Окрашивание проводили с помо-

щью 10% водного раствора гидрохлорида калия, насыщенного водного раствора гипохлорида кальция и спиртового раствора йода. Видовая принадлежность установлена с помощью определителей [2-10].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обработки гербарных образцов, собранных на территории хребта Чулак, идентифицированы 22 вида лишайников, систематический список которых приводится ниже. Список видов выверен и расположен по системе, принятой в Базе данных Mycobank [11].

Класс Candelariomycetes Voglmayr & Jaklitsch
Порядок Candelariales Miądl., Lutzoni & Lumbsch

Семейство Candelariaceae Nakul.

Candelariella aurella (Hoffm.) Zahlbr. – на земляной корке в трещинах выходов горных пород, Кербулакский р-н, горы Чулак, 22.04.2012, Е.В. Рахимова. Широко распространенный и спорадически встречающийся вид, на почвах и коре деревьев, преимущественно на равнине, реже невысоко в горах [4].

Candelariella vitellina (Hoffm.) Müll. Arg. – на основных породах, вместе с *Romjularia lurida* (Ach.) Timdal, Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 464, 729 м н. у. м., N43°54'40.8", E077°46'12.3", 19.05.2022, Е.В. Рахимова. Очень широко распространенный и часто встречающийся на равнинах и в горах лишайник, характерен для выходов различных горных пород, реже наблюдается на старой обработанной древесине, других лишайниках и мхах [4].

Класс Eurotiomycetes O.E. Erikss. & Winka
Порядок Verrucariales Mattick ex D. Hawksw. & O.E. Erikss.

Семейство Verrucariaceae Eschw.

Endocarpon vagans Nyl. (*Parmelia vagans* (Nyl.) Nyl., *Xanthoparmelia vagans* (Nyl.) Hale) (Рисунок 2, 3) – Кербулакский р-н, хр. Чулак, широкое ущ. с выходом на плато, т. 466, 778 м н. у. м., N43°55'22.9", E077°48'35.4", 27.05.2022, Е.В. Рахимова. Вид характерен для южных вариантов сухих степей и для северных пустынь [4].

Dermatocarpon vellereum Zschacke (Рисунок 4, 5) – на скалах, на камнях, Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 463-2, 733 м н. у. м., N43°55'13.8", E077°44'58.6", 19.05.2022, Е.В. Рахимова; там же, т. 464, 729 м н. у. м., N43°54'40.8", E077°46'12.3", 20.04.2023, Е.В. Рахимова. Вид характерен для сухих прогреваемых порфириновых и известняковых скал, преимущественно в горах. Встречается главным образом в трещинах, где имеется земляная корочка [3].

Класс Lecanoromycetes O.E. Erikss. & Winka
Порядок Acarosporales Reeb, Lutzoni & Cl.Roux

Семейство Acarosporaceae Zahlbr.

Acarospora macrospora (Hepp ex Nyl.) A.Massal. ex Bagl. (Рисунок 6, 7) – на скалах, окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, берег реки, т. 28, 878 м н. у. м., N44°02'24.4", E077°47'43.2", 23.05.2023, Е.В. Рахимова. Вид встречается на скалах на породах, содержащих известь), обычно в горах, редко на равнинах [4].

Порядок Caliciales Nannf.

Семейство Physciaceae Körb.

Anaptychia roemerii Poelt. – на камнях и основных породах, окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, окрестности пруда, берег реки, т. 29, 961 м н. у. м., N44°04'56.7", E077°52'22.0", 23.05.2023, Е.В. Рахимова. (Новый вид для Казахстана)

Kurokawia mereschkowskii (Tomin) S.Y.Kondr., Lököš & Hur (*Physcia mereschkowskii* Tomin) – на камнях, Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 463-2, 733 м н. у. м., N43°55'13.8", E077°44'58.6", 19.05.2022, Е.В. Рахимова. Встречается на выходах гипсов и песчаников в сухих степях и полупустынях [5].

Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg – на мхах, окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, окрестности пруда, берег реки, т. 29, 961 м н. у. м., N44°04'56.7", E077°52'22.0", 23.05.2023, Е.В.Рахимова. Широко распространенный неморальный нитрофильный вид, обычен на равнине, высоко в горы не поднимается. Встречается на коре листовых пород деревьев, на обнаженной древесине и горных породах [5, 12-15].



Рисунок 2 – Внешний вид слоевища *Endocarpon vagans*

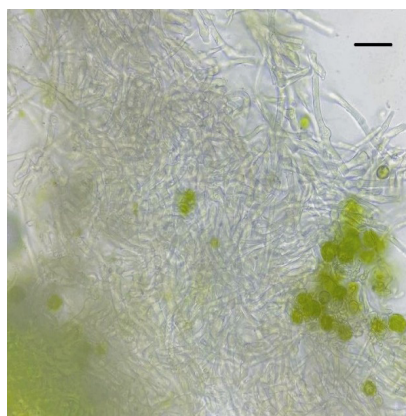


Рисунок 3 – Анатомическое строение *E. vagans*, шкала 35 мкм



Рисунок 4 – Внешний вид слоевища *Dermatocarpon vellereum*

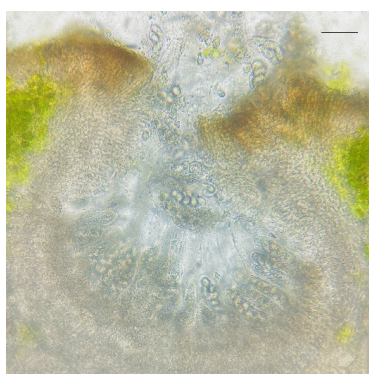


Рисунок 5 – Поперечный разрез через перитеций *D. vellereum*, шкала 30 мкм



Рисунок 6 – Внешний вид слоевища с апотециями *Acarospora macrospora*

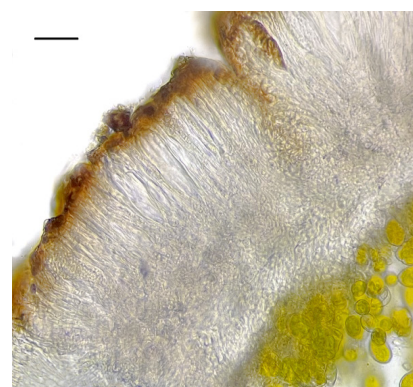


Рисунок 7 – Поперечный разрез через апотеций *A. macrospora*, шкала 60 мкм

Порядок Lecanorales Nannf.

Семейство Lecanoraceae Körb.

Lecanora argopholis (Ach.) Ach. – на камнях и основных породах, Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 463-2, 733 м н. у. м., N43°55'13.8", E077°44'58.6", 19.05.2022, Е.В. Рахимова. Очень распространенный и часто встречающийся аридный вид. Характерен для выходов горных пород, реже – для мхов и растительных остатков [5].

Lecanora oxytona Ach. (*Pleopsidium oxytonum* (Ach.) Rabenh., *P. flavum* Körb.) (Рисунок 8, 9) – на камнях, Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 463-2, 733 м н. у. м., N43°55'13.8", E077°44'58.6", 19.05.2022, Е.В. Рахимова; там же, широкое ущ. с выходом на плато, т. 467, 829 м н. у. м., N43°55'54.4", E077°48'25.9", 27.05.2022, Е.В. Рахимова. Вид встречается на различных горных породах, скалах и небольших камнях в мелкосопочнике и пустынных низкогорьях [4].

Protoparmeliopsis garovaglii (Körb.) Arup, Zhao Xin & Lumbsch (*Placolecanora garovaglii* (Körb.) Räsänen, *Lecanora garovaglii* (Körb.) Zahlbr.) – на камнях и основных породах, Кербулакский р-н, хр. Чулак, широкое ущ. с выходом на плато, т. 466, 778 м н. у. м., N43°55'22.9", E077°48'35.4", 27.05.2022, Е.В. Рахимова. Вид встречается на выходах силикатных кварцсодержащих пород, преимущественно в горах, на сухих, хорошо освещенных местах [5].

Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) M.Choisy (*Placolecanora muralis* (Schreb.) Räsänen) – на камнях и основных породах, Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 464, 729 м н. у. м., N43°54'40.8", E077°46'12.3", 19.05.2022, Е.В.Рахимова; там же, на выходах горных пород, 22.04.2012, Е.В.Рахимова; окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, окрестности пруда, берег реки, т. 29, 961 м н

у. м., N44°04'56.7", E077°52'22.0", 23.05.2023, Е.В. Рахимова; там же, т. 28, 878 м н у. м., N44°02'24.4", E077°47'43.2", 23.05.2023, Е.В. Рахимова. Вид полиморфный, широко распространенный в горных, пустынных и сухих степях, полупустынях, реже в пустынях, на выходах различных горных пород [5].

Семейство Parmeliaceae F. Berchtold & J. Presl
Lichen chrysoleucus Sm. (*Omphalodina chrysoleuca* (Sm.) S.Y. Kondr., Lökös & Farkas, *Rhizoplaca chrysoleuca* (Sm.) Zopf, *Placolecanora rubina* (Vill.) Sav.) – на камнях и основных породах, хр. Чулак, ущ., т. 463-2, 733 м н у. м., N43°55'13.8", E077°44'58.6", 19.05.2022, Е.В. Рахимова; там же, т. 464, 729 м н у. м., N43°54'40.8", E077°46'12.3", 20.04.2023, Е.В.Рахимова; окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, берег речки, т. 28, 878 м н у. м., N44°02'24.4", E077°47'43.2", 23.05.2023, Е.В. Рахимова. Широко распространенный вид, встречается в горных и сухих степях, на скалах до высокогорий [5, 16].

Montanelia sorediata (Ach.) Divakar, A. Crespo, Wedin & Essl. (*Melanelia soresiosa* (Almb.) Essl.) (Рисунок 10) – на камнях и основных породах, окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, окрестности пруда, берег речки, т. 29, 961 м н у. м., N44°04'56.7", E077°52'22.0", 23.05.2023, Е.В. Рахимова. Встречается на каменистом силикатном субстрате, реже на коре деревьев, на равнине и в горах [4]. Вид занесен в 4-е издание Красной книги Беларуси с категорией NT [17].

Порядок Lecideales Vain.

Семейство Lecideaceae Chevall.

Romularia lurida (Ach.) Timdal – на основных породах, вместе с *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 464, 729 м н у. м., N43°54'40.8", E077°46'12.3", 19.05.2022, Е.В. Рахимова. Вид характерен для известняковых скал, наносов почвы в трещинах скал на солнечных местах, обычно в горах, но часто спускается в долины, южных вариантах степей и в пустынных степях [4].

Порядок Peltigerales Walt. Watson

Семейство Collemataceae Zenker

Scytinium palmatum (Huds.) Gray (*Leptogium palmatum* (Huds.) Mont.) – на почве и камнях, Кербулакский р-н, хр. Чулак, широкое ущ. с выходом на плато, т. 466, 778 м н у. м., N43°55'22.9", E077°48'35.4", 27.05.2022, Е.В.Рахимова. Вид

встречается на почве и мшистых скалах, редко на коре деревьев, на равнине и в горах [8]. (Новый вид для Казахстана)

Порядок Pertusariales M. Choisy ex D.Hawksw. & O.E. Erikss.

Семейство Megasporaceae Lumbsch

Circinaria affinis (Eversm.) Sohrabi (*Aspicilia vagans Oxner*) – на почве, окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, окрестности пруда, берег речки, т. 29, 961 м н у. м., N44°04'56.7", E077°52'22.0", 23.05.2023, Е.В. Рахимова. Вид характерен для каменистых степей, пустынь и невысоких пологих сопок и встречается на солонцеватых почвах. Является представителем так называемой лишайниковой манны [5].

Circinaria caesiocinerea (Nyl. ex Malbr.) A.Nordin, Savić & Tibell (*Aspicilia caesiocinerea* (Nyl. ex Malbr.) Arnold) – на камнях, Кербулакский р-н, хр. Чулак, широкое ущ. с выходом на плато, т. 466, 778 м н у. м., N43°55'22.9", E077°48'35.4", 27.05.2022, Е.В. Рахимова. Распространен на камнях, гальке, на выходах щебня, плотных горных пород [5].

Порядок Teloschistales D. Hawksw. & O.E.Erikss.

Семейство Teloschistaceae Zahlbr.

Calogaya lobulata (Flörke) Arup, Frödén & Søchting (*Caloplaca lobulata* (Flörke) Hellb.) – на веточках *Atraphaxis* sp., окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, долина между плато Итжон и горами Чулак, сухое русло, т. 25, 597 м н у. м., N44°00'19.4", E077°33'28.9", 22.05.2023, Е.В. Рахимова. Очень переменчивый вид, встречается на камнях и солнечных скалах, на равнине и предгорьях, реже – в горах [5].

Polycauliona candelaria (L.) Frödén, Arup & Søchting (*Xanthoria candelaria* (L.) Th. Fr.) – на коре ветвей *Cerasus tianshanica* Pojark., Кербулакский р-н, хр. Чулак, ущ., т. 463-2, 733 м н у. м., N43°55'13.8", E077°44'58.6", 19.05.2022, Е.В. Рахимова. Широко распространенный вид, встречается на коре деревьев и кустарников на равнине и в горах [5].

Polycauliona polycarpa (Hoffm.) Frödén, Arup & Søchting (*Xanthoria polycarpa* (Hoffm.) Th. Fr. ex Rieber) – на коре ветвей *Atraphaxis* sp., Кербулакский р-н, хр. Чулак, широкое ущ. с выходом на плато, т. 466, 778 м н у. м., N43°55'22.9", E077°48'35.4", 27.05.2022, Е.В.Рахимова. Вид встречается на коре деревьев

и кустарников, чаще на равнине в освещенных местах, реже – в горах [5, 18].

Xanthoria elegans (Link) Th. Fr. (*Rusavskia elegans* (Link) S.Y. Kondr. & Kärnefelt, *Gasparrinia elegans* (Link) Stein) (Рисунок 11, 12) – на камнях и основных породах, Кербулакский р-н, хр. Чулак, широкое ущ. с выходом на плато, т. 466, 778 м н. у. м., N43°55'22.9", E077°48'35.4", 27.05.2022, Е.В. Рахимова; там же, ущ., т. 464, 729 м н. у. м., N43°54'40.8", E077°46'12.3", 19.05.2022, Е.В.Рахимова; там же, ущ., т. 463-2, 733 м н. у. м., N43°55'13.8", E077°44'58.6", 19.05.2022, Е.В. Рахимова; окрестности Капчагайской ГЭС, северо-вос-

точнее пос. Чингельды, хр. Чулак, окрестности пруда, берег речки, т. 29, 961 м н у. м., N44°04'56.7", E077°52'22.0", 23.05.2023, Е.В.Рахимова; на высохшей ветке *Spiraea hypericifolia* L. без коры, окрестности Капчагайской ГЭС, северо-восточнее пос. Чингельды, хр. Чулак, окрестности пруда, берег речки, т. 29, 961 м н у. м., N44°04'56.7", E077°52'22.0", 23.05.2023, Е.В. Рахимова. Вид широко распространен как в северном, так и южном полушарии, встречается на скалах, гранитных валунах, выходах других горных пород в условиях хорошей освещенности. В горах отмечается чаще, на равнине – реже [5, 13, 19].



Рисунок 8 – Внешний вид слоевища *Lecanora oxytona*

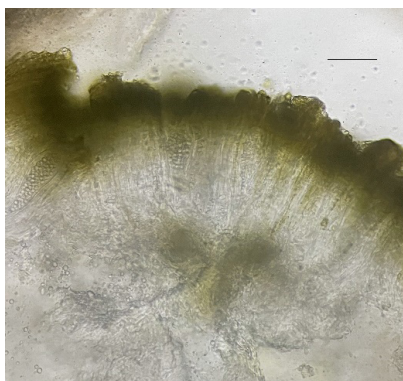


Рисунок 9 – Поперечный разрез через апотеций *L. oxytona*, шкала 40 мкм



Рисунок 10 – Внешний вид слоевища *Montanelia sorediata*



Рисунок 11 – Внешний вид слоевища с апотециями *Xanthoria elegans*

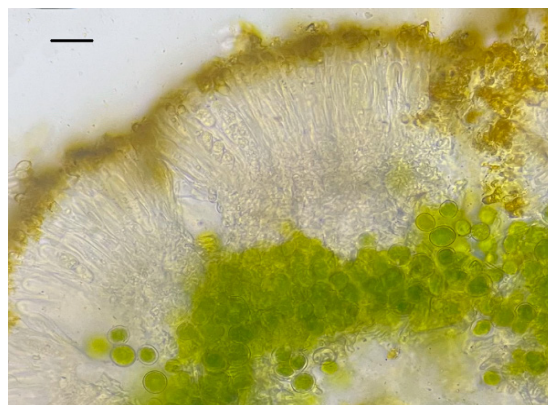


Рисунок 12 – Поперечный разрез через апотеций *X. elegans*, шкала 30 мкм

Обнаруженные виды относятся к трем классам (Таблица 1). Класс Candelariomycetes представлен одним порядком, одним одноименным семейством и двумя видами *Candelariella aurella* и *C. vitellina*, встречающимся в комплексе вместе с *Romjularia lurida*. Класс Eurotiomycetes также

не многочисленный: всего два вида (*Endocarpon vagans* и *Dermatocarpon vellereum*) из порядка Verrucariales и семейства Verrucariaceae. Самый крупный класс Lecanoromycetes представлен 7 порядками, 8 семействами, 14 родами и 18 видами.

Таблица 1 – Таксономический спектр лишайников на территории хребта Чулак

Класс	Порядок	Семейство	Род	Количество видов
Candelariomycetes	Candelariales	Candelariaceae	<i>Candelariella</i>	2
Eurotiomycetes	Verrucariales	Verrucariaceae	<i>Endocarpon</i>	1
			<i>Dermatocarpon</i>	1
Lecanoromycetes	Acarosporales	Acarosporaceae	<i>Acarospora</i>	1
	Caliciales	Physciaceae	<i>Anaptychia</i>	1
			<i>Kurokawia</i>	1
			<i>Phaeophyscia</i>	1
			<i>Lecanora</i>	2
	Lecanorales	Lecanoraceae	<i>Protoparmeliopsis</i>	2
		Parmeliaceae	<i>Lichen</i>	1
			<i>Montanelia</i>	1
	Lecideales	Lecideaceae	<i>Romjularia</i>	1
	Peltigerales	Collemataceae	<i>Scytinium</i>	1
	Pertusariales	Megasporaceae	<i>Circinaria</i>	2
	Teloschistales	Teloschistaceae	<i>Calogaya</i>	1
			<i>Polycauliona</i>	2
<i>Xanthoria</i>			1	
Итого	9	10	17	22

Большая часть определенных видов (14 видов, 63,6% от общего числа видов) приурочена к камням и выходам основных пород (Таблица 2). На мхах обнаружен всего 1 вид (4,5%). Три вида (13,6%) были отмечены на коре веточек *Atraphaxis* sp. и ветвей *Cerasus tianshanica* Rojark. Пять видов (22,7%), *Circinaria affinis*, *Endocarpon vagans*, *Scytinium palmatum*, *Candelariella aurella* и *Romjularia lurida*, встречаются на почве, причем первые два могут существовать и как свободно живущие, а *Scytinium palmatum* может обитать и на камнях.

Наиболее часто на территории исследований (в 4-х точках) отмечены виды *Xanthoria elegans* и *Protoparmeliopsis muralis*, причем первый вид тяготеет к хорошо освещенным, сухим скалам, тогда как второй вид предпочитает затененные, более влажные места.

Два вида *Scytinium palmatum* и *Anaptychia roemerii* впервые найдены на территории Казахстана. Второй вид был описан из Афганистана и распространен в областях континентальной аридной Азии, Таджикистане, Дагестане [20, 21].

При анализе лишайнобиоты территорий, находящихся в непосредственной близости от хребта Чулак, установлено, что видовой состав лишайников гор Малайсары и Архарлы насчитывает 15 видов, гор Жельдикара – 4 вида, хребта Алтын-Эмель – 7, гор Ушкара – 7 и окрестности Капчагайской ГЭС – 24 вида. При этом между хребтом Чулак и горами Малайсары и Архарлы обнаружены 11 общих видов лишайников, между хребтом Чулак и горами Жельдикара – 4 общих вида, между хребтом Чулак и Алтын-Эмель – 4 общих вида, между хребтом Чулак и горами Ушкара – 6 общих видов, между хребтом Чулак и территорией города Конаев – 5 общих видов [22].

Таблица 2 – Субстратная приуроченность лишайников хребта Чулак

На камнях и основных породах		На коре высших растений		На почве		На мхах	
Род	Число видов	Род	Число видов	Род	Число видов	Род	Число видов
<i>Candelariella</i>	1	<i>Calogaya</i>	1	<i>Candelariella</i>	1	<i>Phaeophyscia</i>	1
<i>Dermatocarpon</i>	1	<i>Polyscauliona</i>	2	<i>Endocarpon</i>	1		
<i>Acarospora</i>	1			<i>Circinaria</i>	1		
<i>Anaptychia</i>	1			<i>Romjularia</i>	1		
<i>Kurokawia</i>	1			<i>Scytinium</i>	1		
<i>Lecanora</i>	2						
<i>Protoparmeliopsis</i>	2						
<i>Lichen</i>	1						
<i>Montanelia</i>	1						
<i>Scytinium</i>	1						
<i>Circinaria</i>	1						
<i>Xanthoria</i>	1						
Итого	14		3		5		1

Сравнивая лишенобиоту хребта Чулак и сопредельных стран или сходных территорий, можно отметить, что в лишенобиотах Чулака и Турции имеются 15 общих видов [23]. В Национальном природном заповеднике Пик Томур, Синьцзян, Китай, обнаружено 150 видов, 9 вариаций и 9 форм лишайников [24], 6 видов являются общими для заповедника и хребта Чулак. При определении образцов лишайников, собранных в горных областях Ирака Амадия и Ровандуз идентифицированы 47 видов из 29 родов и 14 семейств [25], общими с хребтом Чулак являются всего 4 вида. В каталоге лишайников Таджикистана [20], включающем 524 вида, обнаружено 14 видов, общих с хребтом Чулак.

На территории Охаликсайского бассейна (Узбекистан) было обнаружено 23 вида лишайников из 18 родов [26]. К сожалению, отсутствие полного списка видов не позволило провести сравнение с территорией хребта Чулак, но из 13 семейств, отмеченных в Охаликсайском бассейне, 9 представлены в Чулаке. Основное видовое разнообразие степных лишайников юга Самарской области сохранено на территориях памятников природы, где обитает 36 видов, относящихся к 17 родам, 12 семействам, 8 порядкам, 4 подклассам, 2 классам отдела Ascomycota, в том числе 9 раритетных видов. Лишайники освоили 10 растительных ассоциаций из классов формаций типчаковых степей и полынных степей. По

отношению к субстрату видовое разнообразие лишайников убывает в ряду: на почве (19 видов) > на камнях (10) > на растительных остатках (7) > на мхах (1) [27]. К сожалению, отсутствие полного списка видов не позволило провести сравнение с территорией хребта Чулак, но в нашем случае видовое разнообразие лишайников убывает в ряду: на камнях и основных породах (14 видов) > на почве (5) > на растительных остатках (3) > на мхах (1).

Заключение

Целью работы было выявить виды лишайников на территории хребта Чулак. Материалом для статьи послужили собственные сборы авторов, хранящиеся в гербарии Института Ботаники и фитоинтродукции. Образцы изучались с помощью светового микроскопа Levenhuk MED D45T LSD, для проведения цветных реакций использовались 10% водный раствор гидрохлорида калия, насыщенный водный раствор гипохлорида кальция и спиртовой раствор йода.

В статье приводятся систематический список 22 видов лишайников, обнаруженных на территории хребта Чулак. Список включает данные о синонимике, местонахождении, субстрате, точных координатах сборов. Максимальное количество определенных видов (14) приурочена к камням и выходам основных пород, на мхах

обнаружен всего один вид, три вида были отмечены на коре веточек *Atraphaxis* sp. и ветвей *Cerasus tianshanica* Rojark, пять видов встречаются на почве. Наиболее часто на территории исследований отмечены виды *Xanthoria elegans* и *Protoparmeliopsis muralis*. Два вида *Scytinium palmatum* и *Anaptychia roemerii* впервые найдены на территории Казахстана. Полученные данные расширяют сведения о разнообразии лишайников на территории хребта Чулак, местонахождении и распространении видов, которые служат индикаторами типов почв, горных пород и других природных явлений, что имеет полезное для человека значение.

Конфликт интересов

Авторы статьи подтверждают отсутствие конфликта интересов с другими учеными или членами редколлегии журнала.

Благодарности

Авторы крайне признательны Игорю Евдокимову (Караганда, Казахстан) и Jason Hollinger (The Edgewood Institute, USA) за помощь в определении видов лишайников.

Литература

1. Рахимова Е.В., Нам Г.А., Ермакова Б.Д., Джетигенова У.К., Кызметова Л.А. и Есенгулова Б.Ж. Разнообразие грибов пустынных низкогорий юго-востока Казахстана и хребта Кетмень. – Алматы: Luxe Media, 2017.
2. Цуриков А.Г., Корчиков Е.С. Определитель лишайников Самарской области. Ч. 1. Листоватые, кустистые и слизистые виды: учеб. пособие. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018.
3. Андреева Е.И. Флора споровых растений Казахстана. Лишайники. Том 11, кн. 1. – Алма-Ата, 1978.
4. Андреева Е.И. Флора споровых растений Казахстана. Лишайники. Том 11, кн. 2. – Алма-Ата, 1983.
5. Андреева Е.И. Флора споровых растений Казахстана. Лишайники. Том 11, кн. 3. – Алма-Ата, 1987.
6. Голубкова Н.С. Определитель лишайников России. Вып. 6. Алекториевые, Пармелиевые, Стереокаулоновые. – СПб.: Наука, 1996.
7. Абрамов И.И. Определитель лишайников СССР. Вып. 1. Пертузариевые, Леканоровые, Пармелиевые. – Л.: Наука, 1971.
8. Абрамов И.И. Определитель лишайников СССР. Вып. 3. Калициевые, Гиалектовые. – Л.: Наука, 1975.
9. Абрамов И.И. Определитель лишайников СССР. Вып. 5. Кладониевые, Акароспоровые. – Л.: Наука, 1978.
10. Голубкова Н.С. Определитель лишайников России. Вып. 10. Agyriaceae, Anamylopsoraceae, Aphanopsidaceae, Arthrothaphidaceae, Brigiatiaceae, Chrysotrichaceae, Clavariaceae, Ectilechiaceae, Gomphillaceae, Gypsoplacaceae, Lecanoraceae, Lecideaceae, Mucoblastaceae, Phlyctidaceae, Physciaceae, Pilocarpaceae, Psoraceae, Ramalinaceae, Stereocaulaceae, Vezdaecaeae, Tricholomataceae. – СПб.: Наука, 2008.
11. База данных Mycobank / MYCOBANK Database. Fungal Databases, Nomenclature & Species Banks. URL: <https://www.mycobank.org/> (дата обращения – 22 декабря 2023).
12. Скирина И.Ф. Лишайники Еврейской автономной области // Современные проблемы регионального развития. Материалы VIII Всерос. науч. конф. с междунар. участием (г. Биробиджан, 25–27 мая 2021 г.). Биробиджан. – 2021. – P. 48–50. doi: 10.31433/978-5-904121-31-0-2021-48-50
13. Yatsyna A., Moisejevs R., Degtjarenko P. Lichens and allied fungi from Gauja National Park (Latvia), including new records for the country // Folia Cryptogamica Estonica. – 2012. – Vol. 58. – P. 135–144. doi: 10.12697/fce.2012.58.16
14. Urbanavichene I.N., Urbanavichus G.P. Additions to the lichen flora of the Kologriv Forest Reserve and Kostroma Region // Turczaninowia. – 2021. – Vol. 24(2). – P. 28–41. doi: 10.14258/turczaninowia.24.2.4
15. Denchev C.M., Shivarov V.V., Denchev T.T. & Mayrhofer H. Checklist of the lichenized and lichenicolous fungi in Bulgaria // Mycobiota. – 2022. – Vol. 12. – P. 1–106. doi: 10.12664/mycobiota.2022.12.01
16. Yang M.X., Devkota S., Wang L.S., Scheidegger C. Ethnolichenology – The use of lichens in the Himalayas and southwestern parts of China // Diversity. – 2021. – Vol. 13. – P. 330–346. <https://doi.org/10.3390/d13070330>
17. Цуриков А.Г. Предварительные сведения об эпилитных лишайниках Беларуси // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 03.00.00. – Биологические науки. – 2021, №2(38). – С. 71–85.
18. Урбанавичене И.Н., Урбанавичюс Г.П. Дополнения к лишайнофлоре Керженского заповедника и Нижегородской области // Новости систематики низших растений. – 2021, №55(1). – С. 195–213. doi: 10.31111/nsnr/2021.55.1.195
19. Ежкин А.К. Лишайники памятника природы. Высокогорья горы Чехова (остров Сахалин) // Биота и среда заповедников Дальнего Востока. – 2020, №4. – С. 25–38. doi: 10.25808/26186764.2020.97.66.002
20. Kudratov I., Mayrhofer H. Catalogue of the lichenized and lichenicolous fungi of Tajikistan // Herzogia. – 2002. – Vol. 15. – P. 91–128.
21. Ismailov A.B., Urbanavichus G.P., Vondrak J. New lichenized fungi for Russia from Dagestan (East Caucasus) // Folia Cryptog. Estonica, Fasc. – 2019. – Vol. 56. – P. 7–10.

22. Рахимова Е.В., Кызметова Л.А., Нам Г.А., Асылбек А.М., Абиев С.А., Сыпабеккызы Г., Джетигенова У.К., Мырзахан А.Д., Айтымбет Ж., Алиханова А.А. Кадастр микобиоты Алматинской области Казахстана. – Алматы: Luxe Media, 2023.
23. Volker J., Şaban G., Aysen T. Additions to the checklist and bibliography of the lichens and lichenicolous fungi of Turkey // *Archive for Lichenology*. – 2020. – Vol. 19. – P. 1-32.
24. Tumur A., Abbas A. The lichens of the Tomur Peak National Nature Reserve, Xinjiang, China, including a checklist // *Evansia*. – 2017. – Vol. 34 (2). – P. 65-72.
25. Almola Z.S., Al-Ni'ma B.A., Ramadan N.A. Lichen diversity in Amadiya and Rowanduz district in Iraq // *Bangladesh J. Plant Taxon*. – 2017. – Vol. 24(1). – P. 23-32.
26. Norkulov M. Таксономия и экология лишайников бассейна Охаликсай // *In Library*. – 2021. – Vol. 21(1). – P. 86-90. извлечено от <https://inlibrary.uz/index.php/archive/article/view/17352>
27. Корчиков Е.С. К изучению лишайников степей юга Самарской области // *Лиخنология в России: актуальные проблемы и перспективы исследований. Программа и труды Второй Международной конференции, посвященной 300-летию Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН и 100-летию Института споровых растений (Санкт Петербург, 5-8 ноября 2014 г.)*. – СПб.: 2014. – С. 106-111.

References

1. Abramov I.I. (1971) *Opredelitel' lishajnikov SSSR* [Handbook of the lichens of the USSR]. *Nauka*, vol. 1. Pertusariaceae, Lecanoraceae and Parmeliaceae.
2. Abramov I.I. (1975) *Opredelitel' lishajnikov SSSR* [Handbook of the lichens of the USSR]. *Nauka*, vol. 3. Galiciaceae – Gyalectaceae.
3. Abramov I.I. (1978) *Opredelitel' lishajnikov SSSR* [Handbook of the lichens of the USSR]. *Nauka*, vol. 5. Cladoniaceae – Agarosporaceae.
4. Almola Z.S., Al-Ni'ma B.A., Ramadan N.A. (2017) Lichen diversity in Amadiya and Rowanduz district in Iraq. *Bangladesh J. Plant Taxon*, vol. 24, no 1, pp. 23–32.
5. Andreeva E.I. (1978) Flora sporovyh rastenij Kazahstana. Lishajniki [Flora of spore plants of Kazakhstan. Lichens]. *Nauka*, vol. 11, no 1.
6. Andreeva E.I. (1983) Flora sporovyh rastenij Kazahstana. Lishajniki [Flora of spore plants of Kazakhstan. Lichens]. *Nauka*, vol. 11, no 2.
7. Andreeva E.I. (1987) Flora sporovyh rastenij Kazahstana. Lishajniki [Flora of spore plants of Kazakhstan. Lichens]. *Nauka*, vol. 11, no 3.
8. Denchev C.M., Shivarov V.V., Denchev T.T., Mayrhofer H. (2022) Checklist of the lichenized and lichenicolous fungi in Bulgaria. *Mycobiota*, vol. 12, pp. 1–106. doi: 10.12664/mycobiota.2022.12.01
9. Ezhkin A.K. (2020) Lishajniki pamjatnika prirody Vysokogor'ja gory Chehova (ostrov Sahalin) [Lichens of the Natural Monument Highlands of Chekhov Mountain, Sakhalin Island]. *Biodiversity and environment of Far East reserves*, no. 4, pp. 25-38. doi: 10.25808/26186764.2020.97.66.002
10. Golubkova N.S. (1996) *Opredelitel' lishajnikov Rossii* [Handbook of the lichens of Russia]. *Nauka*, 1996, vol. 6. Alectoriaceae, Parmeliaceae, Stereocaulaceae.
11. Golubkova N.S. (2008) *Opredelitel' lishajnikov Rossii* [Handbook of the lichens of Russia]. *Nauka*, vol. 10. Agyriaceae, Anamylopsoraceae, Aphanopsidaceae, Arthrorhaphidaceae, Brigantiacae, Chrysotrichaceae, Clavariaceae, Ectilechiaceae, Gomphillaceae, Gypsoplacaceae, Lecanoraceae, Lecideaceae, Mycoblastaceae, Phlyctidaceae, Physciaceae, Pilocarpaceae, Psoraceae, Ramalinaceae, Stereocaulaceae, Vezdaeaceae, Tricholomataceae.
12. Ismailov A.B., Urbanavichus G.P., Vondrak J. (2019) New lichenized fungi for Russia from Dagestan (East Caucasus). *Folia Cryptog. Estonica, Fasc.*, vol. 56, pp. 7–10.
13. Korchikov E.S. (2014) K izucheniju lishajnikov stepej juga Samarskoj oblasti [To study the lichens of the steppes of the south of the Samara region]. *Lichenology in Russia: problems and perspectives, dedicated to the 300th anniversary of the Komarov Botanical Institute RAS and the 100th anniversary of the Institute of Cryptogamic Plants (Saint Petersburg, November 5–8, 2014)*, pp. 106–111.
14. Kudratov I., Mayrhofer H. (2002) Catalogue of the lichenized and lichenicolous fungi of Tajikistan. *Herzogia*, vol. 15, pp. 91–128.
15. MYCOBANK Database. Fungal Databases, Nomenclature & Species Banks. URL: <https://www.mycobank.org/> (accessed – 22 December 2023).
16. Norkulov M. (2021) Taksonomija i jekologija lishajnikov bassejna Ohaliksaj [Taxonomy and ecology of lichens of the Ohaliksaj basin]. *In Library*, vol. 21, no 1, pp. 86–90.
17. Rakhimova Y.V., Kyzmetova L.A., Nam G.A., Asylbek A.M., Abiev S.A., Syrabekkyzy G., Dzhetsigenova U.K., Myrzakhan A.D., Aitymbet Zh., Alikhanova A.A. (2023) Kadastr mikobioty Almatinskoj oblasti Kazahstana [Cadastre of mycobiota of Almaty region of Kazakhstan]. *Luxe Media*.
18. Rakhimova Y.V., Nam G.A., Yermekova B.D., Jetigenova U.K., Kyzmetova L.A., Yessengulova B.Zh. (2017) Raznoobrazie gribov pustynnyh nizkogorij yugo-vostoka Kazahstana i hrebta Ketmen [Diversity of fungi in the desert low mountains of southeastern Kazakhstan and the Ketmen ridge]. *Luxe Media*.

19. Skirina I.F. (2021) Lishajniki Evrejskoj avtonomnoj oblasti [Lichens of Jewish autonomous region]. In: *Present problems of regional development*. Materials of the VIII All-Russian Scientific Conference with International Participation, (Birobidzhan, 25-27 May 2021), pp. 48–50. doi: 10.31433/978-5-904121-31-0-2021-48-50
20. Tsurikov A.G. (2021) Predvaritel'nye svedeniya ob jepilitnyh lishajnikah Belarusi [Preliminary data on saxicolous lichens of Belarus]. *Vestnik of Orenburg State Pedagogical University. 03.00.00. Biological sciences*, vol. 2, no 38, pp. 71–85.
21. Tsurikov A.G. Korchikov E.S. (2018) Opredelitel' lishainikov Samarskoj oblasti [Guide for Identification of the Lichens of Samara Oblast], Ch. 1, Foliose, fruticose, and gelatinous species, Samarta: *Samara Gos. Univ.*.
22. Tumur A., Abbas A. (2017) The lichens of the Tomur Peak National Nature Reserve, Xinjiang, China, including a checklist. *Evansia*, vol. 34 (2), pp. 65–72.
23. Urbanavichene I.N., Urbanavichjus G.P. (2021) Dopolnenija k lihenoflore Kerzhenskogo zapovednika i Nizhegorodskoj oblasti [Additions to the lichen flora of the Kerzhensky Nature Reserve and Nizhny Novgorod Region]. *Novosti sistematiki nizhshikh rastenii*, vol. 55, no 1, pp. 195–213. doi: 10.31111/nsnr/2021.55.1.195
24. Urbanavichene I.N., Urbanavichus G.P. (2021) Additions to the lichen flora of the Kologriv Forest Reserve and Kostroma Region. *Turczaninowia*, vol. 24, no 2, pp. 28–41. doi: 10.14258/turczaninowia.24.2.4
25. Volker J., Şaban G., Ayşen T. (2020) Additions to the checklist and bibliography of the lichens and lichenicolous fungi of Turkey. *Archive for Lichenology*, vol. 19, pp. 1–32.
26. Yang M.X., Devkota S., Wang L.S., Scheidegger C. (2021) Ethnolichenology – The use of lichens in the Himalayas and southwestern parts of China. *Diversity*, vol. 13, pp. 330–346. <https://doi.org/10.3390/d13070330>
27. Yatsyna A., Moisejevs R., Degtjarenko P. (2012) Lichens and allied fungi from Gauja National Park (Latvia), including new records for the country. *Folia Cryptogamica Estonica*, vol. 58, pp. 135–144. doi: 10.12697/fce.2021.58.16

Информация об авторах:

Рахимова Елена Владимировна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории микологии и альгологии РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции» (Алматы, Казахстан, e-mail: evrakhim@mail.ru)

Аметов Абибулла Аметович – доцент, кандидат биологических наук, КазНУ им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: ametov@kaznu.kz)

Мырзахан Анеп Дәуренқызы (корреспондентный автор) – магистрант КазНУ им. аль-Фараби, старший лаборант РГП «Институт ботаники и фитоинтродукции» (Алматы, Казахстан, e-mail: myrzakhan_anel@mail.ru)

Information about authors:

Rakhimova Elena Vladimirovna – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher at the Laboratory of Mycology and Algology, RSE “Institute of Botany and Phytointroduction” (Almaty, Kazakhstan, email: evrakhim@mail.ru)

Ametov Abibulla Ametovich – Associate Professor, Candidate of Biological Sciences, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: ametov@kaznu.kz)

Myrzakhan Anel Daurenkyzy (corresponding author) – Master’s student at Al-Farabi Kazakh National University, Senior Laboratory Assistant at the RSE “Institute of Botany and Phytointroduction” (Almaty, Kazakhstan, email: myrzakhan_anel@mail.ru)

Поступила: 2 февраля 2024 года

Принята: 20 мая 2024 года

Б.А. Туралин^{1*}, А.Н. Куприянов², К.Т. Абидкулова³,
 А.Н. Телеуов¹, С.Т. Сырымбетов¹, Г.Б. Адманова¹,
 Ж.І. Қуанбай¹, А. Абдукаримов¹, А.Ж. Чилдибаева³

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қ.

²РГА СБ «Көмір және көмір химиясы федералды ғылыми-зерттеу орталығы», Ресей, Кемеров қ.

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: bauke_1982@mail.ru

АҚТӨБЕ ОБЛЫСЫНДА *CYCLACHAENA XANTHIIFOLIA* (NUTTALL) FRESenius (ASTERACEAE) АЛҒАШҚЫ ТАБЫЛЫМЫ

Cyclachaena xanthiifolia (Nuttall) Fresenius Солтүстік Америка өсімдігі, қазіргі уақыта Еуропа мен Солтүстік Азияда белсенді өседі – «трансформерлер» түрлер қатарына жататын инвазиялық түрі табылып отыр, бұл өсімдік түрі табиғи өсімдіктер бірлестігін түбегейлі өзгертуге және аймақтық флоралардың таксономиялық және филогенетикалық бірегейлігіне әсер етуге қабілетті. Ақтөбе облысы мен Ақтөбе қаласындағы агрессивті бөтен түр *C. xanthiifolia* популяциясының таралуы мен қазіргі жағдайын зерттеу, оның осы аймақта одан әрі таралуына жол бермеу. Әр ценопопуляцияға геоботаникалық сипаттамалар нәтижелері стандартты әдістермен жүргізілді. Өсімдіктердің сапалық мөлшері жалпы қабылданған әдістер бойынша жүргізілді.

C. xanthiifolia өсімдігі Ақтөбе қаласының аумағында табылған және оның үш ценопопуляциясы сипатталған. Зерттелген барлық ценопопуляциялар 7-9 өсімдік түрлерінен тұрады және олар рудеральды түрлердің өкілі.

Барлық үш ценопопуляцияда *C. xanthiifolia* өсімдігі *Chenopodium album* мен бірге өсімдіктер бірлестігінің доминантты түрлері болып табылады, жеке өсімдіктер жабыны 20%-ды құрайды, популяциялардағы тығыздығы 12,0±3,1-ден 17,0±2,6 дана/м², биіктігі 80,0±9,3-тен 138±14,0 см-ге дейін өзгереді. Ценопопуляцияларда (*Gypsophila paniculata*, *Helichrysum arenarium*, *Tragopogon orientalis*) кездесетін дала флорасы түрлерінің белсенділігі минималды, бұл олардың арамшөптер мен адвентивті түрлерімен ығыстырылуының нәтижесі. Зерттеулер көрсеткендей, *C. xanthiifolia* Ақтөбе облысының аумағында қарқынды таралуда, рудералдық бірлестіктерге белсенді түрде енуде және әртүрлі деңгейдегі ылғалдандырылған бірлестіктерде таралған.

Түйін сөздер: *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius, Ақтөбе облысы, инвазиялық түрлер, популяция құрылымы, түрлердің белсенділігі.

В.А. Turalin^{1*}, А.Н. Kupriyanov², К.Т. Abidkulova³,
 А.Н. Teleuov¹, С.Т. Syrymbetov¹, Г.Б. Admanova¹,
 J.I. Kuanbay¹, А. Abdukarimov¹, А. Zh. Childibayeva³

¹Aktobe Regional State University named after K. Zhubanov, Kazakhstan, Aktobe

²Federal State Budget Scientific Institution «The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», Russia, Kemerovo

³Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Aimagy

*e-mail: bauke_1982@mail.ru

New finding of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius (Asteraceae) in Aktobe region

Cyclachaena xanthiifolia (Nuttall) Fresenius is a North American plant that is currently growing actively in Europe and Northern Asia, an invasive species belonging to the “transformer” species capable of radically transforming natural plant communities and influencing the taxonomic and phylogenetic uniqueness of regional floras. Studies of the distribution and current state of populations of the aggressive alien species *C. xanthiifolia* in the Aktobe region and the city of Aktobe to prevent its further spread in this region were carried out. As a result, geobotanical descriptions were carried out in each cenopopulation using standard methods. Qualitative recording of plants was carried out according to accepted methods.

The plant was found on the territory of Aktobe; three coenopopulations involving *C. xanthiifolia* were described. All studied coenopopulations are species-poor and contain 7-9 species and consist of

ruderal species. In all three cenopopulations, *C. xanthiifolia* together with *Chenopodium album* are the dominants of plant communities, the partial projective cover is 20%, and the density in the populations is from 12.0 ± 3.1 to 17.0 ± 2.6 pcs/m² individuals, the height varies ranging from 80.0 ± 9.3 to 138 ± 14.0 cm. The activity of *C. xanthiifolia* is very high and is second only to *C. album*. The activity of steppe flora species found in coenopopulations (*Gypsophila paniculata*, *Helichrysum arenarium*, *Tragopogon orientalis*) is minimal, which indicates their displacement by weeds and adventitious species. Research has shown that *C. xanthiifolia* intensively spreads throughout the Aktobe region, actively invades ruderal communities and covers communities of varying degrees of moisture.

Key words: *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius, Aktobe region, invasive species, population structure, species activity.

Б.А. Туралин^{1*}, А.Н. Куприянов², К.Т. Абидкулова³,
А.Н. Телеуов¹, С.Т. Сырымбетов¹, Г.Б. Адманова¹,
Ж.І. Қуанбай¹, А. Абдукаримов¹, А.Ж. Чилдибаева³

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Казахстан, г. Актөбе

²Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Россия, г. Кемерово

³Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: bauke_1982@mail.ru

Новая находка *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius (Asteraceae) в Актюбинской области

Cyclachaena xanthiifolia (Nuttall) Fresenius – растение Северной Америки, в настоящее время активно разрастается в Европе и Северной Азии. Инвазионный вид, относящийся к видам «трансформерам» способным коренным образом преобразовывать естественные растительные сообщества и влиять на таксономическую и филогенетическую уникальность региональных флор. Были проведены исследования распространения и современного состояния популяций агрессивного чужеродного вида *C. xanthiifolia* в Актюбинской области и городе Актөбе для предотвращения его дальнейшего расселения в данном регионе. В результате геоботанические описания проводились в каждой ценопопуляции стандартными методами. Качественный учет растений проводился согласно принятым методикам.

Растение найдено на территории г. Актөбе, описано три ценопопуляции с участием *C. xanthiifolia*. Все изученные ценопопуляции маловидовые содержат 7-9 видов и состоят из рудеральных видов. Во всех трех ценопопуляциях *C. xanthiifolia* совместно с *Chenopodium album* являются доминантами растительных сообществ, частное проективное покрытие составляет 20%, плотность в популяциях от $12,0 \pm 3,1$ до $17,0 \pm 2,6$ шт/м² особей, высота изменяется в пределах от $80,0 \pm 9,3$ до $138 \pm 14,0$ см. Активность *C. xanthiifolia* очень высокая и уступает только *C. album*. Активность видов степной флоры, встречающихся в ценопопуляциях (*Gypsophila paniculata*, *Helichrysum arenarium*, *Tragopogon orientalis*) минимальная, что свидетельствует об их вытеснении сорными и адвентивными видами. Исследования показали, что *C. xanthiifolia* интенсивно распространяется на территории Актюбинской области, активно внедряется в рудеральные сообщества и охватывает сообщества разной степени увлажнения.

Ключевые слова: *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius, Актюбинская обл., инвазионные виды, структура популяций, активность видов.

Қысқартулар мен белгіленулер:

А – түрдің белсенділігі; СР – ценопопуляция; IBIS – ботаникалық сипаттамаларды өңдеуге арналған бағдарлама; Р, % – орташа жабындық жоба; V, % – түрлердің пайда болуы.

Кіріспе

Жаһандық проблемалардың бірі өсімдіктердің тіршілік ортасынан тыс қоныс аударуы болып табылады. Бұл процесс ботаниктер үшін өзекті, бірақ жаһандық климаттың өзгеруі және

жаһандану процестері бұл процесті жеделдете түсті [1-3]. Көптеген өсімдіктер климаттық кедергілерді жеңіп, олардың таралу аймағы кеңейде [4,5]. Түрлердің миграциялық процестерінің жаһандық ауқымын және олардың экологиялық және экономикалық салдарының белгісіздігін ескере отырып, өсімдіктер миграциясын зерттеу және бұл құбылыстың табиғи экожүйеге жағымсыз әсерін азайту ғалымдардың ең маңызды міндеті болып табылады [6-8].

Қазақстанда бөтен түрлердің таралу проблемасы көп уақыт өтпесе де, олардың басып кіруіне жол бермеу және одан келетін залалды

барынша азайту үшін нақты шаралар қабылдау қажет. Стационарлық және жартылай стационарлық зерттеулерді құру, бөтен түрлердің популяциясының мониторингі, экономикалық және экологиялық зияндарды бағалау және бөтен түрлердің басып кіруінің алдын-алу және бақылау бойынша практикалық ұсыныстарды қамтитын бөтен түрлердің таралуын, саны мен мөлшерін зерттеудің ұлттық бағдарламасын әзірлеу қажет болуы мүмкін.

Бөтен түрлерді енгізу масштабы өте үлкен. Өртүрлі елдердің ғалымдарының зерттеулерінің нәтижесінде табиғи таралу аймағынан тыс кездесетін 13168 өсімдік түрлері (әлемдік флораның 3,9%-ға жуығы) анықталған [9-11].

Б.М.Миркин және т.б. [12] жаңа аумақтарға қабілетті түрлердің пайда болуы мен таралуы биосфераның «антропогендік гомогенизациясына» әкелетінін атап өтті. Дүние жүзіндегі 658 аймақтық флораны зерттеу бөтен өсімдік түрлерінің дүние жүзіндегі аймақтық флоралардың таксономиялық және филогенетикалық бірегейлігіне қаншалықты күшті әсер ететінін көрсетті [11]. Бөтен өсімдіктердің натурализациясы табиғи флора құрылымының бұзылу және олардың генетикалық бірегейлігін жоғалту қаупін тудырады [13].

Адам әрекетінің әсерінен флорадағы өзгерістер, табиғи экожүйелердегі бәсекелестіктің төмендеуі «қара тесіктердің» пайда болуына әкеледі, олар арқылы бөтен түрлер енгізіледі. Олардың кейбіреулері пайда болады да бірден жоғалады, басқалары рудералды тіршілік орындарын мекендеп, сол жерде өседі, ал үшіншілері белгілі бір уақыттан кейін табиғи қауымдастықтарды натурализациялай алады және өзгерте алады – бұл түрлер «инвазиялық» деп аталады [14], яғни олар табиғи өсімдіктер қауымдастығына қоныстанып қана қоймай, оларды толығымен өзгертеді. R.G. Olmstead [15] жергілікті флораны инвазиялық түрлердің басып алуы тіршілік ету ортасының жойылғаннан кейінгі биоалуантүрлілікке төнетін екінші маңызды қауіп болып саналатынын еске салады. Инвазиялық түрлердің таралуы экономикалық қауіптерге де, яғни экожүйелердің өнімділігінің төмендеуіне алып келеді, бұл ауылшаруашылығы және орман шаруашылығы ұйымдарына тікелей зиян келтіреді [14]. Оның үстіне кейбір түрлер өсімдіктердің паразиттік немесе жұқпалы ауруларының тасымалдаушысы болып табылады, мысалы, бидайға зиян келтіретін тат саңырауқұлақтарының түрлері. *Ambrosia artemisiifolia*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Atriplex sagittata*, *Ulmus pumila* жел-

мен тозаңданатын өсімдіктер түрлері аллергиялық ауруларды туғызады [13]. *Heracleum sosnowskyi* инвазиялық өсімдігінің вегетативті жер үсті органдары тері фитодерматитін тудырады [16].

Осылайша, инвазиялық түрлердің таралуы экожүйелердің биоалуантүрлілігінің, жайылымдар мен шабындықтардың сапасының төмендеуіне, аллергиялық аурулардың артуына әкеледі. Өкінішке орай, Қазақстанда бұл бағыттағы зерттеу жұмыстары іс жүзінде жүргізілмейді, көбінесе аталған қауіпті жағдайлар Еуропа елдеріне тән [16]. Мысалы, Оңтүстік Сібірде *Cyclachaena xanthiifolia* бір түрден тұратын өсімдіктер қауымдастықтары кәдімгі арамшөптер мен жартылай арамшөптерді алмастырады [17]. Инвазиялық түрлердің таралуы табиғи флоралық кешендердің түр өзгерістеріне және паразональды және параинтразональды өсімдіктер қауымдастығының қалыптасуына әкеледі. Ал олардың натурализациясы өсімдік формацияларының сыртқы түрінің толық өзгеруіне әкеледі. Инвазиялық түрлерді жергілікті түрлермен будандастыру және берілген климат үшін агрессивті төзімді будандардың пайда болу қаупі туындайды [15].

Осыған байланысты Ақтөбе облысы аумағындағы инвазиялық өсімдіктерді қоса алғанда, адвентивті (кездейсоқ) өсімдіктердің түрлік алуандылығын, олардың таралу ерекшеліктері мен натурализациясын анықтау өзекті мәселе болып табылады.

Жұмыстың мақсаты Ақтөбе облысы мен Ақтөбе қаласындағы агрессивті бөтен түр *C.xanthiifolia* популяциясының таралуы мен қазіргі жағдайын зерттеу, оның осы аймақта одан әрі таралуына жол бермеу.

Ақтөбе облысы Қазақстанның батысында орналасқан және батыстан шығысқа қарай шамамен 800 шақырым, солтүстіктен оңтүстікке қарай 700 шақырымға созылып жатыр. Оның аумағына үш табиғи аймақ тән [18,19]. Солтүстігінде далалық климаттық белдеу, орталық бөлігінде оңтүстікке қарай шөлейтті аймаққа алмасатын жартылай шөлді климаттық белдеу тән. Бұл алуантүрлі климаттық жағдайлар әртүрлі экологиялық жағдайға бейімделген өсімдіктердің таралуына мүмкіндік береді. Топырақтың біркелкі еместігі мен рельефінің алуантүрлілігіне байланысты әрбір климаттық белдеудің шегінде өсімдіктердің белгілі бір зоналық типтерінен басқа өзіндік шөлді дала ландшафтары кездеседі [20].

Ең агрессивті инвазиялық түрлердің бірі америкалық *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall)

Fresenius түрі болып табылады. Бұл түр Еуропаның көптеген елдеріне әлеуетті қауіп төндіреді [16,20]. *C.xanthiifolia*-ның табиғи таралу аймағы солтүстікамерикалық далалық флорасы [21]. Қазіргі уақытта бұл түр Азияда және Еуропаның 28 елдерінде кеңінен таралған. Ресейде *C.xanthiifolia* «Топ-100» инвазиялық түрлерге кіреді [22]. Қазақстанда *C.xanthiifolia* алғаш рет Қарағандыда XX ғасырдың 80-ші жылдарында табылған [23]. Бұл түр табылғаннан бері 30 жыл ішінде *C.xanthiifolia* өзінің таралу аймағын едәуір кеңейтіп, Алматы, Шығыс Қазақстан, Қарағанды, Қостанай және Павлодар облыстарынан да табылды [24]. *C.xanthiifolia* антропогендік зақымдалған өсімдіктер қауымдастықтарында таралып, жануарлар оны жемейтіндіктен, іс жүзінде үлкен биомасса құрайды. Елді-мекендерде қарқынды және мол өсіп, гүлдену кезеңінде аллергиялық ауруларды тудырады [25]. *C.xanthiifolia* айтарлықтай аумақта бір түрден тұратын қопа түзіп, табиғи флора түрлерінің жаңаруына жол бермей кедергі келтіреді. [17].

C.xanthiifolia 2022 жылы Ақтөбе облысынан (Ақтөбе қ.) табылды. Сондықтан бұл инвазиялық түр *C.xanthiifolia* табылған жерлердің

популяциясының құрылымын зерттеу маңызды болып табылады.

Зерттеу материалдар мен әдістері

C.xanthiifolia біржылдық өсімдік, биіктігі (30) 40-150 см, қырлы сабақты, төменгі бөлігі жалаңаш, жоғарғы бөлігі түкті. Жапырақтары жүрек тәрізді-жұмыртқа тәрізді, ұзындығы 10 см-ге дейін және ені 6,5 см-ге дейін, қарама-қарсы орналасқан (ең жоғарғыларын есептемегенде), сағақты, түбіне қарай сүйірленген, ұшында сүйірленген, жиектері ара тісті, қылшықты түктерінен кедір-бұдырлы. Себеттерінің диаметрі 2-4 мм, көп, гетерогамды, салбыраңқы, ірі, бос сыпырғы гүлшоғырына жиналған. Орама жапырақтары жарты шар тәрізді, қабысқан, екі қатарға орналасқан 10 жапырақшадан тұрады. Сыртқы жапырақшалары кері жұмыртқа тәрізді, сәл сүйір, шөптесін, түкті, жиектері ұзын безді түкті. Шеткі гүлдері 5-у, аналықты, жемісті, гүл серігі қысқарған (сақина тәрізді). Ортаңғы гүлдері қосжынысты, саны 10-15, бес тішшелі күлтелі, аналығы жетілмеген және бос дерлік тозаңдықты, стерильді. Күлтелері ашық-жасыл немесе сарғыш-жасыл түсті [26] (1-сурет).

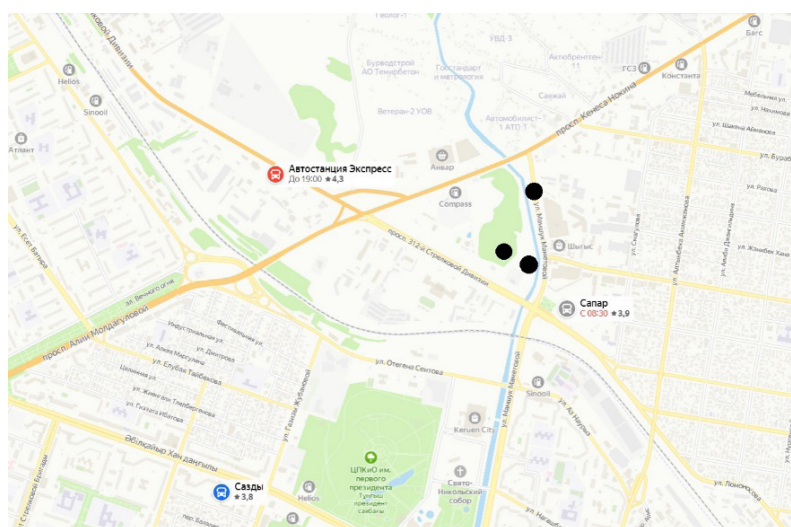


1-сурет – *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius Ақтөбедегі шөлді далада

Инвазиялық өсімдіктердің түрлік құрамын анықтау бойынша зерттеу жұмыстары Ақтөбе қаласының аумағында 2022 жылдың қазан айында барлық табиғи аймақтар, кейбір әкімшілік округтер мен ауылдық елді мекендерде маршруттық әдіспен жүргізілді.

Ақтөбе қаласында «Сапар» автовокзалы ауданында (2-сурет) антропогендік факторлардың әсерінен әртүрлі дәрежеде өзгерген өсімдіктер жамылғысынан тұратын учаскелерден

C.xanthiifolia-ның үш ценопопуляциясы анықталды: ЦП-1: сирек қарағаш (*Ulmus pumila* L.) отырғызылған тасжол бойындағы рудералдық өсімдіктер қауымдастығы; ЦП-2: қарағаштың (*Ulmus pumila* L.) жалғыз даналары кездесетін құрылыс қалдықтары бар шөл даладағы рудералдық өсімдіктер қауымдастығы; ЦП-3: уақытша су ағысына дейінгі беткейлерде, сайларда және бетон плиталар арасындағы рудералдық өсімдіктер қауымдастығы.



2-сурет – Ақтөбе қаласындағы ценопопуляциялардың орналасуы

Әр ценопопуляцияға геоботаникалық сипаттамалар стандартты әдістермен жүргізілді. Өсімдіктердің сапалық мөлшері жалпы қабылданған әдістер бойынша жүргізілді [27]. Түр саны (дана), кездесуі, %, жалпы және ішінара өсімдіктер жабыны, % анықталды. Түрдің қауымдастықтағы

орнын жиынтық бағалау үшін, оның кездесуі мен өсімдіктер жабынын ескере отырып, фитоценоз құрылымындағы түрлердің орнын анықтайтын түр белсенділігінің интегралды көрсеткіші пайдаланылды. Түр белсенділігін есептеу IBIS жүйесінде [28] формула бойынша жүргізілді:

$$Act = \sqrt{\frac{C \times 100\%}{N} \times \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{N}} = \mathbf{0} \times \frac{\sqrt{C \times A_{\Sigma}}}{N} \% \quad (1),$$

мұндағы Act – мониторинг аймағы үшін таксонның есептелген белсенділігі пайызбен ($0 \div 100\%$);

N – есепке алу аймақтарының саны (элементарлық метрлі үлгілері);

C – таксон тұрақтылығы – таксон тіркелген тіркеу орындарының абсолютті саны;

A_i – i -ші зерттеу учаскесінде таксонның өсімдіктер жабыны;

A_{Σ} – барлық зерттеу учаскелеріндегі таксонның өсімдіктер жабынының қосындысы.

Өсімдіктер қауымдастықтарының антропогендік деградация дәрежесі синантропизация коэффициентінің көмегімен анықталды [29]. Синантропизация коэффициенті синантропты және гемерофобты түрлердің жалпы кездесуін есептейді.

$$N_a N_a N_b$$

$$K_s = \sum_{i=1} a_i \times 100 \div (\sum_{i=1} a_i + \sum_{i=1} b_i)$$

$$i=1 \quad i=1 \quad i=1$$

мұндағы

- K_s – синантропизация коэффициенті;
- a_i – синантропты түрлердің кездесуі;
- N_a – синантропты түрлердің саны;
- b_i – гемерофобты түрлердің кездесуі;
- N_b – гемерофобты түрлердің саны.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

ЦП-1 – 7 түрден тұрады, *Chenopodium album* доминантты (1-кесте). Жалпы өсімдіктер жабыны 80%-ды құрайды; *C. xanthiifolia* өсімдіктер жабыны – 10%; ценопопуляция ауданы – 500 м²; тығыздығы – 13,0±4,7 дана/м², орташа өсімдік биіктігі – 80,0±9,3 см (2-кесте).

ЦП-2 – 9 түрден тұрады, *C. xanthiifolia* доминантты (1-кесте). Жалпы өсімдіктер жабыны

95%-ды құрайды; *C. xanthiifolia* өсімдіктер жабыны – 30%; ценопопуляция ауданы – 8000 м²; тығыздығы – 12,0±3,1 дана/м², орташа өсімдік биіктігі – 95±10,1 см (2-кесте).

ЦП-3 – 9 түрден тұрады, *Chenopodium album* және *C. xanthiifolia* доминантты (1-кесте). Жалпы өсімдіктер жабыны 80%-ды құрайды; *C. xanthiifolia* өсімдіктер жабыны – 20%; ценопопуляция ауданы – 1000 м²; тығыздығы – 17,0±2,6 дана/м², орташа өсімдік биіктігі – 138±14,0 см (2-кесте).

Үш ценопопуляцияда барлығы 17 түр тіркелген. Барлық зерттелген ценопопуляциялар аз түрлі рудеральды түрлерден тұрады. Синантропизация дәрежесі 50-ден 66,7%-ға дейін. Барлық үш ценопопуляцияның да өсімдіктер қауымдас-тығында *C. xanthiifolia* мен *Chenopodium album* доминанттар. Айта кету керек, *C. xanthiifolia* белсенділігі өте жоғары және *C. album*-нан кейін екінші орында. Ценопопуляцияларда кездесетін далалық флора түрлерінің белсенділігі (*Gypsophila paniculata*, *Helichrysum arenarium*, *Tragopogon orientalis*) минималды, бұл олардың арамшөптермен және кездейсоқ (адвентивті) түрлермен ығысуын көрсетеді.

1-кесте – Ақтөбе аумағындағы *C. xanthiifolia* қатысатын ценопопуляциялардың түр құрамы

Өсімдік түрлері	ЦП-1	ЦП-2	ЦП-3	*V,%	P,%	A
<i>Chenopodium album</i> L.	40	10	20	100	33,3	58
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nuttall) Fresenius	10	30	20	100	20	44,7
<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schrad.		10	10	66	6,7	21
<i>Agropyron cristatum</i> (L.) Beauv.	3		5	66	2,7	13,3
<i>Lactuca serriola</i> L.	2	5		66	2,3	12,3
<i>Carduus crispus</i> L.		10		33	3,3	10,4
<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.		10		33	3,3	10,4
<i>Festuca valesiaca</i> Gaudin	10			33	3,3	10,4
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.		10		33	3,3	10,4
<i>Polygonum aviculare</i> L.	10			33	3,3	10,4
<i>Polygonum gracilius</i> (Ledeb.) Klok.			10	33	3,3	10,4
<i>Atriplex tatarica</i> L.	5			33	1,7	7,5
<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl			5	33	1,7	7,5
<i>Gypsophila paniculata</i> L.			5	33	1,7	7,5
<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench		5		33	1,7	7,5
<i>Melilotus albus</i> Medikus		5		33	1,7	7,5
<i>Tragopogon orientalis</i> L.			5	33	1,7	7,5
Синантропизация коэффициенті, %	50	66,6	62,5			

V, % – түрлердің кездесуі; P, % – орташа өсімдіктер жабыны; A – түр белсенділігі

Зерттелетін өсімдіктер қауымдастығында негізінен арамшөп түрлері басым: *Chenopodium album*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Kochia scoparia*, *Lactuca serriola*. *C.xanthiifolia* – 3-4 жыл бұрын қоныстанған жаңа инвазиялық түрлер қазір Ақтөбе облысында кең таралып, тұрақты популяцияларды қалыптастырды.

ЦП-да түрлер саны аз, 7-9 түр, бұл өсімдік қауымдастықтарының антропогендік трансформациясының жоғары дәрежесімен байланысты. Дегенмен, жалпы өсімдіктер жабыны айтарлықтай жоғары және 80-90%-ды құрайды, бұл арамшөптердің және ең алдымен осы жағдайларда

белсенді өсетін және 12-17 дана/м² тығыздығы жоғары *C. xanthiifolia* өсуімен байланысты (2-кесте).

C.xanthiifolia 1930 жылдардың ортасына дейін Ресейде карантиндік түрге жатқызылды [17]. Қазіргі уақытта елді мекендерде өсімдіктерді шабу ұсынылады, бұл тұқымдардың топыраққа түсуін шектейді [30]. Бұл қазірдің өзінде Ақтөбе қаласының территориясына қатысты. Бақылауды қажет ететін *C.xanthiifolia* өсімдігінің жаңа тіршілік орындарын және оның таралу ошақтарын анықтау үшін Ақтөбе қаласы мен облыс аумақтарына келешекте зерттеулер жүргізу қажет.

2-кесте – Ақтөбе қаласындағы *C. xanthiifolia* популяцияларының құрылымы

Көрсеткіш	ЦП-1	ЦП-2	ЦП-3
Түрлер саны, дана/100 м ²	7	9	9
Жалпы өсімдіктер жабыны (ОПП), %	80	95	80
Биіктігі, см	80,0±9,3	95±10,1	138±14,0
Тығыздығы дана/м ²	13,0±4,7	12,0±3,1	17,0±2,6

C.xanthiifolia жаңа ошақтарының пайда болуын жою үшін «Луварам», «Чисталан», «Торнадо», «Раундуп», «Ураган» гербицидтерін қолдану ұсынылады [16,17,25]. Гербицидтердің тиімділігі айтарлықтай жоғары, бір айдан кейін құраған өсімдіктердің үлесі 84-тен 100% -ға дейін құрайды, ал тірі қалған өсімдіктердің көпшілігі зақымдалады [17]. Әсері вегетациялық кезеңнің соңына дейін созылады, өсімдіктердің қайта өсуі байқалмайды. Химиялық заттардан басқа агротехникалық күрес шаралары қолданылады, мысалы: сабан тазарту, күздік жырту, егіс алдындағы топырақ өңдеу, егістік материалын тұқымнан тазарту, қатардағы дақылдарда қатар аралық өңдеулер [17].

Қорытынды

Ақтөбе облысының табиғи-климаттық әлеуеті, сондай-ақ ландшафтардың жоғары антропогендік трансформациясы көптеген адвентивті түрлердің натурализациясына мүмкіндік береді. *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius ең агрессивті, белсенді таралатын және экожүйелерге әсер етеді. Өсімдік Ақтөбе территориясынан табылған, *C.xanthiifolia* қатысатын үш ценопопуляция сипатталды. Аз түрі бар барлық зерттелген ценопопуляциялар 7-9 түрді қамтиды және рудеральды түрлерден тұрады. Барлық үш ценопопуляцияда

C.xanthiifolia мен *Chenopodium album* өсімдіктер қауымдастықтарының доминанттары болып табылады, ішінара өсімдіктер жабыны 20%, популяцияның тығыздығы 12,0±3,1-ден 17,0±2,6 дана/м², биіктігі 80,0±9,3-тен 138±14,0 см-ге дейін ауытқиды. *C.xanthiifolia* белсенділігі өте жоғары және *C.album*-нан кейін екінші орында. Далалық флора түрлерінің белсенділігі (*Gypsophila paniculata*, *Helichrysum arenarium*, *Tragopogon orientalis*) минималды, бұл олардың арамшөптермен және кездейсоқ (адвентивті) түрлермен ығысуын көрсетеді. Зерттеулер көрсеткендей, *C.xanthiifolia* Ақтөбе облысы территориясында қарқынды таралады, рудеральды қауымдастықтарды белсенді түрде басып алады және әртүрлі ылғалдылықтағы қауымдастықтарды қамтиды.

Ақтөбе облысындағы да, Қазақстанның басқа аймақтарындағы да инвазиялық өсімдіктердің натурализациясының дәрежесі әртүрлі және натурализация процесінің әртүрлі динамикасымен сипатталады. Сондықтан агрессивті бөтен түрлердің таралуына жол бермеу үшін қазіргі уақытта тек таралу тенденциясын көрсетіп жатқан және аймақта кең таралмаған өсімдіктерге назар аудару керек. Облыс территориясында *C.xanthiifolia*-ның таралуы кеңейетіндіктен, басқа территорияларда жинақталған тәжірибелерді пайдалана отырып, оның таралуын тежейтін технологияларды әзірлеу қажет [18].

Облыс территориясында түрлер инвазиясының масштабын неғұрлым объективті бағалау үшін *C.xanthiifolia*-ның таралуы мен табиғи экожүйелерге әсерін анықтау үшін зерттеулер қажет.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақаланы оқыған, мазмұнымен таныс және мүдделер қақтығысы жоқ.

Әдебиеттер

- Vila M., Cobin J., DDukes., J.S., Pino J., Smith S.D. Linking plants invasion to environmental change // Terrestrial ecosystems in a changing world. Berlin: Springer. – 2006. – P. 115–124
- Sala O.E. Chapin F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., LeRoy P.H., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M.Wall D.H. Global biodiversity Scenarios for the year 2100 // Science. – 2006. – Vol. 287. – № 5459. – P. 1770–1774.
- Hilme Ph.E. Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses // Biodiversity under threat. – 2007. – P. 56–80.
- European Commission. Alien species and nature conservation in the EU [Electronic resource] <http://ec.europa.eu/environment/life/publications>. Assesed 16 Desember 2009.
- Miller C., Kettunen M., Shine C. Scope options for EU action on invasive alien species (IAS)/ Final reports for the European Commission. – 2006. – 109 pp.
- Berg C., Drescher A., Wagner V., Essl F. Temporal trends in the invasions of Austrian woodlands by alien trees // Preslia. – 2016. – Vol. 88. – P. 185–200.
- Blackburn T.M., Cassey P., Lockwood J.L. The island biogeography of exotic bird species // Glob. Ecol. Biogeogr. – 2008. – Vol. 17. – P. 246–251.
- Henderson L. Mapping of invasive alien plants: the contribution of the Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA) to biological weed control // Afr. Entomol. – 2011. – Vol. 19. – P. 498–503.
- Kowarik I. Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. – In: Pyšek P., Prach K., Rejmánek M. & Wade M. (eds), Plant invasions: general aspects and special problems. Amsterdam: SPB Academic Publishers. 1995, P. 15–38.
- Oswalt C.M., Fei S., Guo Q., Iannone III B.V., Oswalt S.N., Pijanowski B.C., Potter K.M. A subcontinental view of forest plant invasions // NeoBiota. – 2015. – Vol. 25. – P. 49–54.
- van Kleunen M., Dawson W., Essl F., Pergl J., Winter M., Weber E., Kreft H., Weigelt P., Kartesz J., Nishino M., Antonova L.A., Cabezas F.J., Cárdenas D., Cardenas-Toro J., Castan N., Chaco E., Chatelain C., Ebel A.L., Figueiredo E., Fuentes N., Groom Q.J., Henderson L., Kupriyanov A., Masciadri S., Meerman J., Morozova O., Moser D., Nickrent D.L., Pelsler A.P., Pyšek P. Global exchange and accumulation of non-native plants // Nature. – 2015. – Vol 525(9). – P. 100 – 107.
- Миркин Б.М., Ямалов С.М., Наумова Л.Г. Синантропные растительные сообщества: модели организации и особенности классификации // Журнал общей биологии. – 2007 – Т. 68. – № 6. – С. 435-443.
- Yang Q., Weigelt P., Frisvold T.S., Zhang Zh., Kreft H., Stein A., Seebens H., Dawson W., Ess F., König Ch., Lenzner B., Pergl J., Pouteau R., Pyšek P., Winter M., Ebel A.L., Fuentes N., Giehl E.L.H., Kartesz J., Krestov P., Kukk T., Nishino M., Kupriyanov A., Villaseñor J.L., Wieringa J.J., Zeddam A., Zykova E., van Kleunen M. The global loss of floristic uniqueness // Nature communications. – 2021 – Vol. 12. – P. 7290 | <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27603-y> | www.nature.com/naturecommunications.
- Нотов А.А. О проблеме разработки и ведения региональных Черных книг / А.А. Нотов, Ю.К. Виноградова, С.Р. Майров // Российский журнал биологических инвазий. – 2010. – № 4. – С. 54–86. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.sevin.ru/invasjour/issues/2010_4/Notov_10_4.pdf
- Olmstead R.G. Are invasive plants an inevitable consequence of evolution? / R.G. Olmstead // Amer. Journ. of Botany. – 2006. – Vol. 93(8). – P. 1236–1239.
- Dana E.D., Cerrillo M.I., Sanz-Elorza M., Sobrino E., Mota J.F. Contribución al conocimiento de las xenófitas en España: catálogo provisional de la flora alóctona de Almería // Acta Botanica – 2001. – V. 26. – P. 264-276.
- Терехина Т.А. *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. – Циклахена дурнишниколистная // Черная книга флоры Сибири. – Новосибирск: Академическое из-во «Гео». – 2016 – С. 102-105.
- Агроклиматический справочник по Актыбинской области. – Л.: Гидрометеоздат. – 1974. – 212 с.
- Петелина А.М. Актыбинская область // Общие природные и почвенные условия сельскохозяйственного производства областей Казахстан // Труды института почв АН Каз ССР. – Алма-Ата. – 1960. – Т.10. – С. 15.
- Alien species in Poland [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.Jop.kra-knw.pl/ias/>. (Accessed 10 Desember 2023).
- Strother J. L. *Cyclachaena* // Flora of North America. – Vol. 21. – P. 28.
- Виноградова Ю.К. Акатова Т.В., Аненхонов О.А., Анкипович Е.С., Антипова Е.М., Антонова Л.А., Афанасьев В.Е., Багрикова Н.А., Баранова О.Г., Борисова Е.А., Борисова М.А., Бочкин В.Д., Буланый Ю.И., Верхозина А.В., Григорьевская А.Я., Ефремов А.Н., Зыкова Е.Ю., Кравченко А.В., Крылов А.В., Куприянов А.Н., Лавриненко Ю.В., Лактионов А.П., Лысенко Д.С., Майоров С.Р., Меньшакова М.Ю., Мещерякова Н.О., Мининзон И.Л., Михайлова С.И., Морозова О.В., Нотов А.А., Панасенко Н.Н., Пликина Н.В., Пузырев А.Н., Раков Н.С., Решетникова Н.М., Рябовол С.В., Сагалаев В.А., Силаева

М.М. Силантьева Т.Б., Стародубцева Е.А., Степанов Н.В., Стрельникова Т.О., Терехина Т.А., Трemasова Н.А, Третьякова А.С., Хорун Л.В., Чернова О.Д., Шауло Д.Н., Эбель А.Л. «Black»-лист инвазионных растений России // Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. 2015. Кемерово. С. 68–72.

23. Куприянов А.Н., Михайлов В. Г. Новые и редкие растения для Центрального Казахстана // Ботан. журн. – 1989. – Т. 74. – № 4. – С. 545 – 547.

24. Kuprijanov A.N., Sultangazina G.J., Novak Y.O. Spread dynamics of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius (Asteraceae) in Kazakhstan // News of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Biological and Medical. – 2022. – Vol. 1 (348). – P. 16–24 <https://doi.org/10.32014/2022.2519-1629.106UDC.581.9.574>.

25. Омеляненко Т.З. О распространении и некоторых особенностях *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. на территории Российской Федерации // Фитосанитария. Карантин растений. – 2021. – Т. 2(6). – С. 50-62.

26. Смолянинова Л.А. *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius // Флора СССР. – М-Л. – 1959. – Т. 25. – С. 515.

27. Работнов Т.А. Фитоценология. – М.: МГУ – 1992. – 352 с.

28. Куприянов А.Н., Казьмина С.С., Зверев А.А. Изменение флористического состава растительных сообществ Караканского хребта вблизи угольных разрезов // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. – 2018. – № 43. – С. 66–88. DOI: 10.17223/19988591/43/4.

29. Прокопьев Е.П., Мерзлякова И.Е., Минеева Т.А., Кудрявцев В.А. К разработке методов оценки синантропизации флоры и растительности урбанизированных территорий // Синантропизация растений и животных. – Иркутск. – 2007. – С. 124-127.

30. Ламан Н.А. Научная методология, законодательные и административные решения, определяющие стратегию борьбы с фитоинвазиями в Республике Беларусь // Фитоинвазии: остановить нельзя сдаваться. (Мат. всер. научно-практ. конф.). – М. – 2022. – С. 85-96

References

1. Agroklimaticheskij spravochnik po Aktyubinskoj oblasti (1974) [Agro-climatic handbook of the Aktobe region] – L.: Hydrometeoizdat. – 212 p. [in Russian].

2. Alien species in Poland [Electronic resource]. Mode of access: <http://www.Jop.kra-krw.pl/ias/>. (Accessed 10 Desember 2023)

3. Berg C., Drescher A., Wagner V., Essl F. (2016): Temporal trends in the invasions of Austrian woodlands by alien trees. *Preslia*, vol. 88, pp. 185–200.

4. Blackburn T.M., Cassey P., Lockwood J.L. (2008) The island biogeography of exotic bird species. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, vol. 17, pp. 246–251.

5. Dana E.D., Cerrillo M.I., Sanz-Elorza M., Sobrino E., Mota J.F. (2001) Contribución al conocimiento de las xenófitas en España: catálogo provisional de la flora alóctona de Almería. *Acta Botanica*, vol. 26, pp. 264-276.

6. European Commission. Alien species and nature conservation in the EU [Electronic resource] <http://ec.europa.eu/environment/life/publications>. Accessed 16 Desember 2009.

7. Henderson L. (2011) Mapping of invasive alien plants: the contribution of the Southern African Plant Invaders Atlas (SAPIA) to biological weed control. *Afr. Entomol.* vol. 19, pp. 498–503.

8. Hilme Ph.E. (2007) Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses. *Biodiversity under threat*, pp. 56–80.

9. Kowarik I. (1995) Time lags in biological invasions with regard to the success and failure of alien species. – In: Pyšek P., Prach K., Rejmánek M., Wade M. (eds), *Plant invasions: general aspects and special problems*, pp. 15–38, SPB Academic Publishers, Amsterdam.

10. Kuprijanov A.N., Sultangazina G.J., Novak Y.O. (2022) Spread dynamics of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius (Asteraceae) in Kazakhstan. *News of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Biological and Medical*. vol. 1(348). pp. 16-24. <https://doi.org/10.32014/2022.2519-1629.106UDC.581.9.574>

11. Kuprijanov A.N., Kaz'mina S.S., Zverev A.A. (2018) Изменение флористического состава растительных сообществ Караканского хребта вблизи угольных разрезов. [Changes in the floral composition of plant communities of the Karakan ridge near coal mines]. *Bulletin of Tomsk State University. Biology*. no 43. pp. 66–88. DOI: 10.17223/19988591/43/4 [in Russian].

12. Kuprijanov A.N., Mihajlov V. G. (1989) Novye i redkie rasteniya dlya Central'nogo Kazahstana [New and rare plants for Central Kazakhstan.]. *Botanical Journal*. vol. 74(4). pp. 545- 547. [in Russian].

13. Ламан Н.А. (2022) Научная методология, законодательные и административные решения, определяющие стратегию борьбы с фитоинвазиями в Республике Беларусь [Scientific methodology, legislative and administrative decisions determining the strategy of combating phytoinvasions in the Republic of Belarus]. *Phytoinvasions: you can't give up*. (Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference). pp. 85-96. [in Russian].

14. van Kleunen M., Dawson W., Essl F., Pergl J., Winter M., Weber E., Kreft H., Weigelt P., Kartesz J., Nishino M., Antonova L.A., Cabezas F.J., Cárdenas D., Cardenas-Toro J., Castan N., Chaco E., Chatelain C., Ebel A.L., Figueiredo E., Fuentes N., Groom Q.J., Henderson L., Kuprijanov A., Masciadri S., Meerman J., Morozova O., Moser D., Nickrent D.L., Pelsler A.P., Pyšek P. (2015) Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature*. vol 525(9). pp. 100-107.

15. Miller C., Kettunen M., Shine C. (2006) Scope options for EU action on invasive alien species (IAS)/ Final reports for the European Commission. 109 p.

16. Mirkin B.M., Yamalov S.M., Naumova L.G. (2007) Sinantropnye rastitel'nye soobshchestva: modeli organizatsii i osobennosti klassifikatsii [Synanthropic plant communities: organization models and classification features]. *Journal of General Biology*. vol. 68(6). pp. 435-443. [in Russian].
17. Notov A.A., Vinogradova Yu.K., Majrov S.R. (2010) O probleme razrabotki i vedeniya regional'ny'x Cherny'x knig [On the problem of developing and maintaining regional Black books]. *Russian Journal of Biological Invasions* no. 4. pp. 54-86. [Electronic resource]
18. Olmstead R.G. (2006) Are invasive plants an inevitable consequence of evolution?. *Amer. Journ. of Botany*. vol. 93(8). pp. 1236–1239.
19. Omel'yanenko T.Z. (2021). O rasprostraneni i nekotoryh osobennostyah *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. na territorii Rossijskoj Federatsii [On the distribution and some features of *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. on the territory of the Russian Federation]. *Phytosanitary. Quarantine of plants*. vol. 2(6). pp. 50-62. [in Russian].
20. Oswalt C.M., Fei S., Guo Q., Iannone III B.V., Oswalt S.N., Pijanowski B.C., Potter K.M. (2015) A subcontinental view of forest plant invasions. *NeoBiota*. vol. 25. pp. 49–54.
21. Petelina A.M. (1960) Aktyubinskaya oblast [General natural and soil conditions of agricultural production in the regions of Kazakhstan] *Proceedings of the Institute of Soils of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR*. vol.10. pp. 150-186. [in Russian].
22. Prokop'ev E.P., Merzlyakova I.E., Mineeva T.A., Kudryavcev V.A. (2007) K razrabotke metodov ocenki sinantropizatsii flory i rastitel'nosti urbanizirovanny'x territorij [Synanthropization of plants and animals]. *Irkutsk*. pp. 124-127. [in Russian].
23. Yang Q., Weigelt P., Frisvold T.S., Zhang Zh., Kreft H., Stein A., Seebens H., Dawson W., Ess F., König Ch., Lenzer B., Pergl J., Pouteau R., Pyšek P., Winter M., Ebel A.L., Fuentes N., Giehl E.L.H., Kartesz J., Krestov P., Kukl T., Nishino M., Kupriyanov A., Villaseñor J.L., Wieringa J.J., Zeddam A., Zykova E., van Kleunen M. (2021) The global loss of floristic uniqueness. *Nature communications*. vol.12. pp.7290 | <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27603-y> | www.nature.com/naturecommunications.
24. Rabotnov T.A. (1992) Fitocenologiya [Phytocenology]. Moscow: MSU. 352 p. [in Russian].
25. Sala O.E., Chapin F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., LeRoy P.H., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M.Wall D.H. (2006) Global biodiversity Scenarios for the year 2100. *Science*. vol. 287(5459). pp. 1770–1774.
26. Smolyaninova L.A. (1959) *Cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Freseniiu [*Flora of the USSR*]. M.-L. vol. 25. pp. 515. [in Russian].
27. Strother J. L. (2006) *Cyclachaena. Flora of North America*. N.Y.: Oxford Univ. Press. vol. 21. pp. 28
28. Terekhina T.A. (2016). *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen. – Ciklahena durnishnikolistnaya [*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen]. [The Black Book of the Flora of Siberia]. Novosibirsk: Academic Publishing House “Geo”. pp. 102-105. [in Russian].
29. Vila M., Cobin J.D., Dukes J.S., Pino J., Smith S.D. (2006) Linking plants invasion to environmental change. *Terrestrial ecosystems in a changing world*. Berlin: Springer. pp. 115–124.
30. Vinogradova Y.U., Akatova T.V., Anenonov O.A., Ankipovich E.S., Antipova E.M., Antonova L.A., Afanas'ev V.E., Bagrikova N.A., Baranova O.G., Borisova E.A., Borisova M.A., Bochkina V.D., Bulanjy Yu.I., Verhozina A.V., Grigor'evskaya A.Ya., Efremov A.N., Zykova E.Yu., Kravchenko A.V., Krylov A.V., Kupriyanov A.N., Lavrinenko Yu.V., Laktionov A.P., Lysenko D.S., Majorov S.R., Men'shakova M.YU., Meshcheryakova N.O., Mininzon I.L., Mihajlova S.I., Morozova O.V., Notov A.A., Panasenko N.N., Plikina N.V., Puzyrev A.N., Rakov N.S., Reshetnikova N.M., Ryabov S.V., Sagalaev V.A., Silaeva T.B., Silant'eva M.M., Starodubceva E.A., Stepanov N.V., Strel'nikova T.O., Terekhina T.A., Tremasova N.A., Tret'yakova A.S., Horun L.V., Chernova O.D., Shaulo D.N., Ebel' A.L. «Black»-list invazionnyh rastenij Rossii (2015) [“Black”-list of invasive plants of Russia]. *Problems of industrial botany of industrially developed regions*. Kemerovo. pp. 68-72. [in Russian].

Авторлар туралы мәлімет:

Туралин Бауыржан Алпысбайұлы (корреспондент-автор) – Биология кафедрасының аға оқытушысы Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қ., Ә. Молдағұлова даңғылы 34. Тел.: +7 (702) 197-32-47. E-mail: bauke_1982@mail.ru

Куприянов Андрей Николаевич – биология ғылымдарының докторы, профессор, Кузбасс ботаникалық бағының бөлім меңгерушісі. Кузбасс ботаникалық бағы Федеральді зерттеу орталығы, көмір және көмір химиясы сiбір бөлім, РФА, Ленинград даңғ. 10. Ресей. Кемерово қ, Тел.: +7(905)969-74-66. E-mail: kupr-42@yandex.ru

Абидкулова Каримә Тулегеновна – биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының PhD-докторанты. әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71, Алматы, Қазақстан. Тел.: +7 (701) 620-70-40. E-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz

Телеуов Ақылжан Нұрхайырұлы – биология ғылымдарының кандидаты, экология кафедрасының доценті Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қаласы, А. Молдағұлова даңғылы, 34. Тел.: +7 (702) 155-32-22. E-mail: tanir_kz@yahoo.com

Сырымбетов Серім Тыныштықбайұлы – биология кафедрасының аға оқытушысы Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қаласы. Тел.: +7 (705) 493-86-71 e-mail: serim2017@mail.ru

Адманова Гүлнұр Болатқызы – биология ғылымдарының кандидаты, биология кафедрасының аға оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан. Тел.: +7 (701) 309-86-94. E-mail: admanova@mail.ru

Қуанбай Жайдаргүл Избасарқызы – биология кафедрасының аға оқытушысы, биология кафедрасының меңгерушісі Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қаласы. Тел.: +7 (702)4044790. E-mail: zhenia_80@bk.ru

Абдукаримов Абдумурат – биология кафедрасының аға оқытушысы Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қаласы. Тел.: +7 (705) 838-72-57 E-mail: tarum.65@mail.ru

Чилдибаева Әсел Жұмағұлқызы – биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы, Phd докторы. әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, әл-Фараби даңғылы, 71., Алматы, Қазақстан. Тел.: +7 (701) 821-58-51. E-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com

Information about authors:

Turalin Bauyrzhan Alpysbayuly (corresponding author) – Senior lecturer of the Department of biology K. Zhubanov Aktobe Regional University, Kazakhstan. Aktobe, A. Moldagulova Ave., 34. Tel.: +7 (702) 197-32-47. E-mail: bauke_1982@mail.ru

Kupriyanov Andrey Nikolaevich – doctor of biological sciences, Professor, Head of the Department of the Kuzbass botanical garden of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS, 10 Leningradskii avenue, Kemerovo, Russia. Tel: +7(905)969-74-66. E-mail: kupr-42@yandex.ru

Abidkulova Karime Tulegenovna – PhD-doctoral student of the Department of Biodiversity and Bioresources Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan. Tel.: +7 (701) 620-70-40. E-mail: Karime.Abidkulova@kaznu.kz

Teleuov Akylzhan Nurkhairovich – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, 34 A. Moldagulova Ave., Kazakhstan. Tel.: +7 (702) 155-32-22. E-mail: tanir_kz@yahoo.com

Syrymbetov Serim Tynyshkykbayevich – Senior lecturer of the Department of Biology Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan. Tel.: +7 (705) 493-86-71 E-mail: serim2017@mail.ru

Admanova Gulnur Bolatovna – candidate of biological sciences, Senior Lecturer at the Department of Biology, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan. Tel.: +7 (701) 309-86-94. E-mail: admanova@mail.ru

Kuanbai Zhaidargul Izbasarkyzy – senior lecturer of the Department of Biology, Head of the Department of Biology Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Kazakhstan, Aktobe. Tel.: +7(702)4044790. E-mail: zhenia_80@bk.ru

Abdukarimov Abdumurat – is a senior lecturer at the Department of Biology of Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan. Tel.: +7 (705) 838-72-57 E-mail:tarum.65@mail.ru

Childibayeva Asel Zhumagulovna – Senior Lecturer, PhD, Department of Biodiversity and Bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, 71 Al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan. Tel.: +7 (701) 821-58-51. E-mail: a.zh.childebaeva@gmail.com

*Келін түсті: 6 ақпан 2024 жыл
Қабылданды: 20 мамыр 2024 жыл*

А.Б. Достемесова^{1*}, К.С. Избастина^{2,3}, С.К. Мухтубаева^{2,4},
М.Ж. Жумагул^{2,4}, Ж.А. Абдукадирова¹, Г.С. Мұқан⁵,
А.К. Жанбырбаева⁶

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Қазақстан, Астана қ.

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан, Астана қ.

⁴Астана халықаралық университеті, Қазақстан, Астана қ.

⁵Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК, Қазақстан, Алматы қ.

⁶С.Ж. Асфендияров атындағы ҚазҰМУ, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: anardostemesova@gmail.com

КҮНГЕЙ АЛАТАУЫ ЖАҒДАЙЫНДА *CHELIDONIUM MAJUS* L. ДӘРІЛІК ТҮРІНІҢ ҚАТЫСУЫМЕН ӨСІМДІК ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ЭТАЛОНДЫҚ УЧАСКЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада Күнгеі Алатауының қазақстандық бөлігі аумағындағы *Chelidonium majus* L. дәрілік өсімдігінің қатысуымен эталондық учаскелерді зерттеу нәтижелері ұсынылған. Әртүрлі өсімдік аймақтарының типтік қауымдастықтары (флористикалық құрамы мен құрылымы) бар 5 анықтамалық учаскенің сипатталған. Күнгеі Алатауы – Солтүстік Тянь-Шаньның ерекше және көз тартарлық аймағы, әртүрлі табиғи ерекшеліктері бар үш ботаникалық-географиялық провинцияның: Орталық Тянь-Шань-Транс-Алай, өтпелі Қашқар-Шығыс Тянь-Шань және өтпелі Жоңғар аймағының түйіскен жерінде орналасқан. Зерттеу аймағы ботаникалық алуантүрлілігі жоғары Қырғызстан Республикасымен шекаралас аумақ ретінде қызығушылық тудырады. Шекаралық физикалық-географиялық жағдайына байланысты оның флорасының қалыптасуына әртүрлі ірі ботаникалық-географиялық орталықтар (Солтүстік және Батыс Тянь-Шань) әсер етті. Жотаның көптеген аумақтарындағы табиғи кешендердің түрлік құрамы оның қолжетімсіздігіне байланысты табиғи күйінде сақталған және бүкіл Солтүстік Тянь-Шань үшін флористикалық эталон болып табылады. Авторлар Күнгеі Алатаудың қазақстандық бөлігінің аумағында *C. majus*-ты тексеру және тарату бойынша зерттеу циклдарын жүргізді, бұл қазіргі уақытта зерттелген түр популяцияларының бар екендігі, олардың әртүрлі өсімдіктер қауымдастықтарындағы тіршілік ету ерекшеліктері, оның популяцияларына теріс факторлардың әсер ету дәрежесін және осындай әсер ету салдарының ұзақтығын анықтау, осы түрдің экологиясы туралы неғұрлым толық мәліметтер алуға мүмкіндік берді. *C. majus* негізінен төменгі және орта белдеулердің таулы оңтүстік беткейлерінде, қалың бұталардың арасында, өзен жағаларында және сайлардың соқпақтары мен беткейлерінде өсетіні анықталды.

Түйін сөздер: Күнгеі Алатау, *Chelidonium majus* L., дәрілік, эталондық учаске, шатқалдар, түр.

A.B. Dostemessova^{1*}, K.S. Izbastina^{2,3}, S.K. Mukhtubayeva^{2,4},
M.Z. Zhumagul^{2,4}, Zh.A. Abdukadirova¹, G.S. Mukan⁵, A. Zhanbyrbayeva⁶

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²RSE on the REM "Astana Botanical Garden" Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Kazakhstan, Astana

³S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University, Kazakhstan, Astana

⁴Astana International University, Kazakhstan, Astana

⁵Republican state enterprise with the right of economic management «Institute of Botany and Phytointroduction» of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty

⁶Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarova, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: anardostemesova@gmail.com

Study of reference sites of vegetation cover with the medicinal species *Chelidonium majus* L. in the conditions of Kungai Alatau

The article presents the results of the study of reference sites with the medicinal plant *Chelidonium majus* L. in the Kazakh part of the Kungai Alatau. Descriptions of 5 reference sites with typical communities (floristic composition and structure) of different vegetation belts are given. Kungai Alatau is a peculiar and interesting region of the Northern Tien Shan, located at the junction of three botanical-geographical provinces different in their natural features: Central Tianshan-Zaalai, Kashgar-East Tianshan transitional and Dzungar transitional. The study region is of interest as a transboundary territory with the Republic of Kyrgyzstan with a high degree of botanical diversity. Due to its border physical-geographical position, the formation of its flora was influenced by different large botanical-geographical centers (Northern and Western Tien Shan). The species composition of natural complexes of many parts of the ridge has been preserved in a natural state due to its inaccessibility and represents a reference in floristic respect for the whole Northern Tien Shan. The authors of the work conducted cycles of studies on the study and distribution of *C. majus* on the territory of the Kazakh part of the Kungai Alatau Ridge. Kungai Alatau, which allowed now to obtain more complete data on the existence of populations of the studied species, the peculiarities of their habitat in different plant communities, the identification of the degree of impact of negative factors on the population and the duration of the consequences of the negative impact. It was found that *C. majus* mainly grows on mountainous southern slopes of the lower and middle belt, among bushes, along the banks of rivers and along the plumes of slopes of gorges.

Key words: Kungey Alatau, *Chelidonium majus* L., medicinal, reference sites, gorges, species.

А.Б. Достемесова^{1*}, К.С. Избастина^{2,3}, С.К. Мұхтубаева^{2,4},
М.Ж. Жумагул^{2,4}, Ж.А. Абдукадилова¹, Г.С. Мукан⁵, А.К. Жанбырбаева⁶

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²«Астанинский ботанический сад» филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, Казахстан, г. Астана

³Казахский Агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Казахстан, г. Астана

⁴Международный университет Астана, Казахстан, г. Астана

⁵РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, Казахстан, г. Алматы

⁶Казахский национальный медицинский университет им. С.Д. Асфендиярова, Казахстан, г. Алматы

* e-mail: anardostemesova@gmail.com

Исследование эталонных участков растительного покрова с участием лекарственного вида *Chelidonium majus* L. в условиях Кунгей Алатау

В данной статье представлены результаты исследований эталонных участков с участием лекарственного растения *Chelidonium majus* L. на территории казахстанской части Кунгей Алатау. Представлены описания пяти эталонных участков с типичными сообществами (флористический состав и структура), представляющих различные пояса растительности. Хребет Кунгей Алатау – своеобразный и интересный регион Северного Тянь-Шаня, расположенный на стыке разных по природным особенностям трех ботанико-географических провинций: Центрально-Тянь-шанско-Заалайской, Кашгарско-Восточно-Тянь-Шанской и Джунгарской переходной. Регион исследования представляет интерес в качестве трансграничной с Республикой Кыргызстан территорией, обладающей высокой степенью ботанического разнообразия. Благодаря своему пограничному физико-географическому положению на формирование его флоры оказали влияние разные крупные ботанико-географические центры (Северный и Западный Тянь-Шань). Видовой состав природных комплексов многих участков хребта сохранился в естественном состоянии в силу его труднодоступности и представляет собой эталон во флористическом отношении для всего Се-

верного Тянь-Шаня. Авторами проведены циклы исследований по изучению и распространению *C. majus* на территории казахстанской части хр. Кунгей Алатау, что позволило сейчас получить более полные данные о существовании популяций изучаемого вида, особенностей их обитания в разных растительных сообществах, выявление степени воздействия негативных факторов на его популяции и длительности последствий такого воздействия являются более полными и представляют ценную информацию для понимания экологии этого вида. Установлено, что *C. majus* в основном произрастает на горных южных склонах нижнего и среднего пояса, среди зарослей кустарников, вдоль берегов рек и по шейфам склонам ущелий.

Ключевые слова: Кунгей Алатау, *Chelidonium majus* L., лекарственный, эталонный участок, ущелья, вид.

Кіріспе

Күнгеі Алатауы Солтүстік Тянь-Шаньның қатпарлы аймағында орналасқан. Оның бастауы батыстағы Боом шатқалы аймағында, ендікке жақын бағытта созылып жатыр. Жота доғаны құрайды, оның дөңес бөлігі солтүстікке қарап, шығыста

Қарқара өзенінің аңғарына жақын жерде аяқталады. Шығыста Қарқара өзенінен батыста Шу өзеніне дейін жота ендік бағытта 280 км-ге жуық созылып жатыр. Жотаның орташа биіктігі 3300-ден 4400 м-ге дейін өзгереді [1] және жотаның ең биік нүктесі орталық бөлігінде орналасқан Шотқал шыңы (4771 м) болып табылады (1-сурет).



1-сурет – Күнгеі Алатау жотасының қазақстандық бөлігі

Күнгеі Алатауы – салыстырмалы түрде еңсіз альпі тізбегі, жотасының ені ең биік жерінде 30-35 км. Ең жоғары биіктіктер Шотқал массивінде (4771 м) және жотаның орта бөлігінде Кемин шыңынан (4643 м) солтүстік-батысқа қарай Іле Алатауы жотасына қарай бағытталған массивтік биіктікке іргелес орналасқан [2]. Бұл аймақта биіктігі 4500 – 4600 м болатын көптеген әдемі шыңдар бар, ал Іле мен Күнгеі – Алатау жоталарының жақындығы соншалық, олардың түзу сызықтағы жота сызықтары арасындағы қашықтық 8 км-ге дейін қысқарады. Чилико-Кемин кө-

пірі аймақтағы екі ірі өзен – Шілік пен Шоң-Кеминнің арасындағы су айрығы болып табылады. Жота гипометриялық биіктіктердің айтарлықтай алуандығымен және әртүрлі рельефтік беттермен, пішіндердің өте тік беткейлерімен және айқын деңгейлі рельефпен сипатталады.

Солтүстік Тянь-Шаньның басқа жоталары сияқты жотаның ерекше белгілерінің бірі асимметрия болып табылады. Яғни, ұзын солтүстік беткейлері тау аралық ойпаңдарға қарағанда жеке сілемдерге бөлінген. Қысқа оңтүстік беткейлері тау ішілік бассейндер мен бойлық аңғар-

лардың жоғары көтерілген бөлігіне тіреледі [3]. Жотаның шығыс бөлігінің етегінде Шілік пен Шарын сағасының оңтүстік бөлігін алып жатқан Жалаңаш аңғары созылып жатыр.

Күнге Алатау жотасының климаттық ерекшеліктері айқын аймақтық сипатқа ие және аумақтың биіктігі, беткейлердің экспозициясы мен тіктігі, сондай-ақ аумақтың бөлінуі сияқты табиғи факторлар кешеніне байланысты. Тау етегіндегі аумақтың абсолютті биіктігінің ұлғаюымен ауа ылғалдылығының жоғарылауы байқалады, бұл ретте жаздың ыстықтығы азайып, қысы жылы болады. Тау етегіндегі жазықтың басынан қарлы шындарға дейін климат бірте-бірте ыстық, құрғақ және күрт континенттіктен ылғалды және өте суыққа дейін ауысады [4], бұл аумақтың сумен қамтамасыз етілуіне әсер етеді.

Күнге Алатауының шығыс бөлігінің өсімдік жамылғысының сипаты Солтүстік Тянь-Шаньның орталық бөлігіндегі аумақтың орналасуымен анықталады. Бастапқыда бұл аймақтың

өсімдік жамылғысы мен зонасын Н.П. Семенов-Тянь-Шанский зерттеді. Белдіктерді анықтау кезінде ол әртүрлі белгілерге, бірінші ботаникалық (өсімдік түрлері), екінші шаруашылық маңызды сипаттамаларға негізделген. Бұл биіктік-белдіктерді кейін көптеген зерттеушілер зерттеген және өсімдіктерге әсер ететін көптеген факторларды ескере отырып, оны нақтылап, толықтырған [5-8].

Зерттелген аймақта өсімдіктердің басым түрлеріне және олардың комбинацияларына сүйене отырып, белдеулерін шөл, дала, орманды шалғын, субальпі, альпі, мәңгі қар белдеуіне ажыратуға болады. Шөл өсімдіктері Жалаңаш тау бөктерінде, Іле Алатауы мен Кетмен жоталарымен түйіскен жерде, Шарын шатқалына іргелес жатқан Шарын терең ойығының бойында басым [9]. Шөлдің жеке элементтері биік таулы белдеуде де кездеседі [9], олар дала және жартылай шалғынды-криофильді типтегі өсімдіктермен қоршалған (2- сурет).



2-сурет – Орман-шалғындық белдеуінің өсімдік жамылғысы

Өсімдіктер жамылғысының негізін қалаушылар тау және тау етегіндегі *Stipa macroglossa* қатысуымен, қараған (*Caragana kirghisorum*, *C.leucophloea*), жусандар (*Artemisia borotalensis*, *A. tianschanica*, *A. junica*, *A. sublessingencea*) және кірпі тасбұйырғын (*Nanophyton erinaceum*) шөлдердің ксерофильді бұталар мен шөлді сипаттайтын түрлер болып табылады.

Орталық Азиядағы Жоңғар провинциясының эндемигі *Brachanthemum titovii* (Asteraceae) өседі. Жартасты беткейлер мен төбелердің шындарында сирек кездесетін *Helianthemum songaricum*, *Convolvulus tragacanthoides* қауымдастықтармен көзге түседі [10-12]. Аймақтың флорасы экономикалық [13] және ғылыми тұрғыдан жоғары қызығушылық тудырады. Бұл ай-

мақтағы қауымдастықтардың ең басым түрлерінің бірі – үлкен сүйелшөп (*Chelidonium majus* L.)

Үлкен сүйелшөп қоңыржай белдеуге бейімделген және көбінесе азот мөлшері жоғары антропогендік тіршілік орындарын алады, бұл оны нитрофилді түрге айналдырады. Өсімдік өзінің емдік қасиетімен кеңінен танымал, әсіресе Батыс және Азия елдерінде, Қытайдың дәстүрлі медицина мен гомеопатияда белсенді қолданылады. Еуропа елдерінде және Қытай фитопрепараттарының құрамында әртүрлі аурулармен күресу үшін кеңінен пайданылады [14-17].

Зерттеу жұмысының мақсаты Күнгей Алатау жотасының қазақстандық бөлігінің өсімдік жамылғысында *Chelidonium majus* L. дәрілік өсімдігі өсетін эталондық учаскелерді зерттеу болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Түрлердің құрамы мен өсімдіктер қауымдастығын зерттеу кезінде флористикалық, экологиялық-географиялық, геоботаникалық сияқты классикалық әдістер қолданылды.

Гербарий материалын жинау жалпы қабылданған далалық геоботаника әдістемесіне сәйкес жүзеге асырылды [18-19]. Түрдің таралуын анықтау үшін маршруттық барлау және сирек кездесетін түрлердің нақты ценопопуляцияларын зерттеу әдістері қолданылды. *C. majus* өсімдік жамылғысының эталондық учаскелерін зерттеу кезеңінде Көлсай және Саты шатқалдарына екі экспедициялық маршрут жүргізілді.

Қауымдастықтағы сирек кездесетін өсімдіктер түрлерін анықтау бойынша мониторингтік зерттеулер шеңберінде 5x10 (жартастарда), 10x20 (шалғындық қауымдастықтарда) және 50x100 (орман ценоздарында) сынақ алаңдары құрылды. Түрлердің тығыздығы мен популяцияның алып жатқан ауданы бағаланып, сандық есеп жүргізілді. Далалық зерттеу барысында сипаттама нүктелерін байланыстыру үшін GPS навигациялық құрылғысы, сонымен қатар мекендеу ортасының картасы және көрнекі құжаттама үшін цифрлық камера пайдаланылды.

Мониторингтік алаңдарды белгілеу кезінде негізгі бақыланатын параметрлер ретінде алып жатқан ауданы, молшылығы, проекциялық жамылғысы, дарақтардың көптігі, гүлденудің (немесе жеміс беру) көптігі, генеративтік дарақтардың (өсімдіктің биіктігі), дамудың фенологиялық фазасы және жойылу қаупі ескерілді. Таксономиялық зерттеулер барысында “Қазақстан флорасы” [20], “Орталық Азия өсімдікте-

рінің анықтаушысы” және М.С. Байтеновтың “Қазақстан флорасы” жинақтары [21-22] ақпарат көздері пайдаланылды. Сондай-ақ, Күнгей Алатау жотасының флорасы мен өсімдіктерін зерттеуге арналған басылымдар қолданылды [23]. Гербарий материалдарын нақтылау үшін Ботаника және фитоинтродукция институтының (Алматы қ.) гербарий қорының (АА) ресурстары пайдаланылды.

Өсімдік түрлерінің атаулары Plants of the World Online (POWO) (URL: <https://powo.science.kew.org/>) [24] мен «Плантариум» (URL: <https://www.plantarium.ru/>) веб-сайттары бойынша берілді [25]. Кейбір түрлер үшін синонимдер жақша ішінде берілген. Дарақтардың көптігі шөптесін өсімдіктердің көптігін бағалауға арналған Друде шкаласы арқылы анықталды. Шкала келесі категорияларды қамтиды: solitarius (sol.) – жалғыз; sparsus (sp.) – аз; copiosus (cop.) – көп, copiosae₁ (cop₁) – айтарлықтай мол, copiosae₂ (cop₂) – мол, copiosae₃ (cop₃) – өте көп; socialis (soc.) – жаппай толығымен; unicum (un) – бір дана [26].

Белгілі бір аумақтағы әртүрлі түрлердің фенологиясын талдау визуалды бақылаулар арқылы жүргізіледі [27].

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Жүргізілген зерттеулер Күнгей Алатау жотасының шығыс бөлігіндегі әртүрлі өсімдік белдеулерінің флористикалық құрамы мен құрылымын көрсете отырып, типтік қауымдастықтар сипатталған аймақтарды анықтауға мүмкіндік берді. Бұл жұмыста біз *Chelidonium majus* өсетін әртүрлі биотоптарды ұсынамыз.

Олардың өсу орны шыршалы ормандарда, таулы даланың оңтүстік беткейлерінде және субальпі бұталарында байқалады. Төменде *Chelidonium majus* мекендеу орындары анықталған аумақтардың сипаттамасы берілген.

№1 аумақ Талды өзенінің оң жағалауында орналасқан (3-сурет).

Бұл аймақ өзен жағасында және еңіс соқпақ бойында өсіп кеткен ірі тасты шөгіндіде орналасқан шырша мүк орманы болып табылады. Мүк басқан Шренк шыршасы басым бореалды шыршалы ормандарда қамтиды [28]. Шырша ағаштарының биіктігі 25-30 м, тәжінің тығыздығы – 0,7. Топырақ жамылғысында жасыл мүк басым. Шөптесін өсімдіктердің үлесі 10% – дан аспайды. GPS координаттары: N-42°59'50,4"; E-078°14'19,2". Биіктігі – теңіз деңгейінен 1804 м. 1-кестеде осы учаскенің түр құрамы көрсетілген.



3-сурет – Талды өзені шатқалының оңтүстік беткейіндегі *Chelidonium majus*

1-кесте – №1-ші эталондық аймақтың түрлік құрамы

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. & C.A.Mey.	Гүлдеп, жеміс түзген	Cop1
<i>Sorbus sibirica</i> (Hedl.) Prain (<i>S. aucuparia</i> subsp. <i>glabrata</i>)	Гүлдену аяқталған	Sol-Sp
<i>Populus tremula</i> L.	Жеміс салу	Sol
<i>Lonicera stenantha</i> Pojark. (<i>L. caerulea</i> subsp. <i>stenantha</i>)	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>L. karelinii</i> Bunge ex P.Kir. (<i>L. webbiana</i> Wall. ex DC.)	Жеміс салу	Sol
<i>Rosa alberti</i> Regel	Гүлдену	Sol
<i>Ribes meyeri</i> Maxim.	Гүлдену	Sol
<i>Rubus idaeus</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>R. saxatilis</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	Вегетация кезеңінде	Sp-Cop1
<i>Poa nemoralis</i> L.	Гүлдену	Sp
<i>Atragene sibirica</i> L. (<i>Clematis alpina</i> subsp. <i>sibirica</i> (L.) Kuntze)	Гүлдену	Sol
<i>Goodyera repens</i> (L.) R.Br.	Гүлдену	Sol-Sp
<i>Orthilia obtusata</i> (Turcz.) Jurtzev (<i>O. secunda</i> (L.) House)	Гүлдену	Sol
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	Спора түзуде	Sol
<i>Chelidonium majus</i> L.	Гүлдену	Un
<i>Polypodium vulgare</i> L.	Спора түзуде	Sol
<i>Equisetum hyemale</i> L.	Спора түзуде	Sol
<i>Moehringia umbrosa</i> (Bunge) Fenzl.	Гүлдену	Sol
<i>Viola acutifolia</i> (Kar. & Kir.) W.Becker	Гүлдену	Sol
<i>Aquilegia atrovinosa</i> Popov ex Gamajun.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Lathyrus gmelinii</i> (Fisch. ex Ser.) Fritsch	Гүлдену	Sol

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Calamagrostis pavlovii</i> Roshev.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Polemonium caucasicum</i> N.Busch	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Impatiens brachycentra</i> Kar. & Kir.	Гүлдену	Sol
<i>Geranium albiflorum</i> Ledeb.	Гүлдену	Sol
<i>Geranium collinum</i> Stephan ex Willd.	Гүлдену	Sol
<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Cicerbita azurea</i> (Ledeb.) Beauverd	Гүлдену	Sol
<i>Cicerbita thianschanica</i> Beauverd	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Rhytiadelphus triquetrus</i> (Hedw.) Warnst.	Вегетация кезеңінде	Cop1
<i>Rhytidium rugosum</i> (Hedw.) Kindb.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Ptilium crista-castrensis</i> (Hedw.) De Not.	Вегетация кезеңінде	Sol

№2 аумақ Күрмекті өзенінің сол жағалауында, Күрмекті ауылынан 10 км биіктікте орналас-

қан. Бұл жартастың астындағы тік оңтүстік беткей, көлбеу тіктігі кейде 45°-тан асады (4-сурет).



4-сурет – Күрмекті өзені шатқалының оңтүстік беткейі

Мұнда сусымалы аршамен сипатталатын жартасты тау даласы қалыптасқан. Өсімдік жамылғысы шамамен 60%-ға жетеді. Топырақ беті қиыршық тастармен және жартастармен жабылған. Қауымдастықтың бұл түрі орта тауларда шыр-

шалы ормандар мен далалардың экспозициялық үйлесімі бар оңтүстік беткейлерде басым. GPS координаттары: N-42°58'18,3»; E-078°15'17,5». Биіктігі – теңіз деңгейінен 2462 м. № 2 эталондық учаскенің түрлік құрамы 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте – №2-ші эталондық аймақтың түрлік құрамы

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. & C.A.Mey.	Жеміс салу	Sol
<i>Juniperus sabina</i> L.	Жеміс салу	Sp
<i>Rosa spinosissima</i> L.	Жеміс салу	Sol
<i>Helictotrichon altaicum</i> Tzvelev (<i>H. desertorum</i> (Less.) Pilg.)	Гүлдену	Cop1
<i>H. hookeri</i> <i>Helictotrichon hookeri</i> (Scribn.) Henrard (<i>Helictochloa hookeri</i> (Scribn.) Romero Zarco)	Гүлдену	Sol
<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex Gaudin	Гүлдену	Cop1
<i>Poa stepposa</i> (Krylov) Roshev. (<i>P. versicolor</i> Besser)	Гүлдену	Sp
<i>Phleum phleoides</i> (L.) H.Karst.	Гүлдену	Sol
<i>Dactylis glomerata</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Carex aneurocarpa</i> V.I.Krecz. (<i>C. pediformis</i> var. <i>pediformis</i>)	Гүлдену	Sp
<i>Artemisia santolinifolia</i> (Pamp.) Turcz. ex Krasch. (<i>A. stechmanniana</i> Besser)	Гүлдену	Sol
<i>Ajania fastigiata</i> (C.Winkl.) Poljakov	Гүлдену	Sol
<i>Pulsatilla campanella</i> (Regel & Tiling) Fisch. ex Krylov	Гүлдену	Sol
<i>Allium carolinianum</i> Redouté	Гүлдену	Sol
<i>Linum heterosepalum</i> Regel	Гүлдену	Sol
<i>Ligularia alpigena</i> Pojark.	Гүлдену	Sol
<i>L. narynensis</i> (C.Winkl.) O.Fedtsch. & B.Fedtsch. (<i>Vickifunkia narynensis</i> (C.Winkl.) C.Ren, L.Wang, I.D.Illar. & Q.E.Yang)	Гүлдену	Sol
<i>Semenovia transiliensis</i> Regel & Herder	Гүлдену	Sol
<i>Ferula transiliensis</i> (Regel & Herder) Pimenov	Гүлдену	Sol
<i>Codonopsis clematidea</i> (Schrenk) C.B.Clarke	Гүлдену	Sol
<i>Scutellaria transiliensis</i> Juz. (<i>Scutellaria sieversii</i> Bunge)	Гүлдену	Sol
<i>Alfredia nivea</i> Kar. & Kir.	Гүлдену	Sol
<i>Gypsophila cephalotes</i> (Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.) (<i>G. saligna</i> Schrad.)	Гүлдену	Sol
<i>Eremurus altaicus</i> (Pall.) Steven	Гүлдену	Sol
<i>Pyrethrum alatavicum</i> O.Fedtsch. & B.Fedtsch. (<i>Tanacetum alatavicum</i> Herder)	Гүлдену	Sol
<i>Chelidonium majus</i> L.	Гүлдену	Un
<i>Ziziphora clinopodioides</i> Lam.	Гүлдену	Sol
<i>Gentianella turkestanorum</i> (Gand.) Holub	Гүлдену	Sol

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Oxytropis lapponica</i> (Wahlenb.) J.Gay	Гүлдену	Sol
<i>Tragopogon</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Origanum vulgare</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Geranium collinum</i> Stephan ex Willd.	Гүлдену	Sol
<i>Bupleurum thianschanicum</i> Freyn	Гүлдену	Sol
<i>Asplenium ruta-muraria</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Thalictrum simplex</i>	Гүлдену	Sol
<i>Rumex tianschanicus</i> Losinsk.	Гүлдену	Sol
<i>Polygonum alpinum</i> All. (<i>Koenigia alpina</i> (All.) T.M.Schust. & Reveal)	Гүлдену	Sol
<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl.	Гүлдену	Sol

№3 аумақ Талды шатқалында, өзеннің оң жағалауының солтүстік беткейінде, көпірден алыс емес жерде, Көлсай-Көлдері мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің қорғалатын аймағының шегінде орналасқан. Бұл учаскеде Қазақс-

танның Қызыл кітабына енген үш түрі тіркелген *Rheum wittrockii* С.Е.Lundstr., *Kaufmannia semenovii* (Herder) Regel және *Hepatica falconeri* (Thomson) Steward, тік жартастар мен жартастарда өсетін (5-сурет).



5-сурет – Талды шатқалындағы *Chelidonium majus* жаппай өсуі

GPS координаттары: N 43°02'20,5», E 078°15'15,3», биіктігі 1710 м. Алаңның мөлшері 10x10.

Kaufmannia semenovii (Herder) Regel – популяцияда түр саны сирек, 10 генеративті және 7 вегетативті дарактар. Популяцияда жақсы жаңару, көрініс ашық жасыл, жеміс бере бастауы байқалады. Проективті жабын 45%, өсімдіктер жамылғысының биіктігі 70-80 см.

Hepatica falconeri (Thomson) Steward – популяция санына 7 өркені бар 11 генеративті дарактар кіреді. Популяция жаңару жақсы, ал

тығыздығы сирек. Түрдің жағдайы жақсы, «Көлсай-Көлдері» мемлекеттік ұлттық паркінің қорғалатын аймағында орналасқан.

Rheum wittrockii C.E.Lundstr. – популяция тығыздығы 34 генеративті дарактардан тұрады. Популяцияның қазіргі жағдайы жақсы, жаңару байқалады және жемісі мол.

№4 аумақ №8 кардонға жақын, Талды өзенінің сол жағалауында орналасқан. Популяция аймағы жылы микроклиматпен ерекшеленеді, бұл Қызыл кітапқа енген *Armeniaca vulgaris* Lam. түрінің өсуіне ықпал етеді(6 – сурет).

3-кесте – №3-ші эталондық аймақтың түрлік құрамы

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
Ағаштар және ірі бұталар		
<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. & C.A.Mey.	Вегетация кезеңінде	Cop 1
<i>Betula tianschanica</i> Rupr.	Жеміс салу	Sol
<i>Sorbus tianschanica</i> Rupr.	Гүлдену	Sol
<i>Berberis sphaerocarpa</i> Kar. & Kir. (<i>B. heteropoda</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.)	Жеміс салу	Sol
<i>Ribes meyeri</i> Maxim.	Жеміс салу	Sol
Төменгі бұталар		
<i>Rosa alberti</i> Regel	Гүлдену	Sol
<i>Lonicera karelinii</i> Bunge ex P.Kir. (<i>L. webbiana</i> Wall. ex DC.)	Жеміс салу	Sol
<i>Lonicera stanantha</i> Pojark. (<i>L. caerulea</i> subsp. <i>stanantha</i>)	Жеміс салу	Sol
Шөптесін өсімдіктер		
<i>Polypodium vulgare</i> L.	Спора түзуде	Sp
<i>Asplenium trichomanes</i> L.	Гүлдену	Sol-Sp
<i>Kaufmannia semenovii</i> (Herder) Regel	Гүлдену	Sol-Sp
<i>Rheum wittrockii</i> C.E.Lundstr.	Вегетация кезеңінде	Sol-Sp
<i>Hepatica falconeri</i> (Thomson) Steward	Гүлдену	Un
<i>Androsace septentrionalis</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Equisetum hyemale</i> L.	Спора түзуде	Un
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	Гүлдену	Sol
<i>Atragene sibirica</i> L. (<i>Clematis alpina</i> subsp. <i>sibirica</i> (L.) Kuntze)	Гүлдену	Sol
<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	Гүлдену	Sol
<i>Goodyera repens</i> (L.) R.Br.	Гүлдену	Sol
<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Moehringia umbrosa</i> (Bunge) Fenzl	Гүлдену	Sol
<i>Geranium albiflorum</i> Ledeb.	Гүлдену	Sol
<i>Aquilegia atrovinosa</i> Popov ex Gamajun.	Гүлдену	Sol
<i>Polemonium caucasicum</i> N.Busch	Гүлдену	Sol
<i>Lathyrus gmelinii</i> (Fisch. ex Ser.) Fritsch	Гүлдену	Sol
<i>Primula longiscapa</i> Ledeb.	Гүлдену	Sol

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Viola acutifolia</i> (Kar. & Kir.) W.Becker	Гүлдену	Sol
<i>Fragaria vesca</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Dactylorhiza umbrosa</i> (Kar. & Kir.) Nevski (<i>D. incarnata</i> subsp. <i>cilicica</i> (Klinge) H.Sund.)	Гүлдену	Sol
<i>Lamium album</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Amoria repens</i> (L.) C.Presl (<i>Trifolium repens</i>)	Гүлдену	Sol
<i>Poa nemoralis</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Rhodiola linearifolia</i> Boriss.(<i>R. kirilowii</i> (Regel) Maxim.)	Гүлдену	Sol
<i>Chelidonium majus</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Glaucium squamigerum</i> Bunge (<i>G. elegans</i> subsp. <i>elegans</i>)	Гүлдену	Sol
<i>Sedum hybridum</i> L.(<i>Phedimus hybridus</i> (L.) 't Hart)	Гүлдену	Sol
<i>Sedum ewersii</i> Ledeb. (<i>Hylotelephium ewersii</i> (Ledeb.) H.Ohba)	Гүлдену	Sol
<i>Papaver croceum</i> Ledeb. (<i>Oreomecon crocea</i> (Ledeb.) Banfi, Bartolucci, J.-M.Tison & Galasso)	Гүлдену	Sol
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Urtica dioica</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Myosotis asiatica</i> (Vestergr.) Schischk. & Serg.	Гүлдену	Sol
<i>Doronicum turkestanicum</i> Cavill.	Гүлдену	Sol
<i>Anemone gortschakowii</i> Kar. & Kir. (<i>A. biflora</i> var. <i>gortschakowii</i> (Kar. & Kir.) Sinno)	Гүлдену	Sol
<i>Taraxacum officinale</i> F.H.Wigg. (<i>T. sect. Taraxacum</i> F.H.Wigg.)	Гүлдену	Sol
<i>Galium boreale</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Galium apparine</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Tussilago farfara</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Cortusa brotheri</i> (R.Knuth) Losinsk.	Гүлдену	Sol



6-сурет – Жартастардың етегінде *Chelidonium majus* L. қауымдастығы

Алаңда биіктігі 5-6 метр, жайылған тәжі және діңінің диаметрі 70 см болатын бір ағаш бар. Бөріқарақат (*Berberis sphaerocarpa*), үшқат (*Lonicera altmannii*) және долана (*Crataegus korolkowii*) басым қалың бұталар мен шалғынды дала түрлерінің *Festuca vallesiaca*, *Phleum oriophilla*, *Trifolium pratense*, *Geranium collinum*, *Artemisia dracunculus*, *Origanum vulgare*. қосындысында өскен.

Ағаштың жағдайы көптеген құрғақ бұтақтары бар, субсинильдік дарак деп бағаланады. GPS

координаттары: N 43°02'20,5"; E 078°15'15,3", теңіз деңгейінен биіктігі 1638 м. алаңның өлшемдері–10x10. Популяцияның жалпы көрінісі жасыл-сары түсті, бөріқарақат гүлшоғырының сары түсі басым. Анықталған популяцияда түрдің жеміс бере басталуы байқалады, бірақ жеміс әлсіз және шашыраңқы. Популяцияның жаңаруы әлсіз және сирек деп бағаланады. Өсімдіктер жамылғысының проективті жабыны 40%, шөптің биіктігі-35-50 см. 4-кестеде учаскенің түр құрамы көрсетілген.

4-кесте – №4-ші эталондық аймақтың түрлік құрамы

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	Жеміс салу	Un
<i>Lonicera altmannii</i> Regel & Schmalh.	Гүлдену	Sol
<i>Crataegus korolkowii</i> L.Henry (<i>C. chlorocarpa</i> Lenné & K.Koch)	Жеміс салу	Sol
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Alchemilla tianschanica</i> Juz.	Гүлдену	Sol
<i>Oxytropis lapponica</i> (Wahlenb.) J.Gay	Гүлдену	Sol
<i>Urtica cannabina</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Urtica dioica</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Myosotis asiatica</i> (Vestergr.) Schischk. & Serg.	Гүлдену	Sol
<i>Erysimum flavum</i> (Georgi) Bobrov	Гүлдену	Sol
<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl.	Гүлдену	Sol
<i>Draba hirta</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Cerastium lithospermifolium</i> Fisch.	Гүлдену	Sol
<i>Taraxacum maracandicum</i> Kovalevsk.	Гүлдену	Sol
<i>Carex turkestanica</i> Regel	Гүлдену	Cop 1
<i>Artemisia dracunculus</i> L.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Chelidonium majus</i> L.	Гүлдену	sol
<i>Lappula consanguinea</i> (Fisch. & C.A.Mey.) Gürke (<i>L. squarrosa</i> (Retz.) Dumort.)	Гүлдену	Sol
<i>Phlomis oreophila</i> (Kar. & Kir.) Adylov, Kamelin & Makhm.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Chorispora sibirica</i> (L.) DC.	Гүлдену	Sol
<i>Ziziphora bungeana</i> Juz. (<i>Z. clinopodioides</i> subsp. <i>bungeana</i> (Juz.) Rech.f.)	Гүлдену	Sol
<i>Mentha arvensis</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Festuca valesiaca</i> Schleich. ex Gaudin	Жеміс салу	Sol
<i>Trifolium pratense</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Geranium collinum</i> Stephan ex Willd.	Гүлдену	Sol
<i>Thlaspi arvense</i> L.	Жеміс салу	Sol
<i>Origanum vulgare</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Thalictrum simplex</i> L.	Вегетация кезеңінде	Sol

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Dracocephalum grandiflorum</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Salvia nemorosa</i> L.	Гүлдену	Sol

Айта кету керек, бұл жерде өсімдік жамылғысында жайылымдық депрессия белгілері байқалады.

№5 аумақ үшін Күрмекті шатқалында мониторинг жүргізу таңдалды. Популяцияда Қызыл кітапқа енгізілген *Adonis tianschanicus* түрі назар аудартады. Орналасқан жері Күрмекті өзенінің

оң жағында, оңтүстік-шығыс беткейі бар шалғынды дала беткейінде.

5-кестеде осы учаскенің түрлік құрамы берілген. Түрлердің алуантүлілігі әртүрлі экспозициялары бар беткейлердің сипаттамаларына, олардың тік болуына, сондай-ақ аралықтардың пайда болуымен байланысты (7-сурет).



7-сурет – Күрмекті шатқалындағы *Chelidonium majus*

5-кесте – №5-ші эталондық аймақтың түрлік құрамы

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	Жеміс салу	Сор.1
<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	Гүлдену	Sol
<i>Spiraea lasiocarpa</i> Kar. & Kir.	Гүлдену	Sol
<i>Rhodiola linearifolia</i> Boriss. (<i>Rhodiola kirilowii</i> (Regel) Maxim.)	Гүлдену	Sol
<i>Artemisia dracunculus</i> L.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Chelidonium majus</i> L.	Гүлдену	Un
<i>Myosotis asiatica</i> (Vestergren) Schischk et Serg.	Гүлдену	Sol

Түр атауы	Фенофаза	Молшылығы
1	2	3
<i>Draba nemorosa</i> L.	Жеміс салу	Sol
<i>Euphorbia jaxartica</i> (Prokh.) Prokh. ex Serg. (<i>E. virgata</i> Waldst. & Kit.)	Гүлдену	Sol
<i>Euphorbia glomerulans</i> (Prokh.) Prokh. (<i>E. esula</i> subsp. <i>esula</i>)	Гүлдену	Sol
<i>Rindera tetraspis</i> Pall.	Гүлдену	Sol
<i>Carex turkestanica</i> Regel	Гүлдену	Sol
<i>Iris ruthenica</i> Ker Gawl.	Гүлдену	Sol
<i>Ligularia alpigena</i> Pojark.	Гүлдену	Sol
<i>L. narynensis</i> (C.Winkl.) O.Fedtsch. & B.Fedtsch. (<i>Vickifunkia narynensis</i> (C.Winkl.) C.Ren, L.Wang, I.D.Illar. & Q.E.Yang)	Гүлдену	Sol
<i>Tulipa thianschanica</i> Regel	Жеміс салу	Sol
<i>Viola acutifolia</i> (Kar. & Kir.) W.Becker	Гүлдену	Sol
<i>Linum violascens</i> Bunge	Гүлдену	Sol
<i>Adonis tianschanica</i> (Adolf) Lipsch.	Гүлдену	Sol
<i>Alfredia nivea</i> Kar. & Kir.	Вегетация кезеңінде	Sol
<i>Anemonastrum crinitum</i> (Juz.) Holub	Гүлдену	Sol
<i>Stellaria palustris</i> Ehrh. ex Hoffm.	Гүлдену	Sol

Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде Күнгей Алатауы жотасының қазақстандық бөлігінің аумағында *Chelidonium majus* L. дәрілік өсімдігі өсетін 5 анықтамалық учаске сипатталды. Оның ең көп мөлшері шоғырланған өсу орындары анықталып, тандалған экотоптарда олардың өсуіне оңтайлы жағдайлар белгіленді. Өсімдік жамылғысының айқындылығын көрсететін шымтезектердің жоғары пайызы қызығушылық тудырады. Түр құрамын талдау белгілі бір аумақтың экожүйелері туралы толық түсінік алуға және жергілікті қауымдастықтың қалыптасуында-

ғы *C. majus* рөлін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттелген популяцияларда табиғи құбылыстар (көшкіндер, сел ағындары) және мал жаю сияқты қауіптерге тап болатынын атап өту маңызды, бұл дәрілік өсімдіктің өміршеңдігінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Алынған нәтижелер Күнгей Алатауы жотасының қазақстандық бөлігіндегі дәрілік түрдің қазіргі жағдайы туралы мәліметтерді кеңейтті және болашақта оны сақтау шараларын әзірлеуге сенімді негіз болды. *C. majus* емдік, сәндік және басқа да пайдалы қасиеттері оны сақтау және тұрақты пайдалану үшін құнды нысанға айналдыратынын атап өткен жөн.

Әдебиеттер

1. Арыстанғалиев С. А. Материалы по растительности кормовых угодий Кунгей Алатау // Изв. АН КазССР. Сер. биол. - 1956. - Вып. 11. - С. 93-131.
2. Байтулин И.О. Биологическое разнообразие горных систем Казахстана, сбалансированное их использование и сохранение / И.О. Байтулин // Сохранение биоразнообразия экосистем горных территорий Казахстана: материалы науч.-практ. конф. – Алматы, 2006. – С. 27–31.
3. Байтенов М.С. Флора Казахстана. - Алматы: Ғылым, 2001. – Т. 1-2.
4. Быков Б.А. Геоботаника. Алма-Ата, 1978. – 288 с.
5. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ –Новосибирск, изд. «Наука», 1974. – 154 с.
6. Джаналиева К.М., Будникова Т.И., Виселов И.Н., Давлеткалиева К.К., Давлятшин И.И., Жапбасбаев М.Ж., Науменко А.А., Уваров В.Н. Физическая география Республики Казахстан. – Алматы: Казак Университеті, 1998. – 266 с.

7. Dimeyeva L., Ablaihanov E., Islamgulova A. Vegetation of the southern range of the Junggar Alatau Mountains // International Conference «Applied ecology: problems, innovations». – Tbilisi, 2015. – P. 43-45.
8. Күнгеі Алатауы және Орталық Тянь-Шань Күнгеі Алатау и Центральный Тянь-Шань Kungey Alatau & Central Tien Shan: /Авт. Ю. Юшин – Алматы: «Ахметов А.» ЖК, – 2020. қаз., орыс, ағылшын тілдерінде. – 112 б.
9. Қызметова Л.А., Асылбек А.М., Рахимова Е.В., Урманов Г.А., Джунусканова Б. Е. Изучение видового состава микромицетов в лесных почвах Кунгей Алатау (Казахстан) // Разнообразие почв и биоты Северной и Центральной Азии. – 2021. – С. 261-263.
10. Mukhtubayeva S. Flora of the Northern Tian Shan. The Kungey Alatau. Published by Korea National Arboretum of the Kjrea Forest Service. 2018. – 240 p.
11. Мухтубаева С.К. Флора восточной части хребта Кунгей Алатау: автореф. ... канд. биол. наук. – Алматы, 2000. – 25 с.
12. Махмутқызы А.А., Рахимова Е.В., Гулназ С., Урманов Г.А., Жангелды А., Джунусканова Б.Е. Представители рода *Trichoderma* в ризосфере растений Кунгей Алатау (Казахстан) // Проблемы современной науки и образования. – 2020. – №. 10 (155). – С. 22-26.
13. Мухтубаева С.К., Ситпаева Г.Т., Данилов М.П., Шорманова А.А., Ахатаева Д.А. Локальная флора ушелей рек Саты и Кольсай восточной части хребта Кунгей Алатау. Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2017. – №. 16. – С. 38-41.
14. Mukhtubayeva S., Sitpayeva G.T., Danilov M.P., Shormanova A.A., Ualiyeva B.B., Akhatayeva D.A. Materials of the flora of «Kolsay kolderi» Natural Park. International scientific conference «Conservation and sustainable use of gene pool of Plant World in Eurasia at the present stage», (September 3, 2016, Expo-2016, Antalya, Turkey) - Antalya, 2016. – С. 74-75.
15. Mukhtubayeva, S. K., Nelina, N. V., Sitpayeva, G. T., Kuudabaeva, G. M., Veselova, P. V., Bilibayeva, B. K., & Jumadilova, A. (2017). Rare endemism, relict and endangered plant species of the northern Tien-Shan (Kungei, Kirgizskiy Alatau). Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 6(316), 103-110.
16. Mazzanti G, Di Sotto A, Di Giacomo S, Durazzi F, Mariani P, Nicoletti M, Mammola CL, Vitalone A. *Chelidonium majus* L. does not potentiate the hepatic effect of acetaminophen. *Exp Toxicol Pathol* 2013; 65: 1117-1120.
17. Мухтубаева С.К. Конспект флоры восточной части хребта Кунгей Алатау // Тр. Ин-та бот и фитоинтр., – 2017. – Т. 23 (11). – 272 с.
18. Определитель растений Средней Азии. - Ташк.: ФАН, 1968-1994. - Т. 1-10.
19. «Плантариум» [Электронный ресурс] – URL: <https://www.plantarium.ru/> (дата обращения: 24.01.2024).
20. Полевая геоботаника. Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР.–1964. - Т.3. – 332 с.
21. Ролдугин И.И. Еловые леса Северного Тянь-Шаня (флора, классификация и динамика). - Алма-Ата: Наука, 1989. – 304 с.
22. Pantano F., Mannocchi G., Marinelli E., Gentili S., Graziano S., Busardò F. P., & di Luca N. M. (2017) Hepatotoxicity induced by greater celandine (*Chelidonium majus* L.): a review of the literature. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*, 21. 46-52.
23. Plants of the World online [Электронный ресурс] – URL: <https://powo.science.kew.org/> (дата обращения: 24.01.2024).
24. Сапарбаева Н.А. Распространение и видовое разнообразие эндемичных видов растений хребта Джунгарского Алатау // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. – 2017. – №. 4. – С. 43-50.
25. Then M., Szentmihályi K., Sárközi Á., Illés V., & Forgács, E. (2000) Effect of sample handling on alkaloid and mineral content of aqueous extracts of greater celandine (*Chelidonium majus* L.). *Journal of Chromatography A*, 889(1-2), 69-74.
26. Теоретические и мат проблемы сравнительной флористики. - Ленинград. Изд-во «Наука», 1987. – 295 с.
27. Флора Казахстана. - Алма-Ата: АН КазССР, 1956-1966. - Т.1-9.

References

1. Arystangaliev S.A. (1956) Materialy po rastitel'nosti kormovyh ugodij Kungej Alatau [Materials on the vegetation of forage lands of Kungei Alatau]. *Izv. Academy of Sciences of the KazSSR. Ser. biol.* vol. 11, pp. 93-131. (In Russian)
2. Bajtulin I.O. (2006) Biologicheskoe raznoobrazie gornyh sistem Kazahstana, sbalansirovannoe ih ispol'zovanie i sohranenie [Biological diversity of mountain systems of Kazakhstan, their balanced use and conservation]. *Conservation of biodiversity of ecosystems in mountainous areas of Kazakhstan: scientific and practical materials. conf. Almaty*, pp. 27–31. (In Russian)
3. Bajtenov M.S. (2001) Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan] Almaty: Gylym, T. 1-2. (In Russian)
4. Bykov B.A. (1978) Geobotanika [Geobotany] Alma-Ata, 288 p. (In Russian)
5. Bejdeman I.N. (1974) Metodika izucheniya fenologii rastenij i rastitel'nyh soobshchestv [Methods for studying the phenology of plants and plant communities] Novosibirsk, ed. “Science”, 154 p. (In Russian)
6. Mukhtubayeva S. (2018) Flora of the Northern Tian Shan. The Kungey Alatau. Published by Korea National Arboretum of the Kjrea Forest Service, 240 p.
7. Dzhanaliev K.M., Budnikova T.I., Viselov I.N., Davletkalieva K.K., Davlyatshin I.I., ZHapbasbaev M.ZH., Naumenko A.A., Uvarov V.N. (1998) Fizicheskaya geografiya Respubliki Kazahstan [Physical geography of the Republic of Kazakhstan] Almaty: Kazak Universiteti, 266 p. (In Russian)
8. Dimeyeva L., Ablaihanov E., Islamgulova A. (2015) Vegetation of the southern range of the Junggar Alatau Mountains, International Conference «Applied ecology: problems, innovations» Tbilisi, pp. 43-45.
9. Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan] (1956-1966) Alma-Ata: Academy of Sciences of the KazSSR, T.1-9. (In Russian)

10. Kungej Alatau i Central'nyj Tyan'-SHAN'(2020) [Kungej Alatau, Terskei Alatau and Central Tien Shan]. "Akhmetov A." LCD, Almaty, 266 p.
11. Kyzmetova L.A., Asylbek A.M., Rahimova E.V., Urmanov G.A., Dzhunuskanova B. E. (2021) Izuchenie vidovogo sostava mikromicetov v lesnyh pochvah Kungej Alatau (Kazakhstan) [Study of the species composition of micromycetes in forest soils of Kungej Alatau (Kazakhstan)] Diversity of soils and biota of Northern and Central Asia, pp. 261-263. (In Russian)
12. Mukhtubaeva S.K. (2000) Flora vostochnoj chasti hrebta Kungej Alatau: avtoref. ... kand. biol. nauk [Flora of the eastern part of the Kungej Alatau ridge: abstract. ...cand. biol. Sci]. Almaty, 25 p. (In Russian)
13. Mahmutkyzy A.A., Rahimova E.V., Gulnaz S., Urmanov G.A., ZHangel'dy A., Dzhunuskanova B.E. (2020) Predstaviteli roda Trichoderma v rizosfere rastenij Kungej Alatau (Kazakhstan) [Representatives of the genus Trichoderma in the rhizosphere of Kungej Alatau plants (Kazakhstan)], Problemy sovremennoj nauki i obrazovaniya. vol.155, no 10, pp. 22-26. (In Russian)
14. Muhtubaeva S.K., Sitpaeva G.T., Danilov M.P., SHormanova A.A., Ahataeva D.A. (2017) Lokal'naya flora ushelij rek Saty i Kol'saj vostochnoj chasti hrebta Kungej Alatau [Local flora of the Sata and Kolsai rivers in the eastern part of the Kungej Alatau ridge] Problemy botaniki YUzhnoj Sibiri i Mongolii, no 16, pp. 38-41. (In Russian)
15. Mukhtubayeva S., Sitpayeva G.T., Danilov M.P., Shormanova A.A., Ualiyeva B.B., Akhatayeva D.A. (2016) Materials of the flora of «Kolsay kolderi» Natural Park. International scientific conference «Conservation and sustainable use of gene pool of Plant World in Eurasia at the present stage», (September 3, 2016, Expo-2016, Antalya, Turkey) - Antalya, pp. 74-75.
16. Mukhtubaeva, S. K., Nelina, N. V., Sitpayeva, G. T., Kuudabaeva, G. M., Veselova, P. V., Bilibayeva, B. K., & Jumadilova, A. (2017) Rare endemism, relict and endangered plant species of the northern Tien-Shan (Kungei, Kirgizskiy Alatau). Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, no.6 (316), pp.103-110. (In Russian)
17. Mazzanti G, Di Sotto A, Di Giacomo S, Durazzi F, Mariani P, Nicoletti M, Mammola CL, Vitalone A. (2013) Chelidonium majus L. does not potentiate the hepatic effect of acetaminophen. Exp Toxicol Pathol, no.65, pp.1117-1120.
18. Muhtubaeva S.K. (2017) Konspekt flory vostochnoj chasti hrebta Kungej Alatau [Summary of the flora of the eastern part of the Kungej Alatau ridge] Tr. In-ta bot i fitointr., T. no. 23 (11), 272 p. (In Russian)
19. Opredelel' rastenij Srednej Azii [Key to plants of Central Asia] (1968-1994) Tashkent:FAN, T. 1-10. (In Russian)
20. Pantano F., Mannocchi G., Marinelli E., Gentili S., Graziano S., Busardò F. P., & di Luca N. M. (2017) Hepatotoxicity induced by greater celandine (Chelidonium majus L.): a review of the literature. European Review for Medical & Pharmacological Sciences, no.21. pp.46-52.
21. Polevaya geobotanika [Field geobotany] (1964) Leningrad: Publishing house Acad. Sciences of the USSR. T.3, 32 p. (In Russian)
22. Plants of the World online [Электронный ресурс] – URL: <https://powo.science.kew.org/> (date of access: 01/24/2024)
23. "Plantarium" [Electronic resource] – URL: <https://www.plantarium.ru/> (access date: 01/24/2024)
24. Roldugin I.I. (1989) Elovye lesa Severnogo Tyan'-SHanya (flora, klassifikaciya i dinamika) [Spruce forests of the Northern Tien Shan (flora, classification and dynamics)] Alma-Ata: Nauka, 304 p. (In Russian)
25. Saparbaeva N.A. (2017) Rasprostranenie i vidovoe raznoobrazie endemichnyh vidov rastenij hrebta Dzhungarskogo Alatau. Bulletin of Karaganda University. Series: Biology. Medicine. Geography. vol. 11, no 4, pp. 43-50. (In Russian)
26. Then M., Szentmihalyi K., Sárközi Á., Illés V., Forgács E. (2000) Effect of sample handling on alkaloid and mineral content of aqueous extracts of greater celandine (Chelidonium majus L.). Journal of Chromatography A, vol. 889, no.(1-2), pp. 69-74.
27. Teoreticheskie i mat problemy sravnitel'noj floristiki [Theoretical and mathematical problems of comparative floristry] (1987) Leningrad. Publishing house "Science", 295 p. (In Russian)

Information about authors:

Dostemessova Anar (corresponding author) – Ph doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Junior Researcher, Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, email: anardostemesova@gmail.com).

Izbastina Klara – PhD, Associate Professor RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, S. Seifullin Kazakh AgroTechnical Research University (Astana, Kazakhstan, email: izbastina.k@gmail.com)

Mukhtubayeva Saule – Associate Professor, RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Astana International University, (Astana, Kazakhstan, email: mukhtubaeva@mail.ru.)

Zhumagul Moldir – PhD, RSE on the REM “Astana Botanical Garden” Committee of Forestry and Animal World of the Ministry of Ecology and Nature Conservation, Astana International University, (Astana, Kazakhstan, email: mzhakypzhan@mail.ru.)

Abdukadirova Zhansaya – PhD, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, email: zhansina88@mail.ru).

Mukan Gauhar – Candidate of Biological Sciences, Republican state enterprise with the right of economic management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, (Almaty, Kazakhstan, email: appleforest_protection@mail.ru).

Zhanbyrbayeva Ainur – Kazakh National Medical University named after S.D. Asfendiyarova, (Almaty, Kazakhstan, email: zhanbyrbayeva.a@kaznmu.kz).

Авторлар туралы мәлімет:

Достемесова Анар Бериковна (корреспондентный автор) – Ph докторант, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Ботаника және фитоинтродукция институтының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: anardostemesova@gmail.com)

Избастина Клара Сержановна – PhD, қауымд. проф., Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық Зерттеу Университеті (Астана, Қазақстан, email: izbastina.k@gmail.com)

Мухтубаева Сауле Какимжановна – қауымд. проф., Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Астана халықаралық университеті, (Астана, Қазақстан, email: mukhtubaeva@mail.ru.)







Жумагул Мольдир Жакыпжановна – PhD, Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Астана халықаралық университеті, (Астана, Қазақстан, email: mzhakupzhan@mail.ru.)

Абдукадирова Жансия Абдимуратовна – PhD, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, (Алматы, Қазақстан, email: zhansina88@mail.ru)

Мұқан Гаухар Сейсенбековна – б.ғ.к., Қазақстан Республикасы экология және табиғи ресурстар министрлігі орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты ШЖҚ РМК, (Алматы, Қазақстан, email: appleforest_protection@mail.ru)

Жанбырбаева Айнуր Кайргалиевна – С.Ж. Асфендияров атындағы ҚазҰМУ, (Алматы, Қазақстан, email: zhanbyrbaeva.a@kazntu.kz)

*Келіп түсті: 31 қантар 2024 жыл
Қабылданды: 20 мамыр 2024 жыл*

A.N. Sarsenova^{1*} , S.A. Abiev² , T.E. Darbayeva¹ ,
G.A. Nam³ , G.S. Kaisagaliyeva¹ , N.A. Utarbayeva⁴ 

¹Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Kazakhstan, Uralsk

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

³Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty

⁴Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Kazakhstan, Aktobe

*e-mail: assemgulsarsenova@gmail.com

DIVERSITY OF MACROMYCETES OF RAVINE BIRCH FORESTS ON THE LEFT BANK OF THE URAL RIVER WITHIN THE WEST KAZAKHSTAN REGION

Biodiversity and its conservation remain fundamental aspects of contemporary biology, continually sparking interest and requiring active research. Presently, significant disparities persist in our understanding of the distribution and habitats of various living organisms. Among the most diverse and crucial groups warranting intensive and comprehensive analysis are fungi. The data obtained significantly contributes to the study of macromycete diversity within the birch forests of the Ural River valley. However, information regarding these fungi within the territory of Kazakhstan remains incomplete and fragmented.

The article presents data on the biodiversity of the mycobiota within the ravine birch forests situated along the left bank of the Ural River in the West Kazakhstan region. As of the current date, the biota study has identified 43 species belonging to 26 genera, spanning across 17 families and six orders. Predominant families include *Polyporaceae*, *Russulaceae*, *Pluteaceae*, *Amanitaceae*, and *Strophariaceae*. The trophic analysis of the mycobiota within birch forests revealed a notable diversity of xylophages, with 25 species identified, primarily associated with the families *Fomitopsidaceae*, *Polyporaceae*, *Pluteaceae*, and *Strophariaceae*. Additionally, the group of mycorrhizal fungi comprises 15 species, predominantly represented by the families *Amanitaceae*, *Boletaceae*, *Russulaceae*, and *Paxillaceae*.

Thus, the highest richness of macromycetes is noted in birch forests located in the lowlands of deep gullies. Species diversity of macromycetes tends to decrease in birch forests growing along slopes of various orientations, along the edges of gullies, and on eroded slopes. Moreover, in new pioneer sites such as the sole of the indigenous bank of the Ural River, the species composition of mushrooms is notably impoverished. This study represents the first taxonomic analysis of mycobiota diversity in the ravine birch forests.

Key words: macromycetes, birch forests, Ural river valley, West Kazakhstan Region, species composition, biodiversity.

А.Н. Сарсенова^{1*}, С.А. Абиев², Т.Е. Дарбаева¹,
Г.А. Нам³, Г.С. Кайсағалиева¹, Н.А. Утарбаева⁴

¹М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Қазақстан, Орал қ.

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

³Ботаника және фитоинтродукция институты, Қазақстан, Алматы қ.

⁴Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан, Ақтөбе қ.

*e-mail: assemgulsarsenova@gmail.com

Батыс Қазақстан облысы Жайық өзенінің сол жағалауы шегіндегі байрақты қайың ормандары макромицеттердің алуантүрлілігі

Биоалуантүрлілікті зерттеу және сақтау мәселелері қазіргі биологияның өзекті мәселелері болып қала береді. Бүгінде әртүрлі тірі ағзалардың таралуы мен кездесуі туралы мағлұматтардың зерттеу дәрежесі әлі де біркелкі емес. Осындай қарқынды, түбегейлі зерттеуді қажет ететін алуан түрлі және маңызды топтардың бірі – саңырауқұлақтар. Алынған нәтижелер Қазақстан аумағында әлі күнге дейін мәліметтер жеткіліксіз және фрагменттік болып табылатын Жайық өзені аңғары байрақты қайың ормандары макромицеттерінің алуантүрлілігін тануға елеулі үлес қосады.

Мақалада Батыс Қазақстан облысы шегіндегі Жайық өзенінің сол жағалауында ғана таралған байрақты қайыңды ормандары микобиотасының биоалуантүрлілігі туралы деректер қамтылған. Зерттеу нәтижелері негізінде бүгінгі таңда биотада 6 қатар, 17 тұқымдас және 26 туысқа біріккен 43 түр анықталды. Жетекші тұқымдастарды *Polyporaceae*, *Russulaceae*, *Pluteaceae*, *Amanitaceae*, *Strophariaceae* құрайды. Қайың ормандары микобиотасын трофикалық талдау ксилотрофтардың әртүрлілігі жоғары екенін көрсетті – 25 түр. Ксилотрофтардың басым бөлігі *Fomitopsidaceae*, *Polyporaceae*, *Pluteaceae*, *Strophariaceae* тұқымдасының негізгі өкілдері. Микориза түзушілер тобы 15 түрді құрап, ксилотрофтардан кейінгі орында. Микоризатүзушілер тобы *Amanitaceae*, *Boletaceae*, *Russulaceae*, *Paxillaceae* тұқымдастарына жатады.

Қайың ормандарындағы макромицеттердің түрлік құрамы терең сайлардың түптерінде таралған қайыңды алқапта бай екендігі анық байқалады. Әртүрлі экспозициялардың беткейлерінде, сайлардың тарамдарында және эрозиялық беткейлерде өсетін қайың ормандарында макромицеттердің түрлік әртүрлілігі азаяды. Ал жаңа пионер жерлерде, мысалы, Жайық өзенінің байырғы жағасының етегінде саңырауқұлақтардың түрлік құрамы әлдеқайда кедей екенін көре аламыз. Байрақты қайың ормандарындағы макромицеттердің әртүрлілігін зерттеу, микобиотаның таксономиялық құрылымын анықтау зерттеу аймағы үшін алғаш рет жүргізілді.

Түйін сөздер: макромицеттер, қайың ормандары, Жайық өзені аңғары, Батыс Қазақстан облысы, түрлік құрамы, биоалуантүрлілік.

А.Н. Сарсенова^{1*}, С.А. Абиев², Т.Е. Дарбаева¹,
Г.А. Нам³, Г.С. Кайсағалиева¹, Н.А. Утарбаева⁴

¹Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Казахстан, г. Уральск

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

³Институт ботаники и фитоинтродукции, Казахстан, г. Алматы

⁴Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Казахстан, г. Актобе

*e-mail: assemgulsarsenova@gmail.com

Разнообразие макромицетов байрачных березовых лесов в левобережье р. Урал в пределах Западно-Казахстанской области

Биоразнообразие и его сохранение остаются важными аспектами современной биологии, непрерывно вызывающими интерес и необходимость активных исследований. На сегодняшний день неравномерность в степени изученности распределения и обитания различных живых организмов продолжает оставаться значительной. Одной из самых разнообразных и важных групп, требующих интенсивного и фундаментального анализа, являются грибы. Полученная информация вносит значительный вклад в изучение разнообразия макромицетов байрачных березовых лесов долины реки Урал. Сведения о них на территории Казахстана до сих пор являются недостаточными и фрагментарными.

В статье представлены данные о биоразнообразии микобиоты байрачных березовых лесов, распространённых в левобережье р.Урал в пределах Западно-Казахстанской области. На сегодняшний день, на основе результатов исследования биоты, было выявлено 43 вида, относящихся к 26 родам, 17 семействам и шести порядкам. Ведущими семействами являются *Polyporaceae*, *Russulaceae*, *Pluteaceae*, *Amanitaceae*, *Strophariaceae*. Трофический анализ микобиоты березовых лесов показал высокое разнообразие ксилотрофов – обнаружено 25 видов. Большинство из них относятся к семействам *Fomitopsidaceae*, *Polyporaceae*, *Pluteaceae* и *Strophariaceae*. Группа микоризообразующих грибов включает 15 видов, чаще всего представленных семействами *Amanitaceae*, *Boletaceae*, *Russulaceae* и *Paxillaceae*.

Таким образом, наибольшее богатство отмечается в березняках, которые произрастают по днищам глубоких балок. Видовое разнообразие макромицетов уменьшается в березняках, которые произрастают по склонам различных экспозиций, по отвершкам балок и по пологим балкам, эрозионным склонам. А по новым пионерным местам, например по подошве коренного берега р.Урал видовой состав грибов более бедный. Изучение разнообразия макромицетов байрачных березовых лесов проведено впервые для данного района исследования, включая таксономическую структуру микобиоты.

Ключевые слова: макромицеты, березовые леса, долина реки Урал, Западно-Казахстанская область, видовой состав, биоразнообразие.

Introduction

Birch forests represent vital ecosystems renowned for their ecological significance and diverse array of flora and fauna [1, 2]. Within these ecosystems, macromycetes, or large fungi, play a crucial role in nutrient cycling, decomposition, and symbiotic relationships with plants [3-5]. Understanding the distribution and diversity of macromycetes in birch forests is essential for unraveling their ecological functions and the impacts of environmental factors and human activities [6-8].

The species composition and abundance of macromycetes in birch forests are influenced by a multitude of factors, including soil properties, microclimate, vegetation structure, and anthropogenic disturbances [9-11]. Despite their ecological importance, there remains a considerable knowledge gap regarding the specific factors shaping macromycete communities within birch forest ecosystems.

This study aims to address this gap by conducting a comprehensive analysis of macromycete diversity and distribution patterns in birch forests across our study area. By employing rigorous field surveys, species identification, and statistical analyses, we aim to elucidate the key environmental drivers influencing macromycete communities.

Furthermore, understanding how macromycete communities vary across different habitat types within birch forests, such as lowland gullies, slope gradients, and pioneer areas, will provide valuable insights into their ecological preferences and habitat associations.

Ultimately, the findings of this study will contribute to advancing our understanding of the ecological dynamics of birch forest ecosystems and inform conservation and management strategies aimed at preserving their biodiversity and ecological integrity. By shedding light on the intricate relationships between macromycetes and their environment, this research endeavor seeks to foster a deeper appreciation for the intricate web of life within birch forests and the importance of preserving their ecological balance.

The ravine forests are widespread in the steppe zone. They occupy hollows and gullies that arise as a result of deep soil erosion [15, 16] in the form of refugiums, individual ravine tracts are living witnesses of the ways of formation, migration and imposition of the processes of vegetation and soil evolution.

The relevance of studying ravine birch forests is determined by the narrow-locality distribution of small-leaved forests only on the left bank of

the Ural River in the West Kazakhstan region [15]. Here, peculiar trophic connections of birch and macromycetes are formed, which ensure the decomposition of cellulose compounds of wood and their return to the circulation of substances necessary for the stable existence of the birch forest [17, 18]. The relevance of the study should also include the low level of knowledge of the biota of the macromycetes of the ravine birch forests of the studied region.

The research area is located in the West Kazakhstan region, Terekti district (in the north-eastern part of the West Kazakhstan region) on the left bank of the Ural River between the settlements of Kabyltobe (N51°18'52" E51°52'32") and Sharakap (N51°22'17" E51°57'47"). From here begins the spurs of the Pre-Syrtic ledge, the height of which is 90-100 m [15]. The territory is divided by deep ravines and 9 gullies, their depth varies from 7 to 13 meters, the deepest are the holes of the Akhmadievskaya beam up to 15 m. The length of the beams is from 2 to 5 km. They begin at the highest point of the Pre-Syrtic ledge, which is 100 m and flow into the floodplain of the Ural River. Gullies overgrown with woody and shrubby vegetation at one time Belgard called ravine forests, which consist of formations of oak (*Quercus robur*) [19], aspen (*Populus tremula*), birch (*Betula pendula*, *B. pubescens*).

Materials and methods

The object of the study is the macromycetes of the ravine birch forests on the left bank of the Ural River within the West Kazakhstan region.

Macromycetes are understood to be a group of fungi having macroscopic fruit bodies of a fleshy, cartilaginous or leathery, cork consistency [20].

The aim of the work is to study the biota of macromycetes in the birch formation in the valley of the Ural River within the West Kazakhstan region.

The main tasks were as follows:

1. Conduct a geobotanical description of birch formations.
2. Identify the species composition of macromycetes in birch forests based on spatial distribution.
3. Determine the distribution regularities of mycocenoses in different types of birch forests.

The study involved the utilization of our own collections amassed between 2019 and 2023. Collection, drying, and storage procedures for fungal fruit bodies adhered to established protocols in mycology and botany. Geobotanical descriptions

of the birch formations were carried out, and the species composition of macromycetes was delineated based on spatial distribution patterns. Distribution patterns of mycocenoses across different types of birch forests were elucidated through meticulous field observations and subsequent analysis. Herbarization of collected material adhered to the standardized procedure as outlined by Bondartsev and Singer, with adjustments made to accommodate modern requirements [21]. Detailed descriptions of color and morphological features of fruit bodies, encompassing cap shape, surface texture, color palette, pulp structure, and numerical measurements such as diameter and dimensions, were meticulously recorded. Photographic documentation was extensively conducted for the majority of collected samples, providing visual documentation of morphological variations and ecological contexts.

Geobotanical studies were conducted according to established methodologies (Shennikov, 1964) [22]. Vegetation assessments involved describing floral composition, canopy structure, shrub and herbaceous cover, and considering species abundance using the Drude scale. These descriptions enabled the identification of dominants and subdominants across different vegetation layers. Additionally, 27 birch trees were individually described.

Mushroom fruit bodies were photographed using a Canon EOS 4000D camera. To prepare them for herbarium and long-term storage, they were disinfected in drying cabinets at 50-55°C for 30-40 minutes to eliminate pests. Each mushroom sample was then stored in a uniquely numbered package, including details such as the registration number, species name, collection location and date, and the collector's name.

Fungal species identification relied on morphological characteristics of the samples using specialized determinants. Macro- and micro-measurements of fruit bodies, basidia, and spores were conducted and documented through binocular magnifiers and an EVOS® FL/FL Color fluorescence microscope.

Plant names were provided in Latin, and taxonomic changes were referenced based on the compilation by S.K. Cherepanov (1995) [23] and the "List of vascular plants of Kazakhstan" by S.A. Abdullina (1999) [24]. Taxonomic classification of mycobiota followed the system outlined in the 10th edition of Ainsworth & Bisby's Dictionary of Fungi (Kirk et al., 2008) [25], with updates from modern data obtained from the Index Fungorum electronic databases (www.indexfungorum.org) and "MycoBank" (www.mycobank.org/MB) [26, 27].

The trophic structure was characterized using the trophic group scale proposed by A.E. Kovalenko [27], with additional contributions by O.V. Morozova [28]. The scale includes the following gradations of indicators and their corresponding symbols (trophic groups): saprotrophs (Fd: on litter (foliadejecta), St: on litter (stramentum), Hu: on humus (humus), Le: on wood (lignumepigaeum), Lei: on undisturbed (lignumepigaeumintegrum), Lep: on destroyed (lignimiepigaeumputridum), Lh: on roots and wood buried in the soil (lignumhypogaeum), He: on rags, plant stems (herba), M: on mosses (musci), Mm: on fruit bodies of macromycetes (macromycetes), Ex: on excrement (excrementum), C: on coals (carbo); symbiotrophs (Mr: mycorrhizators, Lf: lichenophilic fungi (lichenicolousfungi)); parasites (Pf: facultative on trees and shrubs; P: obligate parasites).

These trophic group classifications were employed to characterize the ecological roles of fungal species within the study area. The assignment of fungal species to specific ecological and trophic groups was based on the author's own field observations as well as data from relevant literature sources.

Data visualization was performed in R 4.2.2 (<https://www.r-project.org/>) and RStudio 2022.12.0 (<https://posit.co/>) software using the following packages and the corresponding functions are given in brackets. The package ggplot2 (ggplot, geom_bar) Wickham, 2016) was applied to make barplots of taxonomy and dominant families [29]. The function facet_wrap was used to group the barplots. In addition, the package patchwork (plot_layout) (Pedersen, 2022) was applied to merge plots into one [30].

Results and discussion

The research area belongs to the fescue – feathered grass steppes, among which the ravine forests with their distinctive myco – and floral complex stand out sharply.

A characteristic feature of the birch formation (*Betula pendula*, *B. pubescens*) is its proximity to the slopes and lower parts of the western and eastern exposures, as well as growth in growing ravines and along the erosive slopes of Akhmadievskaya (N51°19.044' E51° 54.648'), Vorovskaya (N51°19.968' E51° 55.951') and Birch beams (N51° 20.677' E51° 56.584') (Figure 1).

Birch forests prefer the banks of streams, springs, ponds in forested gullies, and sometimes birch forests develop at the foot of the root bank of the Ural River

The basis of the stand is formed by birch. *Quercus robur*, *Ulmus laevis*, *Acer negundo*, *Fraxinus excelsior* and *Populus alba*, *Populus nigra*, *Populus tremula* are found in the stand. Very rich shrub cover consisting of forest species: *Ribes nigrum*, *Euonymus verrucosa*, *Frangula alnus*, *Padus racemosa*,

Viburnum opulus, *Malus sylvestris*. On the edge of birch forests are characterized by: *Lonicera tatarica*, *Rhamnus cathartica*, *Crataegus ambigua*, *Prunus spinosa*, *Rosa majalis*. At the same time, there are steppe shrubs *Amygdalus nana*, *Cerasus fruticosa*, *Chamaecytisus ruthenicus*, *Caragana frutex*.



Figure 1 – Map-scheme of the study area

In the semi-shrub layer grows *Rubus caesius*, *Solanum dulcamara*; and in the semi-shrub layer there is a boreal species – *Rubus saxatilis*.

The herbage of birch forests is rare. Their projective coverage is 40-50%. *Poa pratensis*, *Melic nutans*, *Bromopsis riparia*, *Bromus inermis*, *Elytrigia repens*, *Calamagrostis canescens*, *Agrostis albida*, *Phragmites australis*, etc. are characteristic of cereals.

Among the sedges, there are also species such as *Carex atheroides*, *C.melanostahya*, *C.leporina*. Of the various grasses, the most common are *Viola collina*, *V.hirta*, *Galium boreale*, *Scrophularia nodosa*, *Veronica longifolia*, *Inula salicina*, etc.

It should be noted a rare combination of ferns (*Dryopteris filix-mas*, *Pteridium aquilinum*), horsetails (*Equisetum arvense*, *E. palustre*, *E.*

sylvaticum), strawberries (*Fragaria vesca*), elecampane (*Inula helenium*), Solomon's seal (*Polygonatum odoratum*). As can be seen from the listed species, birch forests are diverse in their structure, as favorable conditions for the growth of forest mesophytic species develop here.

A total of 122 species have been registered according to 27 descriptions, 52% of which are forest species, meadow species are almost half 23%, forest-steppe make up 13%, meadow-steppe – 9%. The proportion of the remaining groups is insignificant.

The birch formation is represented by the following associations: butterbur, sedge, bentgrass, lily of the valley, bracken-fern, euonymus, rosehip, reed, nettle. In the birch formation, we distinguish 4 groups of associations: butterbur, lily of the valley,

fern, blackberry, couch grass, birthwort, sedge, rosehip, reed, euonymus, horsetail, nettle, weed-ruderal with tansy. The floral composition of the associations ranges from 28 to 53 species.

There are a lot of dead wood in birch forests – fallen birch trunks, as well as stumps, fallen branches and small twigs. Therefore, xylotrophs, an ecological group of basidial fungi, are the

component of forest ecosystems that ensures the decomposition of ligninocellulose compounds of wood and the return to the circulation of substances necessary for the circulation of substances and for the stable existence of the forest. During the study period, 43 species of macromycetes belonging to 26 genera and 17 families were identified in the territory (Table 1).

Table 1 – Taxonomic structure of the biota of the ravine birch forests on the left bank of the Ural River within the West Kazakhstan region

Order	Family	n of genus	Genus	n of species
<i>Agaricales</i>	<i>Amanitaceae</i>	1		3
			<i>Amanita</i>	3
	<i>Mycenaceae</i>	1		1
			<i>Mycena</i>	1
	<i>Omphalotaceae</i>	1		1
			<i>Gymnopus</i>	1
	<i>Physalacriaceae</i>	1		1
			<i>Hymenopellis</i>	1
	<i>Pluteaceae</i>	1		4
			<i>Pluteus</i>	4
	<i>Psathyrellaceae</i>	2		2
			<i>Coprinellus</i>	1
		<i>Coprinopsis</i>	1	
<i>Strophariaceae</i>	2		3	
		<i>Kuehneromyces</i>	1	
		<i>Pholiota</i>	2	
<i>Auriculariales</i>	<i>Auriculariaceae</i>	1		1
			<i>Auricularia</i>	1
<i>Boletales</i>	<i>Boletaceae</i>	2		2
			<i>Leccinum</i>	1
			<i>Xerocomellus</i>	1
	<i>Paxillaceae</i>	1		1
			<i>Paxillus</i>	1
<i>Sclerodermataceae</i>	1		1	
		<i>Scleroderma</i>	1	
<i>Hymenochaetales</i>	<i>Hymenochaetaceae</i>	1		1
			<i>Inonotus</i>	1

Table continuation

Order	Family	n of genus	Genus	n of species
<i>Polyporales</i>	<i>Cerrenaceae</i>	1		1
			<i>Cerrena</i>	1
	<i>Fomitopsidaceae</i>	2		2
			<i>Fomitopsis</i>	2
	<i>Panaceae</i>	1		1
			<i>Panus</i>	1
	<i>Polyporaceae</i>	6		9
			<i>Cellulariella</i>	1
			<i>Fomes</i>	1
			<i>Ganoderma</i>	1
<i>Lentinus</i>			1	
<i>Trametes</i>			4	
<i>Russulales</i>	<i>Russulaceae</i>	2		9
			<i>Lactarius</i>	2
			<i>Russula</i>	7
6 orders	17 families	26 genus		43 species

The leading families of the mycobiota under consideration are *Polyporaceae* (9 species), *Russulaceae* (9 species), *Pluteaceae* (4 species), *Amanitaceae* (3 species), *Strophariaceae* (3 species), *Boletaceae*, *Fomitopsidaceae*, and *Psathyrellaceae* were each represented by two species (Figure 2).

Additionally, one species was identified for each of the following families: *Auriculariaceae*, *Cerrenaceae*, *Hymenochaetaceae*, *Mycenaceae*, *Omphalotaceae*, *Panaceae*, *Paxillaceae*, *Physalacriaceae* and *Sclerodermataceae*. The leading position of the first two of the noted families is characteristic of the mycobiota of the ravine birch forests.

By trophic affiliation, the species were distributed as follows: 25 species belong to xylotrophs, the vast majority of which live on destroyed, buried wood, as well as species that are participants in the initial stages of wood destruction and are marked on a whole or with a slight degree of destruction of the shaft. Most xylotrophs are the main members of the families *Fomitopsidaceae*, *Polyporaceae*, *Pluteaceae*, *Strophariaceae*. The macrofungi belonging to this group were commonly found in living birch trees, as well as in the decaying remnants of birch trees such as fallen trunks, which

are prevalent in ravine birch forests. Additionally, they were observed on stumps, fallen branches, and small twigs.

The mycorrhiza-forming group comprises 15 species, second only to xylotrophs. This group includes species from the families *Amanitaceae*, *Boletaceae*, *Russulaceae*, and *Paxillaceae*.

The humus saprotrophs are represented by *Coprinopsis atramentaria* (Bull.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo, *Scleroderma citrinum* Pers. In birch forests, the forest litter is well developed, with *Gymnopus dryophilus* (Bull.) Murrill being the sole representative of the litter saprotroph.

The species composition of macromycetes in the study area is influenced by a multitude of factors operating in concert. These factors encompass a range of abiotic elements, the characteristics of the plant habitat, as well as human activities impacting various facets of the ecosystem, thereby directly or indirectly affecting all others. Fungal species composition and their natural associations within communities are intricately linked to all environmental components, but are particularly influenced by vegetation characteristics and anthropogenic pressures on the biotope.

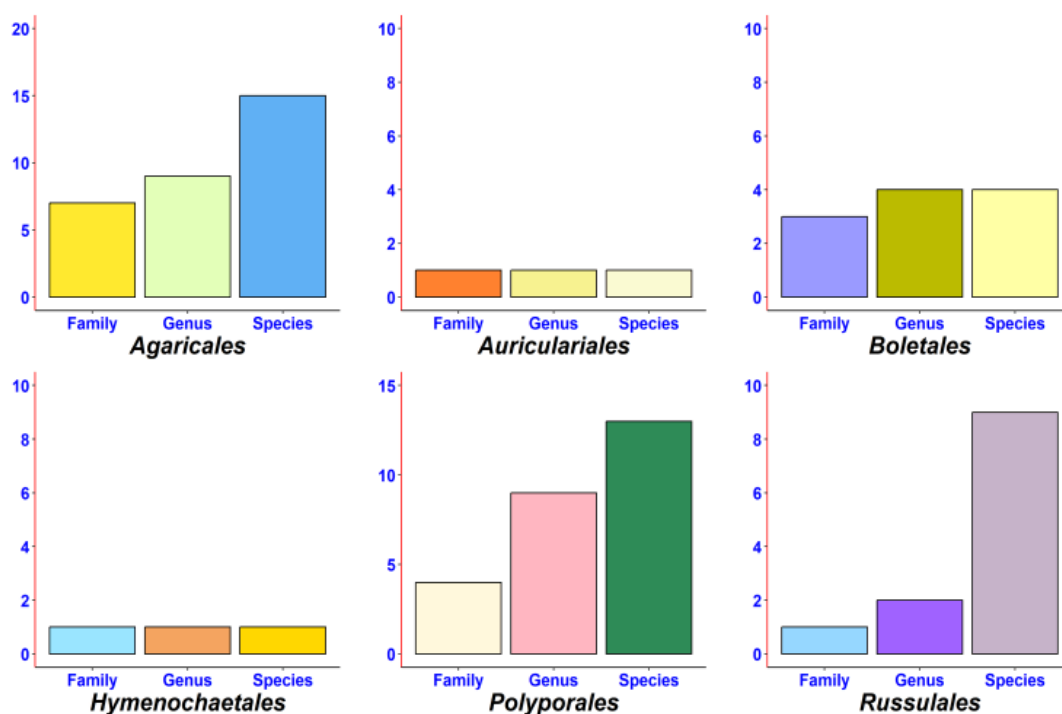


Figure 2 – Taxonomic structure of birch forests

In the ravine forests, where the main factor in our case is moisture, in this case a constant watercourse, the following birch forests are formed: birch rosehip association, birch reed association, birch sedge association, birch bentgrass association, birch horsetail association. In these associations we have noted the following fungi: *Leccinum scabrum* (Bull.) Gray, *Russula fellea* (Fr.) Fr., *Russula betularum* Hora, *Trichaptum bifforme* (Fr.) Ryvardeen, *Gymnopus dryophilus* (Bull.) Murrill (*Collybia dryophila* (Bull.) P. Kumm.), *Lactarius resimus* (Fr.) Fr., *Lentinus arcularius* (Batsch) Zmitr., *Pholiota aurivella* (Batsch) P. Kumm., *Pholiota squarrosa* (Vahl) P. Kumm., *Pluteus leucoborealis* Justo, E.F. Malysheva, Bulyonk. & Minnis, *Xerocomellus chrysenteron* (Bull.) Šutara, *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd., *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Quél, *Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill and *Trametes versicolor* (L.) Lloyd. Also here, along the slopes of various expositions, *Russula grisea* Fr., *Xerocomellus chrysenteron* (Bull.) Šutara are found in bedstraw birch forests in combination with mouse peas, and *Amanita sp.* grow in the mouse pea birch forest (Figure 3).

Ravine forests with a temporary watercourse, where birch forests, lily-of-the-valley birch, nettle birch, weed-ruderal birch with tansy are formed.

Here we discovered such macromycetes as *Amanita pantherina* (DC.) Kromk., *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst., *Amanita muscaria* (L.) Lam., *Russula betularum* Hora, *Hymenopellis radicata* (Relhan) R.H. Petersen, *Paxillus involutus* (Batsch) Fr., *Fomes fomentarius* (L.) Fr., *Lenzites betulinus* (L.) Fr., *Inonotus obliquus* (Fr.) Pilát.

In the gullies where the groundwater is located, completely different birch forests are formed. They are represented by such birch forests: birch lily-of-the-valley birch, birch bracken fern, birch blackberry, couch grass birch, sedge birch, birthwort birch. Here we have noted the following types of macromycetes: *Inonotus obliquus* (Fr.) Pilát., *Amanita muscaria* (L.) Lam., *Amanita pantherina* (DC.) Kromk., *Fomitopsis pinicola* (Sw.) P. Karst., *Kuehneromyces mutabilis* (Schaeff.) Singer & A.H. Sm., *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *Trametes gibbosa* (Pers.) Fr., *Russula betularum* Hora, *Leccinum scabrum* (Bull.) Gray, *Russula fellea* (Fr.) Fr., *Pluteus leucoborealis* Justo, E.F. Malysheva, Bulyonk. & Minnis, *Trametes pubescens* (Schumach.) Pilát, *Trichaptum bifforme* (Fr.) Ryvardeen, *Gymnopus dryophilus* (Bull.) Murrill, *Xerocomellus chrysenteron* (Bull.) Šutara, *Coprinellus micaceus* (Bull.) Vilgalys, *Fomes fomentarius* (L.) Fr.

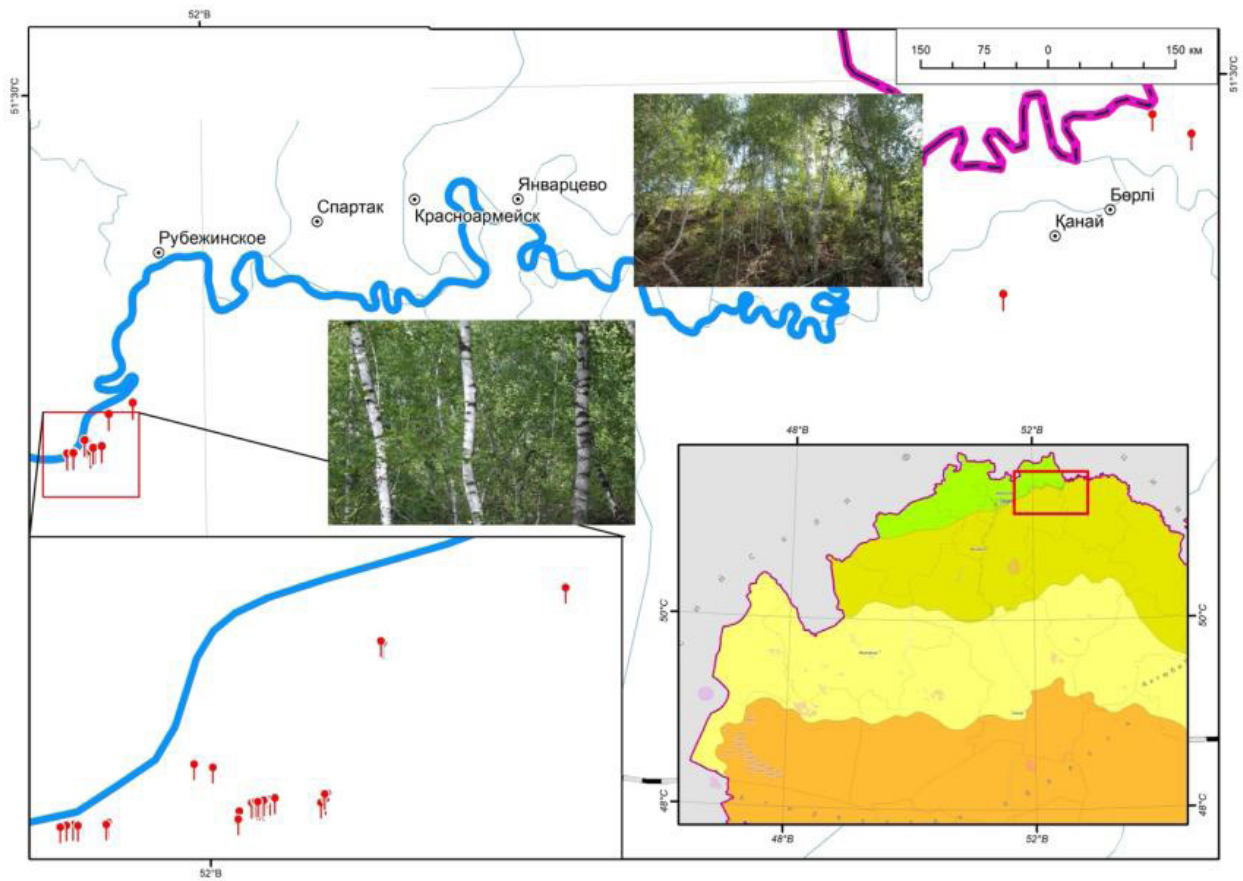


Figure 3 – Map-scheme of macromycetes distribution in ravine birch forests

At the foot of the root bank, a white birch, a sedge birch tree develops. *Mycena galericulata* (Scop.) Gray, *Amanita pantherina* (DC.) Kroos., *Russula fellea* (Fr.) Fr., *Pluteus leucoborealis* Justo, E.F. Malysheva, Bulyonk & Minnis, *Trichaptum bifforme* (Fr.) Ryvardeen, *Russula exalbicans* (Pers.) Melzer & Zvára, *Russula anthracina* Romagn., *Xerocomellus chrysenteron* (Bull.) Šutara are formed there.

Conclusion

Thus, as evidenced by the observations in the birch forests within our territory, the highest richness of macromycetes is typically found in birch forests situated in the lowlands of deep gullies. Conversely, the species diversity of macromycetes tends to decrease in birch forests growing along slopes of various orientations, along the edges of gullies, and on eroded slopes. Additionally, in new pioneer areas, such as the foot of the riverbank of the

Ural River, the species composition of mushrooms is notably poorer.

The taxonomic structure of mycobiota in ravine birch forests was investigated for the first time in this research area, aiming to explore the diversity of macromycetes.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments

The author expresses deep appreciation to Nam Galina, a candidate of Biological Sciences and the leading researcher of the Laboratory of Mycology and Algology at the Institute of Botany and Phytointroduction of the Republic of Kazakhstan, for her assistance in identifying several species of macromycetes and for her support.

References

- 1 Taylor, A. F., Fransson, P., Högborg, P., Högborg, M. N., & Plamboeck, A. H. (2003). Species level patterns in 13C and 15N abundance of ectomycorrhizal and saprotrophic fungal sporocarps. *New Phytologist*, 159(3), 757-774.
- 2 Lindahl, B. D., Nilsson, R. H., Tedersoo, L., Abarenkov, K., Carlsen, T., Kjoller, R., ... & Finlay, R. D. (2013). Fungal community analysis by high-throughput sequencing of amplified markers—a user’s guide. *New Phytologist*, 199(1), 288-299.
- 3 Ovaskainen, O., Schigel, D., Ali-Kovero, H., Auvinen, P., Paulin, L., Nordén, J., ... & Gotelli, N. J. (2013). Combining high-throughput sequencing with fruit body surveys reveals contrasting life-history strategies in fungi. *The ISME Journal*, 7(9), 1696-1709.
- 4 Martínez-Peña, F., Ágreda, T., Ortega-Morales, B. O., & Garibay-Orijel, R. (2017). Diversity, use, and management of mushrooms in a Zapotec community in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Mycologia*, 109(4), 636-646.
- 5 Vasaitis, R., Ihrmark, K., Barklund, P., Stenlid, J., & Dahlberg, A. (2013). Influence of stump age at clear-cut sites on the diversity of wood-inhabiting fungi on Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 304, 312-319.
- 6 Smith, M. E., Henkel, T. W., & Aime, M. C. (2011). Ectomycorrhizal fungal diversity and community structure on three co-occurring leguminous canopy tree species in a Neotropical rainforest. *New Phytologist*, 192(3), 699-712.
- 7 Johannesson, H., Finlay, R. D., & Kubartova, A. (2012). Sources of inorganic nitrogen in soils vary with fungal community composition in a boreal forest. *Fungal Ecology*, 5(5), 591-599.
- 8 Hawksworth, D.L. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, 105(12), 1422-1432.
- 9 Tedersoo, L., & Smith, M.E. (2013). Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: Foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. *Fungal Biology Reviews*, 27(3-4), 83-99.
- 10 Obase, K., et al. (2019). Spatial heterogeneity of soil factors affects the distribution of fungal communities in a natural forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 135, 374-383.
- 11 Halme, P., Kotiaho, J.S., & Mönkkönen, M. (2009). Patches with high density of veteran trees—a key habitat for polypore fungi in boreal forests. *Biological Conservation*, 142(7), 1728-1733.
- 12 Heilmann-Clausen, J., & Christensen, M. (2004). Does size matter? On the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests. *Forest Ecology and Management*, 201(1), 105-117.
- 13 Johannesson, H., et al. (2019). Fungi in boreal forests: roles, limitations, and future directions in ecological studies. *Fungal Ecology*, 38, 59-69.
- 14 Peay, K.G., et al. (2010). High-temperature growth responses of ectomycorrhizal fungi. *Fungal Ecology*, 3(1), 24-31.
- 15 Петренко А.З., Джубанов А.А., Фартушина М.М., Чернышев Д.М., Тубетов Ж.М. Природно-ресурсный потенциал и проектируемые объекты заповедного фонда Западно-Казакхстанской области – Уральск: РИО ЗКГУ, 2001. - 175 с.
- 16 Mamysheva, M. V., & Darbayeva, T. E. (2014). Ekologicheskaya ocenka sovremennogo sostoyaniya dubrav srednego techeniya reki Ural v predelakh Zapadno-Kazakhstanskoj oblasti [The Environmental assessment of the current state oak of middle reaches of the Ural River within the West-Kazakhstan Region] *KazNU Bulletin. Biology series*, 60(2), 85-89.
- 17 Мухин В.А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. – Екатеринбург: УИФ Наука, 1993. - 231 с.
- 18 Сафонов М.А., Сафонова Т.И. Древоразрушающие грибы, обитающие на древесине *Betula pendula* в Южном Приуралье (Оренбургская область). *Вестник ОГУ. №6 (142) 2012.* - С. 66-71.
- 19 Abiev S. A., Sarsenova A. N., Darbayeva T. E. The mycobiota oak forests of the Ural river valley within the West Kazakhstan region // *Experimental Biology*. – 2022. – Т. 2. – №. 91. – С. 37-45.
- 20 Змитрович И.В., Столярская М.В., Калиновская Н.И. и др. Макромицеты Нижне-Свирского заповедника: аннотированный список видов. – СПб.: Свое издательство, 2015. – 185 с.
- 21 Большаков С. Ю., Ивойлов А. В. Методы изучения видового разнообразия макроскопических грибов // *Методы полевых экологических исследований: учеб. пособие*. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. – 2014. – С. 61-82.
- 22 Шенников А.П. Введение в геоботанику. - Л., 1964. - 447 с.
- 23 Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
- 24 Абдулина С.А. Список сосудистых растений Казахстана. – Алматы, 1999. – 187 с.
- 25 Kirk, P. M. Ainsworth et Bisby’s Dictionary of the Fungi / P. M. Kirk, P. F. Cannon, D.W.Minter, J. A. Stalpers. – 10th ed. – Wallingford : CAB International, 2008. – 771 p.
- 26 Index Fungorum Database. Available from <http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>
- 27 Mycobank [www.mycobank.org]
- 28 Малышева, В. Ф. Высшие базидиомицеты лесных и луговых экосистем Жигулей / В. Ф. Малышева, Е. Ф. Малышева. – М., СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 242 с.
- 29 H. Wickham. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2016.
- 30 Pedersen T (2022). `_patchwork: The Composer of Plots_`. R package version 1.1.2, <<https://CRAN.R-project.org/package=patchwork>>.

References

- 1 Abdullina S.A. (1999) Spisok sosudistykh rasteniy Kazakhstana [List of vascular plants of Kazakhstan]. – Almaty. – 187 p.
- 2 Abiev, S. A., Sarsenova, A. N., & Darbayeva, T. E. (2022). The mycobiota oak forests of the Ural river valley within the West Kazakhstan region. *Experimental Biology*, 2(91), 37-45
- 3 Bolshakov S. Yu., Ivoilov A. V. (2014). Metody izucheniya vidovogo raznoobraziya makroskopicheskikh gribov //Metody polevykh ekologicheskikh issledovaniy [Methods for studying the species diversity of macroscopic fungi // Methods of field environmental research: textbook]. -Saransk,– p. 61-82.
- 4 Cherepanov S.K. (1995) Sosudistye rasteniya Rosii i soprodelnykh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR)]. – SPb.: Mir i sem'ya. – 992 p
- 5 H. Wickham. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.
- 6 Halme, P., Kotiaho, J.S., & Mönkkönen, M. (2009). Patches with high density of veteran trees—a key habitat for polypore fungi in boreal forests. *Biological Conservation*, 142(7), 1728-1733.
- 7 Hawksworth, D.L. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, 105(12), 1422-1432.
- 8 Heilmann-Clausen, J., & Christensen, M. (2004). Does size matter? On the importance of various dead wood fractions for fungal diversity in Danish beech forests. *Forest Ecology and Management*, 201(1), 105-117.
- 9 Index Fungorum Database. Available from <http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>
- 10 Johannesson, H., et al. (2019). Fungi in boreal forests: roles, limitations, and future directions in ecological studies. *Fungal Ecology*, 38, 59-69.
- 11 Johannesson, H., Finlay, R. D., & Kubartova, A. (2012). Sources of inorganic nitrogen in soils vary with fungal community composition in a boreal forest. *Fungal Ecology*, 5(5), 591-599.
- 12 Kirk, P. M. Ainsworth et Bisby's Dictionary of the Fungi / P. M. Kirk, P. F. Cannon, D.W.Minter, J. A. Stalpers. – 10th ed. – Wallingford : CAB International, 2008. – 771 p.
- 13 Lindahl, B. D., Nilsson, R. H., Tedersoo, L., Abarenkov, K., Carlsen, T., Kjeller, R., ... & Finlay, R. D. (2013). Fungal community analysis by high-throughput sequencing of amplified markers—a user's guide. *New Phytologist*, 199(1), 288-299.
- 14 Malysheva V.F., Malysheva E.F. (2008). Vysshie bazidiomicety lesnykh i lugovykh ekosistem Zhigulej [Higher Basidiomycetes of forest and meadow ecosystems of Zhiguli]. - Moscow: KMK, – 242 p.
- 15 Mamysheva, M. V., & Darbayeva, T. E. (2014). Ekologicheskaya ocenka sovremennogo sostoyaniya dubrav srednego techeniya reki Ural v predelakh Zapadno-Kazahstanskoj oblasti [The Environmental assessment of the current state oak of middle reaches of the Ural River within the West-Kazakhstan Region] *KazNU Bulletin. Biology series*, 60(2), 85-89.
- 16 Martínez-Peña, F., Ágreda, T., Ortega-Morales, B. O., & Garibay-Orijel, R. (2017). Diversity, use, and management of mushrooms in a Zapotec community in the Sierra Norte of Oaxaca, Mexico. *Mycologia*, 109(4), 636-646.
- 17 Mukhin V.A. (1993). Biota ksilotrofnnykh bazidiomicetov Zapadno-Sibirskoj ravniny [Biota of xylotrophic basidiomycetes of the West Siberian Plain]. – Ekaterinburg: UIF Science,– p.231.
- 18 Mycobank [www.mycobank.org]
- 19 Obase, K., et al. (2019). Spatial heterogeneity of soil factors affects the distribution of fungal communities in a natural forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 135, 374-383.
- 20 Ovaskainen, O., Schigel, D., Ali-Kovero, H., Auvinen, P., Paulin, L., Nordén, J., ... & Gotelli, N. J. (2013). Combining high-throughput sequencing with fruit body surveys reveals contrasting life-history strategies in fungi. *The ISME Journal*, 7(9), 1696-1709.
- 21 Peay, K.G., et al. (2010). High-temperature growth responses of ectomycorrhizal fungi. *Fungal Ecology*, 3(1), 24-31.
- 22 Pedersen T (2022). `_patchwork: The Composer of Plots_`. R package version 1.1.2, <<https://CRAN.R-project.org/package=patchwork>>.
- 23 Petrenko A.Z. and et.al. (1998). Prirodno-resursnyj potencial i proektiruemye ob'ekty zapovednogo fonda Zapadno-Kazahstanskoj oblasti [Natural and resource potential and designed projects of reserved fund of the West Kazakhstan region]. - Uralsk, - p.175.
- 24 Safonov M.A., Safonova T.I. (2012). Derevorazrushayushchie griby, obitayushchie na drevesine Betula pendula v Yuzhnom Priural'e (Orenburgskaya oblast') [Wood-destroying fungi living on Betula pendula wood in the Southern Urals (Orenburg region)]. *Bulletin of OSU*, 6 (142). pp. 66-71.
- 25 Shennikov A.P. (1964). Vvedenie v geobotaniku [Introduction to geobotany]. - L., - 447 p.
- 26 Smith, M. E., Henkel, T. W., & Aime, M. C. (2011). Ectomycorrhizal fungal diversity and community structure on three co-occurring leguminous canopy tree species in a Neotropical rainforest. *New Phytologist*, 192(3), 699-712.
- 27 Taylor, A. F., Fransson, P., Högborg, P., Högborg, M. N., & Plamboeck, A. H. (2003). Species level patterns in 13C and 15N abundance of ectomycorrhizal and saprotrophic fungal sporocarps. *New Phytologist*, 159(3), 757-774.
- 28 Tedersoo, L., & Smith, M.E. (2013). Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: Foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. *Fungal Biology Reviews*, 27(3-4), 83-99.
- 29 Vasaitis, R., Ihrmark, K., Barklund, P., Stenlid, J., & Dahlberg, A. (2013). Influence of stump age at clear-cut sites on the diversity of wood-inhabiting fungi on Norway spruce. *Forest Ecology and Management*, 304, 312-319.
- 30 Zmitrovich I.V., Stolyarskaya M.V., Kalinovskaya N.I. and et.al. (2015). Makromicety Nizhne-Svirskogo zapovednika: annotirovannyj spisok vidov [Macromycetes of the Nizhne-Svirsky Nature Reserve: an annotated list of species]. – St. Petersburg: Svoc publishing house, – 185 p.

Information about authors:

Sarsenova Assemgul (corresponding author) — PhD, Senior lecturer of the Faculty of Natural Geography of Makhambet Utemisov West Kazakhstan University (Uralsk, Kazakhstan, email: assemgulsarsenova@gmail.com).

Abiyev Sardarbek – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of General Biology and Genomics of L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan, email: abiev.sardarbek@yandex.kz)

Darbayeva Talshen – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Faculty of Natural Geography of Makhambet Utemisov West Kazakhstan University (Uralsk, Kazakhstan, email: dtalshen@mail.ru).

Nam Galina – Candidate of Biological Sciences, Leading researcher of the Laboratory of Mycology and Algology of Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, email: namg@mail.ru)

Kaisagaliyeva Gulzhakhan – Candidate of Biological Sciences, Senior lecturer of the Faculty of Natural Geography of Makhambet Utemisov West Kazakhstan University (Uralsk, Kazakhstan, email: gusm_@mail.ru).

Utarbayeva Nurlygul – PhD, Senior lecturer of the Department of Biology of Aktobe Regional University named after K.Zhubanov (Aktobe, Kazakhstan, email: Nurlygul.utarbaeva@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Сарсенова Асемгүл Нурсаиновна (корреспонденттік автор) – PhD, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, жаратылыстану-география факультетінің аға оқытушысы (Орал, Қазақстан, email: assemgulsarsenova@gmail.com)

Абиев Сардарбек Абиевич – Биология ғылымдарының докторы, Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Жалпы биология және геномика кафедрасының профессоры (Астана, Қазақстан, email: abiev.sardarbek@yandex.kz)

Нам Галина Алексеевна -Биология ғылымдарының кандидаты, Ботаника және фитointroduкция институты, микология және альгология зертханасының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: namg@mail.ru)

Дарбаева Талшен Есенмановна – Биология ғылымдарының докторы, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, жаратылыстану-география факультетінің профессоры (Орал, Қазақстан, email: dtalshen@mail.ru)

Кайсағалиева Гүлжахан Смаиловна – Биология ғылымдарының кандидаты, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, жаратылыстану-география факультетінің аға оқытушысы (Орал, Қазақстан, email: gusm_@mail.ru)

Утарбаева Нурлыгул Асылбековна – PhD, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, биология кафедрасының аға оқытушысы (Ақтөбе, Қазақстан, email: Nurlygul.utarbaeva@mail.ru)

Received: December 2, 2024

Re-uploaded: May 21, 2024

Accepted: May 21, 2024

2-бөлім
МИКРОБИОЛОГИЯ

Section 2
MICROBIOLOGY

Раздел 2
МИКРОБИОЛОГИЯ

А.А. Сартаева¹, З. Оразаева¹, Э.М. Иманова¹, Э.А. Кырбасова^{1*},
М.Х. Парманбекова¹, Р.Ж. Бержанова², Г.У. Байташева¹

¹Казахский национальный женский педагогический университет, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: e.kyrbasova@gmail.com

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАКТОЗОСБРАЖИВАЮЩИХ ДРОЖЖЕЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ СМЕШАННОГО БРОЖЕНИЯ

Известно, что длительное хранение культур с помощью периодических пересевов не всегда обеспечивает стабильность морфолого-культуральных и физиологических признаков. В связи с этим встает вопрос о необходимости изучения диапазона изменчивости отдельных признаков и влияния внешней среды на свойства гетерогенности коллекционных культур и изучения их морфологических свойств, мы сочли целесообразным вновь вернуться к изучению основных таксономически значимых фенотипических признаков этих дрожжей. В результате отмечено, что культура *Candida sphaerica* KM95 не проявляет естественную изменчивость, которая выражалась бы в макроморфологической гетерогенности популяции: почти все колонии имели аналогичные характеристики. У культуры *Candida kefir var. kumis* 17 при расसेве на плотную среду наблюдается заметная варибельность по ряду морфологических признаков. Так, популяционный состав представлен несколькими типами колоний, отличающихся друг от друга по размеру, цвету, форме, структуре и т.п. В поисках культур, интенсивно сбраживающих лактозу, было испытано 25 штаммов дрожжей, выделенных из шубата и отнесенных к роду *Candida*. В результате сравнительного изучения ферментативной активности, путем исследования способности разных штаммов сбраживать лактозу, выявлены наиболее активные из них – *C. sphaerica* 1М и *C. sphaerica* 3М. По нашим наблюдениям исследуемые культуры способны ферментировать мальтозу после их длительного выращивания на сусло-агаре, однако, при этом теряется способность к росту на среде с лактозой.

Ключевые слова: лактозосбраживающие дрожжи, морфо-физиологические свойства, брожения, колония дрожжей, микрофлора кумыса.

A.A. Sartayeva¹, Z. Orazayeva¹, E.M. Imanova¹, E.A. Kyrbasova^{1*},
M.Kh. Parmanbekova¹, R.Zh. Berzhanova², G. Baitasheva¹

¹Kazakh National Women's Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: e.kyrbasova@gmail.com

Morpho-physiological features of lactose-fermenting yeast isolated from fermented milk products of mixed fermentation

It is known that long-term storage of cultures with the help of periodic reseeded does not always ensure the stability of morphological, cultural and physiological characteristics. In this regard, the question arises of the need to study the range of variability of individual characters and the influence of the environment on the heterogeneity properties of collection cultures and study their morphophysiological properties. We considered it appropriate to return to the study of the main taxonomically significant phenotypic characters of these yeasts. As a result, it was noted that the culture of *Candida sphaerica* KM95 does not show natural variability, which would be expressed in the macromorphological heterogeneity of the population: almost all colonies had similar characteristics. The culture of *Candida kefir var. kumis* 17 when sieving on a dense medium, a noticeable variability is observed in a number of morphological features. Thus, the population composition is represented by several types of colonies that differ from each other in size, color, shape, structure, etc. In search of cultures that ferment lactose intensively, 25 yeast strains isolated from shubat and assigned to the genus *Candida* were tested. As a result of a comparative study of enzymatic activity, by examining the ability of different strains to ferment lactose, the most active of them were identified – *C. sphaerica* 1M and *C. sphaerica* 3M. According to our obser-

vations, the studied cultures are able to ferment maltose after their long-term cultivation on wort agar, however, the ability to grow on a medium with lactose is lost.

Key words: lactose-fermenting yeast, morphological and physiological properties, fermentation, yeast colony, koumiss microflora.

А.А. Сартаева^{1,3}, О. Оразаева¹, Э.М. Иманова¹, Э. А. Кырбасова^{1*},
М.Х. Парманбекова¹, Р.Ж. Бержанова², Г.У. Байташева¹

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: e.kyrbasova@gmail.com

Аралас сүт қышқыл өнімдерінен бөлініп алынған лактозаны ашытатын ашытқылардың морфо-физиологиялық ерекшеліктері

Мерзімді қайта егу арқылы культураларды ұзақ сақтау морфологиялық, культуралық және физиологиялық сипаттамалардың тұрақтылығын қамтамасыз ете бермейтіні белгілі. Осыған байланысты жеке белгілердің өзгергіштік ауқымын және коллекциялық дақылдардың гетерогенді қасиеттеріне қоршаған ортаның әсерін және олардың морфо-физиологиялық қасиеттерін зерттеу қажеттілігі туралы сұрақ туындайды. Сондықтан да, біз осы ашытқылардың негізгі таксономиялық маңызды фенотиптік белгілерін зерттеуге қайта оралғанды жөн деп санадық. Нәтижесінде *Candida sphaerica* KM95 культурасы популяцияның макроморфологиялық гетерогенділігінде көрінетін табиғи өзгергіштік көрсетпейтіні байқалды: барлық дерлік колониялар бір –біріне ұқсас болды. *Candida kefir var. kumis* 17 қатты қоректік ортада өсіргенде бірқатар морфологиялық белгілерде айтарлықтай өзгергіштік байқалды. Сонымен популяция құрамы бір-бірінен көлемі, түсі, пішіні, құрылымы және т.б. бойынша ерекшеленетін колониялардың бірнеше түрлерімен ұсынылған. Лактозаны қарқынды ашытатын культураларды іздеу барысында шұбаттан бөлініп алынған ашытқылардың 25 штаммы зерттеліп, *Candida* тұқымдасына жатқызылған. Ашытқылардың ферменттік белсенділігін салыстырмалы түрде зерттеу барысында, лактозаны ашытатын ашытқылардың ең белсенді штаммдары – *C. sphaerica* 1M және *C. sphaerica* 3M екені анықталды. Біздің бақылауларымыз бойынша, зерттелген культуралар сусло агар қоректік ортасында ұзақ өсіргеннен кейін мальтозаны ашытуға қабілетті, алайда лактозасы бар ортада өсу қабілеті жоғалады.

Түйін сөздер: лактозаны ашытатын ашытқылар, морфологиялық және физиологиялық қасиеттері, ашыту, ашытқы колониясы, қымыз микрофлорасы.

Введение

Важные для биотехнологии признаки некоторых видов дрожжей *Kluyveromyces* (синоним *Zygofabospora*) привлекают большое внимание исследователей [1]. Имеются ряд работ по молекулярной биологии, генетике и их систематике [2-6]. Однако использование генофонда этих дрожжей в генетических и прикладных разработках затрудняется тем, что их существующая классификация формальна. Исходя из специфики биологических свойств, подходы к систематике дрожжей отличаются как от систематики бактерий, так и от систематики мицелиальных грибов. Специальные руководства по их идентификации периодически подвергаются новой интерпретации в связи с разработкой современных подходов [7, 8]. Претерпела изменения и систематика лактозосбраживающих дрожжей. Например, дрожжи, выделенные из кисломолочных продуктов, были отнесены первоначально к *Torulopsis kefir* (Beijerinck) (Lodder, 1934); затем

к *Candida kefir* (Beijerinck) van Uden et Buckley (Lodder, 1970). Разделение двух родов несовершенных дрожжей *Torulopsis* и *Candida* было основано на наличии псевдомицелия у видов рода *Candida* и отсутствии такового у *Torulopsis*. Однако в настоящее время такое разграничение упразднено из-за значительной изменчивости признака. Был проведен цифровой таксономический анализ фенотипических характеристик 147 несовершенных видов дрожжей [9]. Отсутствие оснований таксономического разделения между родами *Candida* и *Torulopsis* сделало возможным слияние этих родов. В результате, ранее разграничиваемые роды *Candida* и *Torulopsis* было предложено объединить.

В настоящее время некоторые виды лактозосбраживающих дрожжей считаются как анаморфами, так и синонимами рода *Kluyveromyces* [10, 11]. Кудрявцев В.И. выделил несколько видов дрожжей в самостоятельные роды *Zygofabospora* и *Fabospora*, позже, J. P. van der Walt пришел к выводу, что эти роды представ-

ляют собой один и тот же таксон: *Kluveromyces van der Walt*. Однако, по мнению Наумова Г.И., оригинальные описания родов *Kuuyveromyces* и *Zygofabospora* (*Fabospora*) не перекрываются и охватывают совершенно различные дрожжи [12]. Дрожжи являются наиболее эффективными микроорганизмами в производстве этанола [13]. Однако не все виды обладают хорошей лактазной активностью, а некоторые неспособны расщеплять лактозу и напрямую ферментировать свежее молоко для производства этанола. Для этого важно выделить дрожжи, способные сбраживать лактозу и впоследствии производить спирт. Это исследование было направлено на то, чтобы выделить и идентифицировать дрожжи из кефира и охарактеризовать их способность в качестве отдельных заквасок для производства кефира. На основании морфологических и физиологических оценок получено 15 предположительных изолятов дрожжей, 10 из которых хорошо росли на лактозосодержащих средах. Молекулярная идентификация подтвердила, что четыре изолята, принадлежат *Kluveromyces marxianus* [14]. Авторы провели молекулярно-генетическое исследование дрожжей *Kluveromyces lactis*, выделенных из различных молочных продуктов в странах постсоветского пространства и других регионах лактозы. Полученные результаты показали, что межштаммовая гибридизация молочных дрожжей *K.lactis* является эффективным методом создания новых штаммов с высокой ферментативной способностью. Выделенные дрожжи с наиболее высокой способностью ферментировать лактозу представляют интерес для дальнейших молекулярно-генетических исследований и селекционных программ [15, 16]. Авторы обращали внимание на видовой состав молочнокислых бактерий и дрожжей из шубата в разных регионах Казахстана: Алматы, Кызылорда, Шымкент и Атырауская область. Показано, что видовой состав и обилие каждого вида зависит от климатических условий [17].

Материалы и методы исследования

В работе использовались следующие коллекционные и свежесделанные культуры лактозосбраживающих дрожжей из коллекции НИИ микробиологии и вирусологии МОН РК и кафедры биотехнологии КазНУ им. Аль-Фараби: *Candida (Torulopsis) kefir var. kumis* штамм 17, выделенная из кумыса Алматинской области, Карасайского района. *Candida (Torulopsis) sphaerica*

штамм *КМ-95*, выделенная из кумыса Алматинской обл. Кегенского района. *Candida sphaerica* штамм 1М и *Candida sphaerica* штамм 3М, выделенные из шубата Алматинской области, с. Мынбаева.

При изучении культурально-морфологических и физиолого-биохимических признаков культуры использовались стандартные методы культивирования [18].

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее из микрофлоры кумыса, производимого в Казахстане, была выделена культура *Torulopsis kefir var. kumis* штамм 17, которая отличалась от других по скорости и уровню брожения и была рекомендована для использования в составе кумысных заквасок [19]. Дрожжи имели овальную форму клеток размером (2,2-4,7) x (2,6-5,2) мкм. Размножались почкованием. Псевдомицелий не образовывали. На сусло-агаре, сывороточном агаре формировали колонии белого цвета, выпуклые, края ровные, с наростом в середине, поверхность морщинистая. Штрих культуры желтовато-белый, гладкий, блестящий. В жидкой среде образовывали осадок. Максимальная температура роста – 45°C. Дрожжи хорошо развивались при pH 5-8, слабо при pH10. Оказались устойчивы к повышению концентрации поваренной соли: развивались при 2-5% NaCl, при введении 7, 8 и 9% соли рост дрожжей задерживался, а при 10% совсем прекращался. Медленно разжижали желатину, слабо усваивали нитрат калия. В качестве источника углерода использовали лактозу, сахарозу, меньше галактозу. Образовывали 1,5-3,3 об. % спирта на молоке. Предельная кислотность 55°Т. Из углеводов сбраживали глюкозу, сахарозу, лактозу, слабо сбраживали раффинозу, не сбраживали арабинозу. Выделенная культура, по ранее существовавшим определителям, была отнесена к *Torulopsis kefir*, но отличалась способностью сбраживать мальтозу, ассимилировать нитрат калия, большей устойчивостью к NaCl. Поэтому авторы сочли возможным считать его новой разновидностью данного вида и определили, как *T.kefir var. kumis* 17. В результате изучения микрофлоры кумыса из различных областей Казахстана была выделена культура *Torulopsis sphaerica КМ-95*. Изначальное ее описание: в жидком сусле через три дня при 25°C образуется тонкая слизистая пленка и осадок. Клетки от сферической до овальной формы размерами (2,7-5,6) x (3,2-7,8) мкм. Размножаются почкова-

нием. Через 7-10 суток при 25°C на сусло- глюкозном агаре колонии серовато-жемчужного цвета, круглые, выпуклые с ровным краем, поверхность гладкая, блестящая. Штрих культуры серовато-белый, гладкий, блестящий, край ровный. При росте на стекле с кукурузным агаром псевдомицелий не образует. Сбраживает глюкозу, галактозу, сахарозу, лактозу, 1/3 раффинозы; не сбраживает мальтозу. Ассимилирует глюкозу, галактозу, сахарозу, мальтозу и лактозу; на этиловом спирте и молочной кислоте наблюдается довольно хороший рост, нитрат калия не усваивает. Оптимальная температура роста 37°C, максимальная 42°C. Устойчив к повышению концентрации поваренной соли: при 5-7% поваренной соли рост хороший, при 8-9% – рост задерживается, при 10% -полностью прекращается. Отмечен рост на среде с содержанием глюкозы. При росте на стекле с кукурузным агаром псевдомицелий не образует. Сбраживает глюкозу, галактозу, сахарозу, лактозу, 1/3 раффинозы; не сбраживает мальтозу. Ассимилирует глюкозу, галактозу, сахарозу, мальтозу и лактозу; на этиловом спирте и молочной кислоте наблюдается довольно хороший рост, нитрат калия не усваивает. Оптимальная температура роста 37°C, максимальная 42°C. Устойчив к повышению концентрации поваренной соли: при 5-7% поваренной соли рост хороший, при 8-9% – рост задерживается, при 10% -полностью прекращается. Отмечен рост на среде с содержанием глюкозы. Предварительно был произведен рассев суспензий клеток на агаризованную среду. Количество полученных морфологических вариантов учитывали через 3-7 суток инкубирования при температуре 35-37°C. В результате отмечено, что культура *Candida sphaerica KM95* не проявляет естественную изменчивость, которая выражалась бы в макроморфологической гетерогенности популяции: почти все колонии имели аналогичные характеристики. У культуры *Candida kefir var. kumis* 17 при расеве на плотную среду наблюдается заметная вариабельность по ряду морфологических признаков. Так, популяционный состав представлен несколькими типами колоний, отличающихся друг от друга по размеру, цвету, форме, структуре и т.п.

На 3 сутки роста из общего числа выросших колоний (около 2000) было получено 6 морфологических типов:

I морфотип – колонии диаметром 8-10 мм, круглые, слегка выпуклые, края волнистые, рельеф исчерченный, присутствуют сектора, кре-

мового цвета. Количество колоний данного морфотипа в популяции составило 52,8%.

II морфотип – колонии неправильной формы, выпуклые, с звездчатыми краями, гладкие, блестят, светло-кремового цвета. Частота возникновения таких колоний составила 28,3%.

III морфотип – колонии круглые диаметром 10 мм, с выпуклым соском в центре, зубчатыми краями, гладкие, блестят, светло-кремового цвета. Выявлено 7,4% таких колоний.

IV морфотип – колонии круглые диаметром 15 мм, сильно выпуклые с фестончатыми, слегка волнистыми краями, с кольцами по периферии, гладкие, блестят. Частота появления – 6,5%.

V морфотип – колонии диаметром 12 мм, плоские, края волнистые, в центре слабо выпуклые, периферия бежевого цвета, центр кремовый. Количество колоний с измененной морфологией – 3,2%.

VI морфотип колонии диаметром 3-5 мм, круглые, выпуклые, цилиндрические (с конусовидным профилем), края ровные, рельеф исчерченный, блестят, кремовые. Количество колоний с подобной морфологией составило 1,8 %.

Различия в морфологии колоний, присущих одной и той же популяции, свидетельствуют об их дифференцировке. Появление новых форм может быть результатом спонтанного мутационного процесса. Так, колонии VI морфотипа имели резкие отличия от остальных морфотипов: дрожжевые клетки образовывали колонии, растущие вертикально с образованием длинных (5 мм) тонких многоклеточных структур. Способность к образованию таких структур с нарушением контроля полярности клеток и процессов развития описаны в литературе [19] и названы многоклеточными стеблевыми структурами. К примеру, подобные колонии-мутанты получены у *C. albicans*, *S. pombe*, *E. coli* после воздействия на них УФ облучения.

Колонии вышеописанных морфологических вариантов отсеивали в пробирки на скошенный агар. Всего было отобрано 120 вариантов всех морфотипов с целью дальнейшего изучения их ферментативной активности. Для этого использовали метод с трубками Дунбара [18]. В качестве субстрата для брожения применяли 0,5%-ный дрожжевой экстракт, содержащий отдельные сахара (глюкозу, галактозу и лактозу), доведенные до концентрации 4% в среде. Посевной материал вносился в количестве 2,06 %.

Количественные соотношения вариантов по их способности ферментировать данные сахара, приведены на рисунке 1.

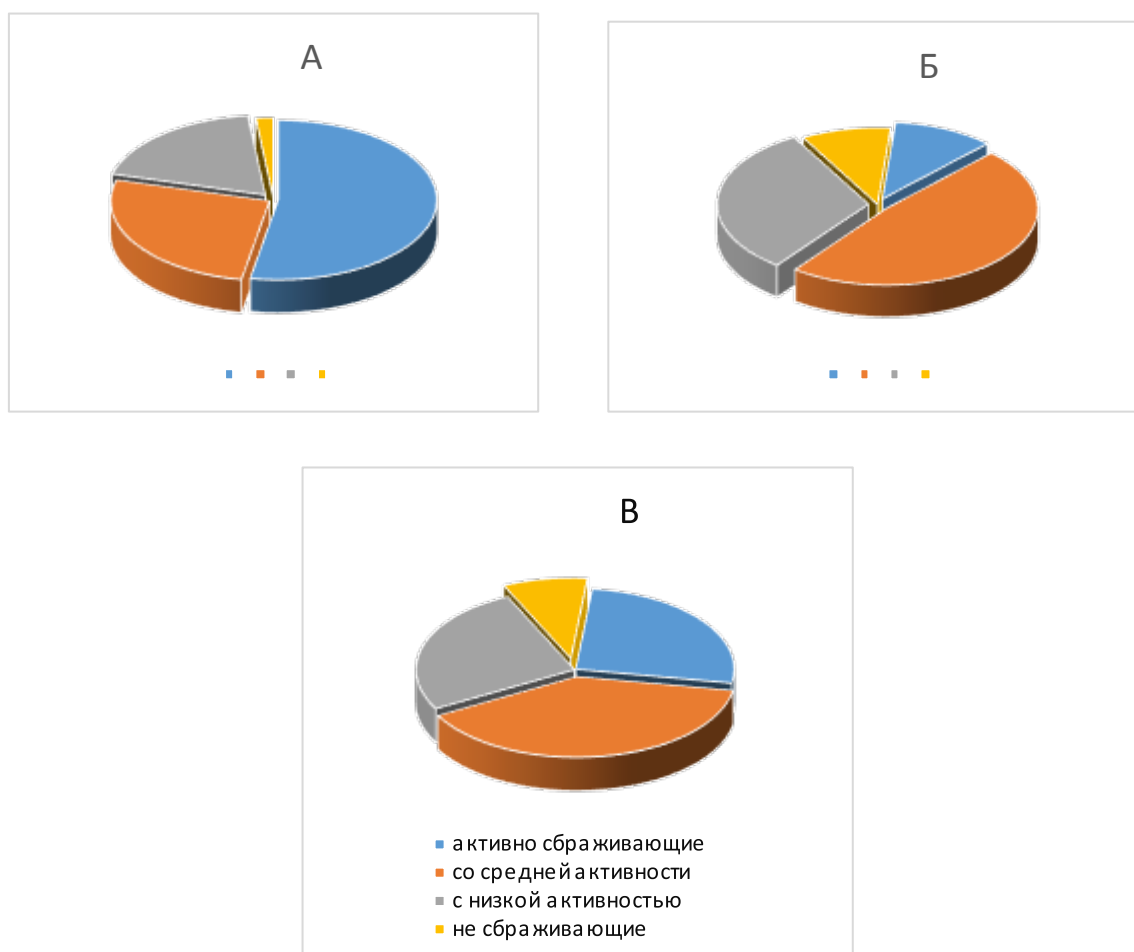


Рисунок 1 – Гетерогенность популяции дрожжей *C. kefir var. kumis 17/1* по способности ферментировать: А – глюкозу; Б – галактозу; В – лактозу; %

Как видно из 1-рисунка большинство вариантов (более 50%) активно сбраживают глюкозу. Доля вариантов со средней сбраживающей активностью составила 25,0%, с низкой степенью активности 18,3%, вовсе не сбраживающих глюкозу оказалось минимальное количество – 1,66%. По отношению к галактозе большая часть вариантов проявляет низкую и среднюю сбраживающую активность: их доля составляет соответственно 48,3 и 31,6%. Активная энергичность брожения наблюдается только у 10,83 % вариантов, совершенно не сбраживали галактозу – 9,16%. Аналогичная ситуация отмечена на среде с лактозой: основную часть составляли варианты с категорией низкой и средней активности брожения. Количество активных штаммов составило 20,0% не сбраживающих лактозу 6,6%. Такое разделение послужило предпосылкой к выбору объекта для дальнейшего изуче-

ния функциональной активности дрожжей в условиях дыхания и брожения. Надо полагать, что именно среди представителей активных броодильщиков следует вести поиск культур для использования в броидильной промышленности, и наоборот, активно размножающиеся, дышащие за счет углеродного субстрата дрожжи, представляют интерес в производствах, основанных на получении биомассы. В результате скрининга было отобрано 10 наиболее активных вариантов, сбраживающих как глюкозу, так лактозу и галактозу. Из них для дальнейших исследований выбрана клоновая культура *C. kefir var. kumis 17/1*, которая при многократных пересевах сохраняла стабильность морфологических и физиологических признаков (по ферментативной активности к вышеуказанным сахарам).

Микроскопическая картина культуры *C. Kefyr var. kumis 17/1* в жидкой среде после 3-х дней

при 37°C представлена клетками от округлой до цилиндрической формы размерами (2,5-8,3) x (4,1-14,3) мкм, размножающиеся почкованием: почки образуются на узком основании клетки, спор не образуют. Встречаются одиночные клетки, парами или короткими цепочками. На глюкозо-пептонной среде культура дает обильный хлопьевидный осадок, формирует слабое пристеночное кольцо, пленку не образует. На лактозо-пептонной среде через сутки при температуре 37°C штрих культуры матового или светло-кремового цвета, гладкий, блестящий, край ровный. Характер формирования гигантских колоний изучали на плотной питательной среде после 2-х недельного роста культур. Гигантские

колонии диаметром 30-40 мм, плоские, стелющиеся, с влажным блеском, слегка волнистым краем, светло-кремового или бежевого цвета. На поверхности имеются редкие крупные и мелкие складки, с центра до края колонии утолщены сегментом, присутствуют сектора, заметна легкая радиально-концентрическая исчерченность.

Физиолого-биохимические свойства исследуемой культуры в сравнении с уже имеющимися данными, полученными в разное время, начиная с выделения и идентификации до настоящего времени [14; 20, 21], а также в сопоставлении с новым названием данного вида согласно последним определителям [7] представлены в 1-таблице.

Таблица 1 – Основные физиолого-биохимические свойства *Candida kefyr var.kumis* 17/1 в сопоставлении с другими данными

Культуры	Рост при 37°C	макс. t°C	макс. конц. NaCl %	Сбраживают						Ассимилируют											
				глюкоза	галактоза	лактоза	сахароза	мальтоза	раффиноза	трегалоза	глюкоза	галактоза	лактоза	мальтоза	раффиноза	ксилоза	трегалоза	маннит	сахароза	целлюлоза	нитрат калия
<i>Torulosis kefyr var Kumis17*</i>	+	45	7-8	+	+	+	+	+	±	x	+	±	+	x				+	x	±	
<i>Torulopsis kefyr var.kumis 17**</i>	+	42	7-8	+	+	+	+	-	±	x	+	+	+	+	+	x		+	x	-	
<i>Kl.marxianus***</i>	+	x	x	+	+	+	+	-	-	-	x	+	+	-	+	+	-	x	+	+	-
<i>Candida kefyr var.kumis 17/1****</i>	+	45	10	+	+	+	+	±	±	-	+	+	+	±	+	+	±	+	±	+	+

Представляет интерес имеющиеся в литературе [22] сведения о том, что обычно дрожжам, ферментирующим лактозу, несвойственно ферментировать мальтозу. По нашим наблюдениям исследуемые культуры способны ферментировать мальтозу после их длительного выращивания на сусло-агаре, однако, при этом теряется способность к росту на среде с лактозой. В результате частых пересевов на лактозо-пептонную среду удается вновь восстановить ранее утраченную способность культуры к ферментации лактозы, но способность сбраживать мальтозу ослабевает, а затем и вовсе исчезает. В литературе [23] отмечено, что мальтозосодержащая среда способствует возникновению у дрожжей изменений ферментационных и ассимиляционных свойств.

Ассимиляция целлюлозы, по современной номенклатуре, является одним из таксономиче-

ских признаков дрожжей вида *Kl. marxianus var. marxianus* и *Kl. marxianus var. lactis*. В связи с отсутствием такой информации о наших объектах, нами была изучена их способность к усваиванию целлюлозы на жидкой питательной среде. Жидкую питательную среду наливали тонким слоем в колбу и вкладывали в нее сложенный складками стерильный фильтр. Двухсуточный посевной материал вносили в концентрации 3-5x10⁶ клеток и культивировали в течение 7 суток на качалке. В результате было выяснено, что культура *C. kefyr var. kumis* 17/1 на жидкой среде обладает целлюлолитическими свойствами, формируя при этом колонии непосредственно на бумаге. Вероятно, ферменты дрожжей, гидролизующие целлюлозу, не выделяются в культурную жидкость, а синтезируются на клеточной стенке, обуславливая при этом поверхностный контакт дрожжей с целлюлозой.

В литературе [17] выделяют группу нитратположительных и нитратотрицательных видов *Candida*. Большую часть дрожжей этого рода составляют сбраживающие нитратотрицательные виды, кроме того, отсутствуют данные в отношении сбраживания лактозы нитратположительными группами. В данном случае, исследуемая культура является одновременно нитратположительной и сбраживающей углеводы, в частности, лактозу.

В изначально опубликованных данных [19] отсутствовали сведения об отношении *C. kefir var. kumis* 17 к высокому содержанию в среде сахара (осмочувствительность). Нами был отмечен рост на среде с содержанием 50% глюкозы. Кроме того, исследуемая культура устойчива к повышенной концентрации поваренной соли. При 1-9 % наблюдается довольно хороший рост, при 10% – рост умеренный, а при 11-15% – полностью прекращается. По данным литературы [24], толерантность к повышенным концентрациям соли и сахара является одним из физиологических особенностей культур лактозных дрожжей. На наш взгляд, противоречивых результатов между предыдущим описанием вида и свойствами культуры, исследуемой после длительного хранения, не выявлено.

Таким образом, изученная культура по большинству морфолого-культуральных и физиолого-биохимических признаков оказалась близ-

ка к описанию *Kluyveromyces marxianus var. marxianus* [26]. Отрицательные результаты по обнаружению полового процесса позволили отнести исследуемую культуру к анаморфе данного вида дрожжей – к *Candida kefir*, а некоторые особенности, характерные для объекта (ассимиляция нитрата калия и мальтозы, протеолитическая активность) позволяют рассматривать ее как разновидность данного вида, вероятно, являющейся локальной географической популяцией. В жидкой питательной среде после 3-х дней роста при 37°C клетки *C. sphaerica* KM95 имеют размеры (2,0-8,3) x (4,1-12,4) мкм, почкуются, спор не образуют. Штрих культуры матового цвета, гладкий, блестящий, края ровные. Гигантские колонии диаметром 20-25 мм, круглые, края слегка волнистые, поверхность гладкая, блестит, слабовыпуклые, еле заметные сектора, центр колонии темнее, чем периферия. Сопоставление наших результатов, с ранее полученными данными при идентификации культуры *Torulopsis sphaerica* KM95, не выявило кардинальных различий. Однако на картофельной среде в анаэробных условиях иногда отмечается ложномицелиальный рост. Согласно представлениям последней систематики дрожжей [9], по изученным морфолого-культуральным и физиологическим признакам, дрожжи *Candida sphaerica* KM95 являются анаморфой *Kl. marxianus var. lactis* (таблица 2).

Таблица 2 – Сопоставление основных физиолого-биохимических признаков дрожжей *Candida sphaerica* и *Kluyveromyces marxianus var. lactis*

Культура	рост при 37°C	макс. t°C	макс. конц NaCl%	глюкоза	галактоза	лактоза	сахароза	мальтоза	раффиноза	трегалоза	глюкоза	галактоза	лактоза	мальтоза	раффиноза	сахароза	целлюлоза	Нитрат калия
<i>Torulopsis sphaerica</i> KM 95*	+	42	5-7	+	+	+	+	-	±	x	+	+	+	+	+	+	x	-
<i>Candida spgaerica</i> KM95	+	42	8-9	+	+	+	+	±	±	-	+	+	+	±	±	+	-	±
<i>Candida sphaerica</i> 1M	+	40	12	+	+	+	+	±	±	-	+	+	+	±	+	+	-	±
<i>Candida sphaerica</i> 3M	+	40	10	+	+	+	+	±	±	-	+	+	+	±	+	+	-	±
<i>Kl.marxianus var. lactis</i> **	±	x		+	+	+	±	±	±	x		+	+	±	±	+	+	-

Известно, что своеобразной нишей для лактозосбраживающих дрожжей являются кисломолочные продукты смешанного брожения. В Казахстане весьма популярны продукты из верблюжьего молока, которые являются результатом молочнокислого и спиртового брожения. В течение ряда лет изучалась дрожжевая флора этих продуктов. В результате из национального напитка шубата были получены изоляты лактозосбраживающих дрожжей [26].

В поисках культур, интенсивно сбраживающих лактозу, было испытано 25 штаммов дрожжей, выделенных из шубата и отнесенных к роду *Candida*. В результате сравнительного изучения ферментативной активности, путем исследования способности разных штаммов сбраживать лактозу в трубках Дунбара, выявлены наиболее активные из них – *C. sphaerica* 1М и *C. sphaerica* 3М. В жидкой среде они образуют клетки от сферической до овальной формы, размерами (2,08 – 4,16) x (4,16 – 6,24) мкм и (2,6 – 4,1) x (3,3 – 6,0) мкм соответственно. Формируют осадок, пристеночное кольцо. Размножаются почкованием, спор не образуют. Штрих культуры матовый, гладкий, блестящий, край ровный. Колонии круглые с ровными краями, гладкие, слабовыпуклые, светло-бежевого цвета.

Музейные культуры и отобранные новые штаммы дрожжей поддерживались периодическим культивированием на лактозосодержащей среде с целью дальнейшего изучения их морфофизиологических особенностей. Исследуемые

культуры лактозосбраживающих отличаются по морфологическим и физиолого-биохимическим свойствам. Культура *C. kefir var. kumis 17/1* выделяется способностью усваивать целлюлозу, является нитратположительной и проявляет фенотипическую двойственность

Заключение

В результате отмечено, что культура *Candida sphaerica KM95* не проявляет естественную изменчивость, которая выражалась бы в макроморфологической гетерогенности популяции: почти все колонии имели аналогичные характеристики. У культуры *Candida kefir var. kumis 17* при расसेве на плотную среду наблюдается заметная вариабельность по ряду морфологических признаков. Так, популяционный состав представлен несколькими типами колоний, отличающихся друг от друга по размеру, цвету, форме, структуре и т.п. В поисках культур, интенсивно сбраживающих лактозу, было испытано 25 штаммов дрожжей, выделенных из шубата и отнесенных к роду *Candida*. В результате сравнительного изучения ферментативной активности, путем исследования способности разных штаммов сбраживать лактозу, выявлены наиболее активные из них – *C. sphaerica* 1М и *C. sphaerica* 3М. По нашим наблюдениям исследуемые культуры способны ферментировать мальтозу после их длительного выращивания на сусло-агаре, однако, при этом теряется способность к росту на среде с лактозой.

Литература

1. Park, S.W., Kang, B.H., Lee, H.M. *et al.* Efficient brazzein production in yeast (*Kluyveromyces lactis*) using a chemically defined medium // *Bioprocess Biosyst Eng* 44, 2021. – P. 913–925. <https://doi.org/10.1007/s00449-020-02499-y>
2. Бекенова Н.Е., Дауылбай С.С., Бекенова Э.Е., Ануарбекова С.С. Выделение и идентификация дрожжей перспективных для утилизации лактозы // *Успехи современного естествознания*. – 2015. – № 2. – С. 126–131.
3. Наумов Г.И. Полимерные гены ферментации лактозы у дрожжей *Kluyveromyces lactis*: новый локус LAC3 / Г.И. Наумов, Е.С. Наумова // *Доклады Академии Наук*. – 2014. – Т. 455. – №3. – С. 363–365.
4. Golubev, V.I. Electio et characterisation active fermenti lactosum fermentantis / V.I. Golubev, N.V. Golubev // *De Biochemistry et Microbiologia*. – 2004. – Т. 40. – N. III. – S. 332–336.
5. Сухотина Н.Н., Наумова Е.С., Наумов Г.И. Молекулярная гетерогенность молочных – дрожжей *Kluyveromyces marxianus* // *Успехи медицинской микологии*. – М. Национальная академия микологии. 2006. Москва. С. 2122.
6. Francisco Javier Reyes-Sánchez, Jesús Bernardo Pérez-Lerma, Juan Antonio Rojas-Contreras, Javier López-Miranda, Nicolás Óscar Soto-Cruz, Manuel Reinhart-Kirchmayr. Study of the Enzymatic Capacity of *Kluyveromyces marxianus* for the Synthesis of Esters // *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology* (2019) 29 (1-6): 1–9. <https://doi.org/10.1159/000507551>
7. Kurtzman P.C., Fell J.W. The Yeasts, a taxonomic study. – USA: Elsevier Science, Amsterdam, 1998. – 1035 p.
8. Наумов Г.И., Никитина Т.Н., Кондратьева В.И. Реидентификация дрожжей *Zygodonospora lactis* (Dombrowski) G. Naumov из Всесоюзной коллекции микроорганизмов // *Микробиология*. – 1991. – Т. 60, №5. – С. 915–919
9. Odds C., Sackih M.J., Jones Dorothy. Numeral taxonomic analysis of imperfect yeast species in *Candida* and *Torulopsis* по basis for generic separation // *J. Gen. Microbiol.* – 1990. – Vol.136, №4. – P. 761–765.
10. Kurtzman C.P. Systematics and taxonomy of yeasts // In Ernst, J.F., Schmidt A. (eds.): *Microbiol. Basel*. Karger. 2000. V.5. P.1–14. P. 35–56.

11. Kreger-van-Rij N. I.W. The Yeasts, a taxonomic study. – Groningen, The Netherlands.: Elsevier. Amsterdam, 1984. – 1052 p.
12. Наумов Г.И. Идентификация видов дрожжей рода *Zyqfabospora*. kudriavzev emened G. Naumov //Микробиология. – 1988. – Т.57, №1. – С 114-118.
13. Marin, A. R., Lopez, Y. C., Garcia, A. N., Heredia, J. C. R., & Loria, J. del C. Z. (2017). Potential Production of Ethanol by *Saccharomyces cerevisiae* Immobilized and Coimmobilized with *Zymomonas mobilis*: Alternative for the Reuse of a Waste Organic. InTech. doi: 10.5772/intechopen.69991
14. Kurniawati M, Nurliyani N, Budhijanto W. Isolation and Identification of Lactose-Degrading Yeasts and Characterisation of Their Fermentation-Related Ability to Produce Ethanol / Kurniawati M, Nurliyani N, Budhijanto W. // Fermentation.-2022.- 8(4). S. – 183-185
15. Lyutova L.V, Naumova E.S. Inter-Strain Hybridization of *Kluyveromyces lactis* Yeast for Creating Efficient Lactose-Fermenting Strains / Lyutova L.V, Naumova E.S // *Applied Biochemistry and Microbiology*-2022. 58(8).- S. 332-336.
16. Lertwattanasakul, N., Kosaka, T., Hosoyama, A. et al. Genetic basis of the highly efficient yeast *Kluyveromyces marxianus*: complete genome sequence and transcriptome analyses. *Biotechnol Biofuels* 8, 47 (2015). <https://doi.org/10.1186/s13068-015-0227-x>
17. Бержанова Р., Сартаева А., Мукашева Т., Сагындыков Ю. Изучение разнообразия молочнокислых микроорганизмов, выделенных из шубата различных районов Казахстана// Журнал Биотехнологии.- 2014.С. 82
18. Rakhmanova A., Wang T., Xing G., Xin W., Zhu Q., Lu X. Isolation and identification of microorganisms in Kazakhstan koumiss and their application in preparing cow-milk koumiss// Journal of Dairy science (2020), Vol. 104, ISSUE 1, P. 151-166. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18527>
19. Шигаева М.Х., Оспанова М.Ш. Микрофлора национальных кисломолочных напитков. – Алма-ата: Наука, 1985. – 152 с.
20. Tang H, Ma H, Hou Q, Li W, Xu H, Liu W, Sun Z, Haobisi H, Menghe B. Profiling of koumiss microbiota and organic acids and their effects on koumiss taste. BMC Microbiol. 2020 Apr 10;20(1):85. doi: 10.1186/s12866-020-01773-z. PMID: 32276583; PMCID: PMC7149844.
21. Концевая, И. И. Микробиология: культивирование и рост бактерий. Практическое руководство для студ. биологич. спец. вузов / И. И. Концевая; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Чернигов: Десна Полиграф, 2017. – 44 с.
22. Domingues L, Guimarães PM, Oliveira C. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for lactose/whey fermentation. Bioeng Bugs. 2010 May-Jun;1(3):164-71. doi: 10.4161/bbug.1.3.10619. Epub 2009 Nov 13. PMID: 21326922; PMCID: PMC3026421.
23. Бабьева, И.П. Биология дрожжей / И.П. Бабьева, И.Ю.Чернов. -М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 221 с.
24. Gustavo Graciano Fonseca, Andreas Karoly Gombert, Elmar Heinzle, Christoph Wittmann, Physiology of the yeast *Kluyveromyces marxianus* during batch and chemostat cultures with glucose as the sole carbon source, *FEMS Yeast Research*, Volume 7, Issue 3, May 2007, Pages 422–435, <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2006.00192.x>
25. Шигаева М.Х., Оразаева З. Т., Касымбекова С.К. Уточнение таксономического положения *Torulopsis kefir var. kumis um*. 17 //Вестник КазНУ. сер. биол. – 2002. – №2. – С. 77-80.
26. Шигаева М.Х., Касымбекова С.К., Сартаева А.А. Дрожжевые организмы, выделенные из шубата Алматинской области //Поиск. – 2003. – №3 (2) – С. 26-31.

References

1. Babeva, I.P. (2004) *Biologiya drozhzhej* [Biology of yeast]. М.: Товарищество научных изданий КМК. (In Russian).
2. Bekenova N.E., Dauylbaj S.S., Bekenova E.E., Anuarbekova S.S. (2015) Solitudo et idem promittens fermentations ad lactosum utendo [Isolation and identification of promising yeasts for lactose utilization]. Journal of Uspehi sovremennogo estestvoznaniya, no. 2, pp. 126-131. (In Russian).
3. Berzhanova R., Sartaeva A.A, Mukasheva T., Sagyndykov U. (2014) The studying of diversity of lactic microorganisms isolated from shubat of various areas of Kazakhstan [Study of the diversity of lactic acid microorganisms isolated from shubat from different regions of Kazakhstan]. Journal of Biotechnology, p.82. (In Russian).
4. Domingues L, Guimarães PM, Oliveira C. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for lactose/whey fermentation. Bioeng Bugs. 2010 May-Jun;1(3):164-71. doi: 10.4161/bbug.1.3.10619. Epub 2009 Nov 13. PMID: 21326922; PMCID: PMC3026421.
5. Francisco Javier Reyes-Sánchez, Jesús Bernardo Páez-Lerma, Juan Antonio Rojas-Contreras, Javier López-Miranda, Nicolás Óscar Soto-Cruz, Manuel Reinhart-Kirchmayr. Study of the Enzymatic Capacity of *Kluyveromyces marxianus* for the Synthesis of Esters // *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology* (2019) 29 (1-6): 1–9. <https://doi.org/10.1159/000507551>
6. Golubev, V.I. Electio et characterisation active fermenti lactosum fermentantis / V.I. Golubev, N.V. Golubev // De Biochemistry et Microbiologia. – 2004. – Т. 40. – N. III. – S. 332-336.
7. Gustavo Graciano Fonseca, Andreas Karoly Gombert, Elmar Heinzle, Christoph Wittmann, Physiology of the yeast *Kluyveromyces marxianus* during batch and chemostat cultures with glucose as the sole carbon source, *FEMS Yeast Research*, Volume 7, Issue 3, May 2007, Pages 422–435, <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2006.00192.x>

8. Koncevaya I.I. (2017) Mikrobiologiya: kultivirovanie i rost bakterij [Microbiology: cultivation and growth of bacteria] Prakticheskoe rukovodstvo dlya stud. biologich. spec. vuzov / – Chernigov: Desna Poligraf, 44 p. (In Russian).
9. Kreger-van-Rij N. I.W. The Yeasts, a taxonomic study. – Groningen, The Netherlands.: Elsevier. Amsterdam, 1984. -1052 p.
10. Kurniawati M, Nurliyani N, Budhijanto W. Isolation and Identification of Lactose-Degrading Yeasts and Characterisation of Their Fermentation-Related Ability to Produce Ethanol / Kurniawati M, Nurliyani N, Budhijanto W. // Fermentation.-2022.- 8(4). S. – 183-185
11. Kurtzman C.P. Systematics and taxonomy of yeasts // In Ernst, J.F., Schmidt A. (eds.): Microbiol. Basel. Karger. 2000. V. 5. P.1-14. P. 35-56.
12. Kurtzman P.C., Fell J.W. The Yeasts, a taxonomic study. – USA: Elsevier Science, Amsterdam, 1998. – 1035 p.
13. Lertwattanasakul, N., Kosaka, T., Hosoyama, A. *et al.* Genetic basis of the highly efficient yeast *Kluyveromyces marxianus*: complete genome sequence and transcriptome analyses. *Biotechnol Biofuels* **8**, 47 (2015). <https://doi.org/10.1186/s13068-015-0227-x>
14. Lyutova L.V, Naumova E.S. Inter-Strain Hybridization of *Kluyveromyces lactis* Yeast for Creating Efficient Lactose-Fermenting Strains / Lyutova L.V, Naumova E.S // *Applied Biochemistry and Microbiology*-2022. 58(8).- S. 332-336.
15. Marin, A. R., Lopez, Y. C., Garcia, A. N., Heredia, J. C. R., & Loria, J. del C. Z. (2017). Potential Production of Ethanol by *Saccharomyces cerevisiae* Immobilized and Coimmobilized with *Zymomonas mobilis*: Alternative for the Reuse of a Waste Organic. InTech. doi: 10.5772/intechopen.69991
16. Naumov G.I. (1988) Identifikaciya vidov drozhzhej roda *Zygofabospora* [Identification of yeast species of the genus *Zygofabospora*]. *Journal of Microbiology*, vol.57, no. 1, pp. 114-118. (In Russian).
17. Naumov G.I. (2014) Polimernye geny fermentacii laktozy u drozhzhej *Kluyveromyces lactis*: novyj lokus LAC3 [Polymer genes for lactose fermentation in the yeast *Kluyveromyces lactis*: a new LAC3 locus]. *Journal of Reports of the Academy of Sciences*, vol. 455, no. 3, pp. 363–365. (In Russian).
18. Naumov G.I., Nikitina T.N., Kondrateva V.I. (1991) Reidentifikaciya drozhzhej *Zygofabospora lactis* [Re-identification of the yeast *Zygofabospora lactis*]. *Mikrobiologiya*, vol. 60, no 5, pp. 915-919. (In Russian).
19. Odds C., Sackih M.J., Jones Dorothy. Numeral taxonomic analysis of imperfect yeast species in *Candida* and *Torulopsis* no basis for generic separation // *J. Gen. Microbiol.* – 1990. – Vol.136, №4. – P. 761-765.
20. Park, SW., Kang, BH., Lee, HM. *et al.* Efficient brazzein production in yeast (*Kluyveromyces lactis*) using a chemically defined medium. *Bioprocess Biosyst Eng* **44**, 913–925 (2021). <https://doi.org/10.1007/s00449-020-02499-y>
21. Rakhmanova A., Wang T., Xing G., Xin W., Zhu Q., Lu X. Izolation and identification of microorganisms in Kazakhstan koumiss and their application in preparing cow-milk koumiss// *Journal of Dairy science* (2020), Vol. 104, ISSUE 1, P. 151-166. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18527>
22. Shigaeva M.H., Ospanova M.Sh. (1985) Mikroflora nacionalnyh kislomolochnyh napitkov [Microflora of national fermented milk drinks]. *Alma-ata: Nauka*, 152 p. (In Russian).
23. Shigaeva M.H., Orazaeva Z. T., Kasymbekova S.K. (2002) Utochnenie taksonomicheskogo polozheniya *Torulopsis kefir* var. kumis sht. 17 [Clarification of the taxonomic position of *Torulopsis kefir* var. kumis pcs. 17], *Bulletin of KazNU. Journal of Biological sciences*, no. 2, pp. 77-80. (In Russian).
24. Shigaeva M.H., Kasymbekova S.K., Sartava A.A. (2003) Drozhzhevye organizmy, vydelennye iz shubata Almatinskoy oblasti [Yeast organisms isolated from shubat in Almaty region], *Poisk*, no. 3 (2), pp. 26-31. (In Russian).
25. Suhotina N.N., Naumova E.S., Naumov G.I. Molekulyarnaya geterogenost molochnyh – drozhzhej *Kluyveromyces marxianus* [Molecular heterogeneity of dairy yeast *Kluyveromyces marxianus*] // *Uspehi medicinskoj mikologii.* – M. Nacionalnaya akademiya mikologii. 2006. Moskva. S. 2122-(In Russian).
26. Tang H, Ma H, Hou Q, Li W, Xu H, Liu W, Sun Z, Haobisi H, Menghe B. Profiling of koumiss microbiota and organic acids and their effects on koumiss taste. *BMC Microbiol.* 2020 Apr 10;20(1):85. doi: 10.1186/s12866-020-01773-z. PMID: 32276583; PMCID: PMC7149844.

Information about authors:

Sartayeva Akmaral Altynbekovna – Candidate of Biological Sciences, associate professor of Kazakh National Women’s Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: akmaral6671@gmail.com)

Orazaeva Zuxra Tursynovna Оразаева Зухра Турсыновна – Candidate of Biological Sciences, associate professor of, Kazakh National Women’s Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: zuxhra-05@mail.ru)

Imanova Elmira Myrzabekovna – Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of Kazakh National Women’s Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: imanovaelmira@gmail.com)

Кырбасова Эльзира Артыкбаевна (corresponding author) – PhD, u.o. accou. profeccora, Kazakh National Women’s Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: e.kyrbasova@gmail.com)

Parmanbekova Meruyert – Candidate of Biological Sciences, associate professor of Kazakh National Women’s Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: mparmanbekova@gmail.com)

Berzhanova Ramza Zhainabekovna Бержанова Рамза Жаинабековна – Candidate of Biological Sciences, associate professor of Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: Ramza05@mail.ru)

Baitasheva Gaukhar Umiraliyevna – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Institute of Natural Sciences of Kazakh National Women’s Teacher Training University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: gauhar75e@mail.ru)

Сведения об авторах:

Сартаева Акмарал Алтынбековна – кандидат биологических наук, ассоц. профессор Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: akmaral6671@gmail.com)

Оразаева Зухра Турсыновна – кандидат биологических наук, ассоц. профессор Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: zukhra-05@mail.ru)

Иманова Эльмира Мырзабековна – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоц. профессор Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: imanovaelmira@gmail.com)

Кырбасова Эльзира Артыкбаевна (корреспондентный автор) – PhD, ассоц. профессор Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: e.kyrbasova@gmail.com)

Парманбекова Меруерт Хамитбековна – кандидат биологических наук, ассоц. профессор Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: mparmanbekova@gmail.com)

Бержанова Рамза Жаинабековна – кандидат биологических наук, доцент Казахского национального Университета им аль-Фараби (Алматы, Казахстан, e-mail: Ramza05@mail.ru)

Байташева Гаухар Умиралиевна – кандидат сельскохозяйственных наук, директор института Естествознания Казахского национального женского педагогического университета (Алматы, Казахстан, e-mail: gauhar75e@mail.ru)

Поступила: 10 января 2024 года

Принята: 20 мая 2024 года

3-бөлім
**МОЛЕКУЛАЛЫҚ
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА**

Section 3
**MOLECULAR
BIOLOGY AND GENETICS**

Раздел 3
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ
БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

N.Zh. Karimov¹ , A.N. Karimov² , V.A. Ulyanov³ ,
T.V. Ulyanova³ , I.S. Beishova^{3*} , T. Zh. Chortonbaev⁴ 

¹Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

²Nazarbayev University, Kazakhstan, Astana

³West Kazakhstan Agrarian-Technical University named after Zhangir Khan, Kazakhstan, Uralsk

⁴Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Seryabin, Kyrgyzstan, Bishkek

*e-mail: indira_bei@mail.ru

SEQUENCING OF CANDIDATE GENES ASSOCIATED WITH VALUABLE AGRICULTURAL TRAITS IN SHEEP OF KAZAKH SELECTION

This study concentrates on the sequencing of candidate genes linked to desirable agricultural qualities in Kazakh selection sheep, a region of considerable significance in improving sheep breeding and agricultural practices. The main goal is to examine genetic markers that impact important characteristics like as meat and wool quality, which are vital for the financial sustainability of sheep farming. The study focuses on certain candidate genes, namely MSTN, CAST, FAT1, and FZD3, which have been identified for their potential influence on agricultural features, using modern genetic sequencing techniques. The process entails the sequencing of specific sections of the genome and conducting a thorough examination of these genes to detect changes and their associations with desirable agricultural characteristics. The findings unveil significant genetic differences that are directly linked to the qualities of interest. These findings are crucial not only for comprehending the genetic composition of Kazakh sheep but also for their substantial impact on the domain of animal genetics and breeding. This work significantly enhances the current understanding by clarifying the genetic elements that impact important agricultural characteristics in sheep. Moreover, the discovery holds practical importance due to its potential applicability in selective breeding schemes. Through utilizing the knowledge acquired from genetic analysis, breeders can devise more effective and focused breeding tactics, ultimately resulting in enhanced agricultural output and quality in sheep farming. Consequently, this research shows great potential for progressing the field of animal genetics and enhancing the economic viability of sheep farming in Kazakhstan and other regions.

Key words: sequencing, candidate genes, valuable traits, sheep.

Н.Ж. Каримов¹, А.Н. Каримов², В.А. Ульянов³,
Т.В. Ульянова³, И.С. Бейшова^{3*}, Т.Дж. Чортонбаев⁴

¹Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

²Назарбаев Университеті, Қазақстан, Астана қ.

³Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Қазақстан, Орал қ.

⁴К.И. Скрябин атындағы Қырғыз ұлттық аграрлық университеті, Қырғызстан, Бішкек қ.

*e-mail: indira_bei@mail.ru

Қазақ қой саласында бағалы ауылшаруашылық сипаттарымен байланысты кандидат гендерінің тізілімі

Бұл зерттеу қой шаруашылығы мен ауылшаруашылық тәжірибесін жақсарту үшін маңызды аймақ болып табылатын қазақ тұқымды қойлардағы қалаулы ауылшаруашылық белгілерімен байланысты кандидат гендерін секвенирлеуге бағытталған. Негізгі мақсат – қой шаруашылығының қаржылық тұрақтылығы үшін маңызды ет пен жүн сапасы сияқты маңызды белгілерге әсер ететін генетикалық маркерлерді зерттеу. Зерттеу қазіргі заманғы генетикалық секвенирлеу әдістерін қолдана отырып, ауылшаруашылық белгілеріне әлеуетті әсерлері үшін анықталған MSTN, CAST, FAT1 және FZD3 сияқты нақты кандидат гендерге назар аударды. Бұл процесс геномның белгілі бір аймақтарын секвенирлеуді және өзгерістерді және олардың қажетті ауылшаруашылық сипаттамаларына қатынасын анықтау үшін осы гендердің егжей-тегжейлі зерттеулерін жүргізуді қамтиды. Нәтижелер қызығушылық белгілеріне тікелей байланысты маңызды генетикалық айырмашылықтарды көрсетеді. Бұл нәтижелер қазақ қойларының генетикалық құрамын түсіну үшін ғана емес, сонымен қатар олардың генетика мен мал шаруашылығы саласына айтарлықтай

әсер етуімен де маңызды. Бұл жұмыс қойдың маңызды ауылшаруашылық сипаттамаларына әсер ететін генетикалық элементтерді нақтылау арқылы қазіргі түсінікті айтарлықтай кеңейтеді. Сонымен қатар, ашылу оның асыл тұқымды схемаларда әлеуетті қолданылуына байланысты практикалық әсерге ие. Генетикалық талдаудан алынған білімді пайдалана отырып, селекционерлер анағұрлым тиімді және мақсатты асылдандыру тактикасын жасай алады, бұл сайып келгенде, ауыл шаруашылығы өнімі мен қой өнімінің сапасын арттыруға әкеледі. Сондықтан бұл зерттеу жануарлар генетикасы саласын ілгерілету және Қазақстандағы және басқа аймақтардағы қой шаруашылығының экономикалық тиімділігін арттырудың үлкен әлеуетін көрсетеді.

Түйін сөздер: секвенирлеу, кандидат гендер, құнды белгілер, қойлар.

Н.Ж. Каримов¹, А.Н. Каримов², В.А. Ульянов³,
Т.В. Ульянова³, И.С. Бейшова^{3*}, Т.Дж. Чортонбаев⁴

¹Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

²Назарбаев Университет, Казахстан, г. Астана

³Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Казахстан, г. Уральск

⁴Киргизский национальный аграрный университет имени К.И. Скрябина, Кыргызстан, г. Бишкек

*e-mail: indira_bei@mail.ru

Секвенирование генов-кандидатов, ассоциированных с ценными сельскохозяйственными признаками у овец казахской селекции

Настоящее исследование сосредоточено на секвенировании генов-кандидатов, связанных с желаемыми сельскохозяйственными качествами у овец казахской селекции, региона, имеющего большое значение для улучшения овцеводства и методов ведения сельского хозяйства. Основная цель — изучить генетические маркеры, которые влияют на важные характеристики, такие как качество мяса и шерсти, которые имеют жизненно важное значение для финансовой устойчивости овцеводства. Исследование сосредоточено на определенных генах-кандидатах, а именно MSTN, CAST, FAT1 и FZD3, которые были идентифицированы по их потенциальному влиянию на сельскохозяйственные характеристики с использованием современных методов генетического секвенирования. Этот процесс включает в себя секвенирование определенных участков генома и проведение тщательного изучения этих генов для выявления изменений и их связи с желаемыми сельскохозяйственными характеристиками. Результаты раскрывают значительные генетические различия, которые напрямую связаны с интересующими качествами. Эти результаты имеют решающее значение не только для понимания генетического состава казахских овец, но и из-за их существенного влияния на область генетики и селекции животных. Эта работа значительно расширяет нынешнее понимание, уточняя генетические элементы, которые влияют на важные сельскохозяйственные характеристики овец. Более того, открытие имеет практическое значение из-за его потенциального применения в схемах селекции. Используя знания, полученные в результате генетического анализа, селекционеры могут разработать более эффективную и целенаправленную тактику разведения, что в конечном итоге приведет к увеличению сельскохозяйственной продукции и качества овцеводства. Следовательно, это исследование показывает большой потенциал для развития области генетики животных и повышения экономической рентабельности овцеводства в Казахстане и других регионах.

Ключевые слова: секвенирование, гены-кандидаты, ценные признаки, овцы.

Introduction

Sheep farming is one of the most important areas of animal husbandry, as sheep are valuable sources of meat, wool, leather, and milk. In recent years, researchers around the world have been actively studying the genetic characteristics of sheep to improve their agricultural characteristics, such as disease resistance, wool quality, body weight, and meat yield [1, 2].

One approach to identifying genetic markers associated with desirable agricultural traits in sheep is to use candidate genes. Candidate genes are genes that are thought to play a role in the development of

certain traits based on their function or location in the genome [3-8].

In this article, we investigated candidate genes associated with valuable agricultural traits in sheep and their connection to these traits. The use of genetic markers in sheep breeding is an important tool for improving the agricultural characteristics of the herd. They can help increase productivity, endurance, adaptation to various environmental conditions, improve product quality, and reduce herd maintenance costs. As part of the study, we analyzed the genes MSTN, CAST, FAT1, and FZD3, which are known for their influence on muscle growth and development, wool quality, and adipose tissue in sheep.

The MSTN gene, also known as the myostatin gene, is a genome that plays an important role in regulating muscle growth and development. Specifically, the MSTN gene produces a protein called myostatin, which is a negative regulator of muscle mass. Mutations in the MSTN gene in sheep can lead to increased muscle mass and improved meat quality, making it an important target for cattle breeding programs [9-12].

The CAST gene is pivotal in encoding calpastatin, a protein calpastatin, which is a specific inhibitor of the protease calpain. Calpastatin plays an important role in regulating the activity of calpain in cells, which is important for a wide range of physiological processes, including muscle growth, protein development and metabolism. Studies have shown that changes in the CAST gene can affect the tenderness of meat, which is a highly desirable property in the meat industry [13].

The gene FAT1 in sheep encodes the protein FAT1, which is a member of the cadherin family of cell adhesion molecules. FAT1 is involved in several cellular processes, including cell polarity, migration, and tissue development [14-16].

The gene FZD3 in sheep encodes the protein Frizzled-3, which is a receptor for the Wnt signaling pathway. The Wnt signaling pathway plays an important role in regulating various developmental processes, including cell proliferation, differentiation, and tissue morphogenesis. Variations in the FZD3 gene are associated with differences in wool fiber diameter, fiber strength, and frequency of waves in sheep wool [17, 18].

To summarize, the continuous investigation into genetic markers for sheep breeding is of utmost significance. The technology has the capacity to revolutionize sheep farming by increasing productivity, enhancing disease resistance, facilitating adaptation to environmental changes,

and promoting sustainable and ethical breeding techniques. This research is essential for satisfying the increasing worldwide need for sheep products and also serves a critical function in conserving genetic variety and enhancing the economic sustainability of sheep farming. Therefore, it signifies a crucial domain of concentration in the field of agricultural genetics and animal management.

Materials and Methods

In order to determine the nucleotide sequence of the genome and the associated agricultural traits, partial genome sequencing was performed on an ABI PRISM 310 instrument (Applied Biosystems) using the BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Thermo Fisher Scientific) reagent set. Prior to sequencing, target DNA was amplified using specific primers, the information of which is presented in Table 1. The following components were required for the amplification reaction: 300 ng of target DNA, 3.2 pM of primer, 0.75X sequencing buffer, 0.25X terminator, and volume adjustment to 10 µl with deionized water. A program compatible with the ABI PRISM 310 genetic analyzer protocol was used for sequencing.

The amplification program consisted of the following steps: 1. Initial denaturation, 5 min – 94°C; 2. Cycling. 35 cycles: a) denaturation, 1 min – 94°C; b) primer annealing, 1 min – 62°C; c) elongation, 1 min – 72°C.

To remove residual nucleotides, a mixture of nucleic acids was amplified and then treated with 75% alcohol. To do this, 50 µl of 75% alcohol was added to 10 µl of the mixture, and then incubated at room temperature in a dark place for 15 minutes. The mixture was then centrifuged for 15 minutes at 14,000 rpm in an Eppendorf 5427R centrifuge to precipitate the solution.

Table 1 – Primers used in work

For gene MSTN	Forward 5'-GAAACGGTCATTACCATGC-3' Reverse 5'-CATTTGGTTGCCTGAAATATG-3'.
For gene CAST	Forward 5'- TGGGGCCCAATGACGCCATCGATG-3' Reverse 5'- GGTGGAGCAGCACTTCTGATCACC-3'.

For gene FAT1 (2 pairs of primers)	1) FAT1-1 Forward 5'- GGAAAAAATACTAACGCTGAAGCACGA-3' Reverse 5'- GAGACGGTAGTTATCTGCTCCCCGA-3'. 2) FAT1-2 Forward 5'- GCGTCGGGGAGCAGATAACTAC-3' Reverse 5'- TTCAGGTTCTCTGGTTCCATAC-3'.
For gene FZD3 (2 pairs of primers)	1) FZD3-1 Forward 5'- TGGCTGTGAGTAGGATCGTC-3' Reverse 5'- ATTGCTAAAGCTGCCGTCTG-3'. 2) FZD3-2 Forward 5'- GATCCGGATTGGTGTTTTTCAGCAT-3' Reverse 5'- AGAACAAGGTTCCCTTACCTGATA-3'.

After successful precipitation, the precipitate was left at room temperature on a chemical table to dry. The precipitate was then dissolved in 10 µl of formamide, and denaturation of the deoxyribonucleic acid was carried out for 4 minutes at a temperature of 96°C. After denaturation, the tube containing the standard was left in ice for 3 minutes. The resulting DNA was then loaded onto sequencing strips and transferred to the genetic analyzer [19].

The analysis of nucleotide sequences was carried out using the Sequencing analysis 5.2 program and DNAMAN. The specificity of the nucleotide sequences was determined using the Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) program. The obtained sequences were then analyzed by alignment using the Clustal Omega program [20].

Results and Discussion

Partial targeted sequencing of candidate genes associated with meat and wool productivity, mentioned in previously published sources [14, 21, 22], was conducted. SNP analysis was performed for genes MSTN, CAST, FAT1, and FZD3. For the MSTN gene, PCR amplification targeting the first intron was performed. The aim of the analysis was to identify two SNPs located at positions 18 (rs119102825) and 241 (rs119102826). The positions of single nucleotide polymorphisms were indicated with respect to the site and nucleotide position of the transcript of the gene (ISGC Oar_v3.1/oviAri3).

These polymorphisms are associated with such indicators as birth weight and average daily weight gain [21]. The genetic variations of the MSTN gene show differences in genotype among species and families. The GG genotype for rs119102825 was found to be common in the genome of all animals of the Edilbay breed. For the Kazak Fine-wool sheep and Akzhayik breeds, it corresponds to the TT genotype. The polymorphisms between the T and G alleles were observed in the Saryarka and Kazakh semi-coarse wool sheep, while the SNP rs119102826 showed the same genotype for all breeds. The T allele was observed for the Edilbay, Saryarka, and Kazakh semi-coarse wool sheep breeds, while the Kazak Fine-wool sheep and Akzhayik breeds corresponded to the CC genotype.

The MSTN gene functions as a growth factor in cells and also participates in the process of differentiation [23, 24, 25]. The gene is a non-coding regulator of skeletal muscle growth. The association of the gene with meat productivity is not only characteristic of sheep, but also of other animals [26].

Genetic polymorphisms in the myostatin (MSTN) gene associated with increased muscling and growth have been detected in the Madras Red, Mecheri, and Texel sheep breeds using PCR-RFLP analysis in a prior study. The MSTN gene serves as a suppressive regulator for muscle development. Consequently, the rate of muscle growth in sheep is multiplied by two when the function of MSTN is compromised [27, 28].

The obtained data for rs119102825 indicate a connection between genotype and increased meat productivity, specifically with higher birth weight. These findings are supported by associations reported by other authors [22]. Only the GG genotype in this locus is significantly associated with increased birth

weight. The SNP probability at this position for the Saryarkabreed may be explained by its greater age and higher intensity of breeding compared to other animals. The distribution of different genotypes for MSTN and CAST genes among breeds is shown in Table 2.

Table 2 – Percentage of occurrence of different genotypes for the MSTN and CAST genes among sheep breeds

Gene	Position of SNP in the gene	SNP	Percentage of occurrence of genotypes in the breed, %				
			Kazakh semi-coarse wool sheep	Akzhayik	Saryarka	Edilbay	Kazak Fine-wool sheep
MSTN	18	GG	18,9	0,8	11,9	98,2	0,0
		TG	81,1	5,5	81,2	1,0	8,8
		TT	0,0	93,7	6,9	0,8	91,2
	241	TT	95,2	4,1	89,3	92,1	6,2
		TC	0,0	0,3	0,0	0,0	0,6
		CC	4,8	95,6	10,7	7,9	93,2
CAST	383	GG	99,8	100,0	99,3	98,7	99,5
		GA	0,2	0,0	0,7	1,3	0,5
		AA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

The TT genotype for the SNP rs119102826 is also associated with higher average daily weight gain for the breeds Edilbay, Saryarka, and Kazakh semi-coarse wool sheep [22]. These findings are supported by phylogenetic analysis of these breeds. The breeds most closely related to Edilbay are Saryarka and Fat-tailed semi-coarse wool sheep, which also have similar traits, such as high meat productivity and thick or coarse wool.

The CAST gene, which is associated with muscle mass growth and meat taste characteristics, represents another promising genetic mutation [29]. Mutations in the CAST gene are directly related to animal muscle mass growth and, consequently, meat productivity [30, 31]. Genetic comparisons have shown SNP monomorphism for this gene among all studied breeds. Data on the genotyping of the CAST gene is supported by data on the prevalence of GG genotypes in sheep populations around the world [21].

CAST plays an important role in muscle formation, as well as in the processes of degradation and softening of meat after slaughter. It is an inhibitor of calpain proteins, which are responsible for the degradation of myofibrillar proteins. Changes in the nucleotide sequence of the calpastatin protein

are associated with changes in its physicochemical properties, which in turn affect its structure and mechanism of action, including the control of the activity of calcium-dependent sarcoplasmic reticulum channels. This, in turn, affects the activity of calpain proteins. The process of myofibrillar breakdown in animal muscle tissue after slaughter is directly related to the characteristics of the meat [21].

Since wool is an important agricultural product and a vital source of income for sheep farming, research on genetic properties related to wool productivity is an integral part of market-oriented breeding. The value of wool is determined by properties such as the average diameter of the wool fiber and wool durability. When describing wool quality, several genes related to the qualitative characteristics of sheep wool are mentioned. Among them, the genes FAT1 and FZD3 are the most significant. Studies of published works describe a significant difference in wool quality characteristics between different sheep breeds. This difference in the expression of the FAT1 gene can be used as a marker for evaluating the wool characteristics of the breed. The product of the gene expression regulates the morphogenesis, cyclic functioning, and orientation of the hair follicles in sheep by participating in the planar cell

polarity (PCP) signaling pathway through cell adhesions. The PCP signaling pathway controls tissue polarity and cell movement by activating the RHOA signaling cascades, c-Jun N-terminal kinase (JNK), and NLK kinase. This pathway also regulates the function of other tissues, including in humans, by participating in the formation of ciliated epithelial cells [32].

Amplification with subsequent genotyping of gene FAT1 revealed the presence of four polymorphisms in exon 2. Using two pairs of primers allowed obtaining two overlapping sequences with lengths of 1692 bp and 1406 bp. Identified nucleotide polymorphisms are associated with wool productivity in sheep and hair coat type [15]. Thus, according to the results of allele analysis of the first polymorphism in the breed of Kazak Fine-wool sheep, Saryarka and Kazakh semi-fine wool sheep, the genotype GA was found. In the breed of Akzhayik, a homozygous genomic GG is possible, and in the breed of Edilbay – AA.

In addition, SNP in position 218326 is also associated with the diameter of wool fiber [15]. As a result, the genotypes were obtained: TC – for the breed of Kazak Fine-wool sheep and Akzhayik, CC – for the breeds of Edilbay and Kazakh semi-fine wool sheep, and TT – for the breed of Saryarka.

Analysis of the nucleotide of a single polar bear in position 16554 revealed the following genotypes

in populations: AA, corresponding to the Kazak Fine-wool sheep, Akzhayik as well as Saryarka, GA for the Edilbay, and GG, common in the Kazakh semi-coarse wool sheep.

For the SNP in position 16563, the genotypes are as follows: TT for Kazak Fine-wool sheep, Akzhayik and Saryarka, TG for Edilbay sheep, and GG for Kazakh semi-coarse wool sheep.

Analysis of published works on genotyped data suggests an association of SNP (c.16203) GG with higher wooliness in sheep compared to genotype GA. Genotype AA is practically not associated with wooliness. Additionally, analysis of another SNP (c.218326) shows an association not only with wooliness but also with fiber diameter. Genotype TC is characterized by finer wool compared to genotype TT, but greater wooliness compared to genotype CC [15, 33].

The prevalence of different genotypes in the FAT1 and FZD3 genes among sheep breeds is shown in Table 3, 4.

The analysis of polymorphisms at positions 16554 and 16563 demonstrates the following associations: the AA genotype for the SNP at position 16554 is associated with longer hair structure compared to the genotypes GA and GG, while the TT genotype (for the SNP at position 16563) is also associated with longer hair compared to the genotypes TG/GG [15, 33].

Table 3 – Comparison of various genotypes by the FAT1 gene among sheep breeds

Gene	In terms of SNP in the gene	SNP	The percentage of genetic similarities we encounter in the population				
			Kazakh semi-coarse wool sheep	Akzhayik	Saryarka	Edilbay	Kazak Fine-wool sheep
FAT1	16203	GG	7,7	97,3	4,1	2,8	9,7
		GA	89,3	2,5	95,9	5,2	90,0
		AA	3,0	0,2	0,0	92,0	0,3
	218326	CC	83,3	7,3	6,5	91,1	5,1
		TC	6,7	85,6	5,3	7,3	89,6
		TT	10,0	7,1	88,2	1,6	5,3
	16554	AA	5,2	82,7	87,3	2,2	93,8
		GA	3,6	12,3	9,1	97,2	6,2
		GG	91,2	5,0	3,6	0,6	0,0
	16563	TT	2,7	85,1	75,3	10,3	91,2
		TG	5,3	13,7	20,1	88,9	8,8
		GG	92,0	1,2	4,6	0,8	0,0

Table 4 – Efficiency of meetings of different genotypes regarding the FZD3 gene among sheep breeds

Gene	Position of SNP in the gene	SNP	Percentage of genotype occurrence in the breed				
			Kazakh semi-coarse wool sheep	Akzhayik	Saryarka	Edilbay	Kazak Fine-wool sheep
FZD3	101771685	TT	0,0	1,3	13,6	11,8	97,8
		TC	18,7	88,6	12,9	6,1	1,9
		CC	81,3	10,1	73,5	82,1	0,3
	101810848	AA	83,1	76,3	75,8	16,8	81,1
		AC	16,9	23,7	24,2	83,2	18,9
		CC	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

The FZD3 (Frizzled3) gene is expressed in many tissues and organs of mammals and is also associated with wool productivity. This is due to the involvement of the gene and its product in the Wnt signaling pathway, which regulates cell growth, differentiation, development, and homeostasis. In addition, the involvement of Frizzled family genes in the development and functioning of skin and hair cells has been demonstrated [34].

Amplification of the FZD3 gene region was carried out to analyze polymorphisms in exons 1 and 3 (Table 4). The reaction products were of lengths 184 and 170 bp, respectively. Two polymorphisms were identified. For the SNP (position 101771685) located in exon 1, the genotypes observed in the population were TT for some breeds, TC for others, and CC for all remaining breeds. For the second polymorphism (position 101810848), the AA genotype predominated in all breeds except for Edilbay, in which the AC genotype was found.

According to the research conducted by a group of Chinese scientists, it was demonstrated that there is an association of the TT genotype in position 101771685 with a smaller average diameter of the hair shaft. In addition, a polymorphism in position 101810848, represented by the AA genotype, was associated with a higher mass of straight hair fibers [17]. Therefore, the genotype of Edilbay, which does not have long and dense hairy coat, differs from all the other studied populations.

Conclusion

The conclusions of this article demonstrate the potential of sequencing candidate genes for improving agricultural production in Kazakh sheep breeding. Analysis of the MSTN, CAST, FAT1, and FZD3 genes identified variations strongly correlated with desirable traits such as meatiness, wool quality, and fat content. These results can be used for selecting animals with desired traits and further breeding, which could increase farmers' efficiency and improve product quality. This study is an important step in the development of agriculture and may be useful for practical application in the industry.

Conflict of interest

All authors have read and are familiar with the content of the article and have no conflict of interest.

Funding

The work was carried out within the framework of project AP19577569 “Molecular genetic analysis of the gene pool of Kazakh populations of *Saiga tatarica tatarica* based on whole genome SNP genotyping”.

References

1. Ramsay, K., Swart, D., Olivier, B., Hallowell, G. An Evaluation of the Breeding Strategies Used in the Development of the Dorper Sheep and the Improved Boer Goat of South Africa // ICAR Technical Series No. 3 / Ed. S. Galal, J. Boyazoglu, K. Hammond. – Pretoria, South Africa: National Department of Agriculture. – 1999. – P. 337-338.
2. Marques, M. do R., Santos, I. C., Carolino, N., Belo, C. C., Renaville, R., Cravador, A. Effects of Genetic Polymorphisms at the Growth Hormone Gene on Milk Yield in Serra da Estrela Sheep // *The Journal of Dairy Research*. – 2006. – Vol. 73, No. 4. – P. 394-405. <https://doi.org/10.1017/S0022029906001932>.
3. Mohamadipoor Saadatabadi, L., Mohammadabadi, M., Amiri Ghanatsaman, Z., et al. Signature Selection Analysis Reveals Candidate Genes Associated with Production Traits in Iranian Sheep Breeds // *BMC Veterinary Research*. – 2021. – Vol. 17. – P. 369. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03077-4>.
4. Hernández-Montiel, W., Martínez-Núñez, M. A., Ramón-Ugalde, J. P., Román-Ponce, S. I., Calderón-Chagoya, R., Zamora-Bustillos, R. Genome-Wide Association Study Reveals Candidate Genes for Litter Size Traits in Pelibuey Sheep // *Animals: An Open Access Journal from MDPI*. – 2020. – Vol. 10, No. 3. – P. 434. <https://doi.org/10.3390/ani10030434>.
5. Baazaoui, I., Bedhiaf-Romdhani, S., Mastrangelo, S., Ciani, E. Genome-Wide Analyses Reveal Population Structure and Identify Candidate Genes Associated with Tail Fatness in Local Sheep from a Semi-Arid Area // *Animal*. – 2021. – Vol. 15, No. 4. – P. 100193. ISSN 1751-7311. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100193>.
6. Peng, W.-F., Xu, S.-S., Ren, X., Lv, F.-H., Xie, X.-L., Zhao, Y.-X., Zhang, M., Shen, Z.-Q., Ren, Y.-L., Gao, L., Shen, M., Kantanen, J., Li, M.-H. A Genome-Wide Association Study Reveals Candidate Genes for the Supernumerary Nipple Phenotype in Sheep (*Ovis aries*) // *Animal Genetics*. – 2017. – Vol. 48. – P. 570-579. <https://doi.org/10.1111/age.12575>.
7. Tuersuntuoheti, M., Zhang, J., Zhou, W., Zhang, C. L., Liu, C., Chang, Q., Liu, S. Exploring the Growth Trait Molecular Markers in Two Sheep Breeds Based on Genome-Wide Association Analysis // *PLoS One*. – 2023. – Vol. 18, No. 3. – P. e0283383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283383>.
8. Zhang, L., Liu, J., Zhao, F., Ren, H., Xu, L., Lu, J., Zhang, S., Zhang, X., Wei, C., Lu, G., Zheng, Y., Du, L. Genome-Wide Association Studies for Growth and Meat Production Traits in Sheep // *PLoS One*. – 2013. – Vol. 8, No. 6. – P. e66569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066569>.
9. Clop, A., Marcq, F., Takeda, H., Pirottin, D., Tordoir, X., Bibe, B., Bouix, J., Caiment, F., Elsen, J. M., Eychenne, F., Larzul, C., Laville, E., Meish, F., Milenkovic, D., Tobin, J., Charlier, C., Georges, M. A Mutation Creating a Potential Illegitimate MicroRNA Target Site in the Myostatin Gene Affects Muscularity in Sheep // *Nature Genetics*. – 2006. – Vol. 38, No. 7. – P. 813-818. <https://doi.org/10.1038/ng1810>.
10. McPherron, A. C., Lee, S. J. Double Muscling in Cattle Due to Mutations in the Myostatin Gene // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 1997. – Vol. 94, No. 23. – P. 12457-12461. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.23.12457>.
11. Aiello, D., Patel, K., Lasagna, E. The Myostatin Gene: An Overview of Mechanisms of Action and Its Relevance to Livestock Animals // *Animal Genetics*. – 2018. – Vol. 49. – P. 505-519. <https://doi.org/10.1111/age.12696>.
12. Gebreselassie, G., Berihulay, H., Jiang, L., Ma, Y. Review on Genomic Regions and Candidate Genes Associated with Economically Important Production and Reproduction Traits in Sheep (*Ovis aries*) // *Animals*. – 2020. – Vol. 10, No. 1. – P. 33. <https://doi.org/10.3390/ani10010033>.
13. Avanus, K. Genetic Variability of CAST Gene in Native Sheep Breeds of Turkey // *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. – 2015. – Vol. 21. – P. 789-794. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2015.13138>.
14. Zhang, T., Gao, H., Sahana, G., Zan, Y., Fan, H., Liu, J. F., Zhao, F., Li, L., Lv, F. H., Pan, Z. X., Li, M. H. Genome-Wide Association Studies Revealed Candidate Genes for Tail Fat Deposition and Body Size in the Hulun Buir Sheep // *Journal of Animal Breeding and Genetics*. – 2019. – Vol. 136, No. 5. – P. 362-370. <https://doi.org/10.1111/jbg.12402>.
15. Ma, G.-W., You, X., Yang, H., Yan, X.-H., Mou, F., Chu, Y.-K., Rong, E.-G., Wang, S.-Z., Wang, Z.-P., Wang, N. Polymorphisms and Association of FAT1 Gene with Wool Quality Traits in Chinese Merino Sheep // *Czech Journal of Animal Science*. – 2020. – Vol. 65. – P. 31-39. <https://doi.org/10.17221/224/2019-CJAS>.
16. Luo, R., Zheng, Z., Yang, C., Zhang, X., Cheng, L., Su, G., Bai, C., Li, G. Comparative Transcriptome Analysis Provides Insights into the Polyunsaturated Fatty Acid Synthesis Regulation of Fat-1 Transgenic Sheep // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2020. – Vol. 21, No. 3. – P. 1121. <https://doi.org/10.3390/ijms21031121>.
17. Zhao, B., Fu, X., Tian, K., Huang, X., Di, J., Bai, Y., Xu, X., Tian, Y., Wu, W., Ablat, S., Zeng, W., Hanikezi, T. Identification of SNPs and Expression Patterns of FZD3 Gene and Its Effect on Wool Traits in Chinese Merino Sheep (Xinjiang Type) // *Journal of Integrative Agriculture*. – 2019. – Vol. 18, No. 10. – P. 2351-2360. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62735-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62735-8).
18. He, J., Zhao, B., Huang, X., Fu, X., Liu, G., Tian, Y., Wu, C., Mao, J., Liu, J., Gun, S., Tian, K. Gene Network Analysis Reveals Candidate Genes Related with the Hair Follicle Development in Sheep // *BMC Genomics*. – 2022. – Vol. 23. – P. 1-12. <https://doi.org/10.1186/S12864-022-08552-2>.
19. Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E.W., Lipman, D.J. Basic Local Alignment Search Tool // *J. Mol. Biol.* – 1990. – Vol. 215, No. 3. – P. 403-410. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2).
20. Thompson, J.D. CLUSTAL W: Improving the Sensitivity of Progressive Multiple Sequence Alignment through Sequence Weighting, Position-Specific Gap Penalties and Weight Matrix Choice // *Nucleic Acids Res.* – 1994. – Vol. 22, No. 22. – P. 4673-4680. <https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673>.
21. Esteves, C. Polymorphism of CAST and GDF-8 Genes and Association with Physical-Chemical Parameters of Sheep Meat // *Genetics and Molecular Research*. – 2020. – Vol. 19, No. 3. – P. 1-12. <https://doi.org/10.4238/gmr18325>.

22. Osman, N.M., Shafey, H.I., Abdelhafez, M.A., Sallam, A.M., Mahrous, K.F. Genetic Variations in the Myostatin Gene Affecting Growth Traits in Sheep // *Veterinary World*. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – P. 475-482. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.475-482>.
23. Trukhachev, V., Belyaev, V., Kvochko, A., Kulichenko, A., Kovalev, D., Pisarenko, S., Volynkina, A., Selionova, M., Aybazov, M., Shumaenko, S., Omarov, A., Mamontova, T., Golovanova, N., Yatsyk, O., Krivoruchko, A. Myostatin Gene (MSTN) Polymorphism with a Negative Effect on Meat Productivity in Dzhalginsky Merino Sheep Breed // *Journal of BioScience & Biotechnology*. – 2015. – Vol. 4, No. 2. – P. 191.
24. Du, C., Zhou, X., Zhang, K., et al. Inactivation of the MSTN Gene Expression Changes the Composition and Function of the Gut Microbiome in Sheep // *BMC Microbiology*. – 2022. – Vol. 22. – P. 273. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02687-8>.
25. Zhang, Y., et al. CRISPR/Cas9-Mediated Sheep MSTN Gene Knockout and Promote sMSCs Differentiation // *Journal of Cellular Biochemistry*. – 2019. – Vol. 120, No. 2. – P. 1794-1806. <https://doi.org/10.1002/jcb.27474>.
26. Casas, E., Kehrlı Jr., M.E. A Review of Selected Genes with Known Effects on Performance and Health of Cattle // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2016. – Vol. 3, No. 113. – P. 1-11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00113>.
27. Broad, T.E., Glass, B.C., Greer, G.J., Robertson, T.M., Bain, W.E., Lord, E.A., McEwan, J.C. A Locus Near to Myostatin That Increases Muscling in Texel Sheep in New Zealand // *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. – 2000. – Vol. 60. – P. 110-112.
28. Sahu, A.R., Jeichitra, V., Rajendran, R., Raja, A. Polymorphism in Exon 3 of Myostatin (MSTN) Gene and Its Association with Growth Traits in Indian Sheep Breeds // *Small Ruminant Research*. – 2017. – Vol. 149. – P. 81-84.
29. Dınçel, D., Ardicli, S., Soyudal, B., Er, M., Alpay, F., Şamli, H., Balcı, F. Analysis of FecB BMP15 and CAST Gene Mutations in Sakiz Sheep // *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2014.12680>.
30. Kırıkçı, K., Çam, M.A., Mercan, L. Investigation of the CAST Gene Polymorphism in Karayaka Sheep // *MJAVL Sciences*. – 2021. – Vol. 11, No. 1. – P. 89-93.
31. Kolosov, Y., Kolosov, A., Shirokova, N., Kobayakova, M., Osepchuk, D., Kulikova, A., Aboneev, V. Effect of the Cast Gene on Sheep Meat Qualities // *In Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021)*. – 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_131.
32. Dai, D., Zhu, H., Wlodarczyk, B., Zhang, L., Li, L., Li, A.G., Finnell, R.H., Roop, D.R., Chen, J. Fuz Controls the Morphogenesis and Differentiation of Hair Follicles through the Formation of Primary Cilia // *Journal of Investigative Dermatology*. – 2011. – Vol. 131. – P. 302-310. <https://doi.org/10.1038/jid.2010.306>.
33. Wang, Z., Zhang, H., Yang, H., Wang, S., Rong, E., Pei, W., Li, H., Wang, N. Genome-Wide Association Study for Wool Production Traits in a Chinese Merino Sheep Population // *PLoS ONE*. – 2014. – Vol. 9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107101>.
34. Choi, Y.S., Zhang, Y., Xu, M., Yang, Y., Ito, M., Peng, T., Cui, Z., Nagy, A., Hadjantonakis, A.K., Lang, R.A., Cotsarelis, G., Andl, T., Morrisey, E.E., Millar, S.E. Distinct Functions for Wnt/Beta-Catenin in Hair Follicle Stem Cell Proliferation and Survival and Interfollicular Epidermal Homeostasis // *Cell Stem Cell*. – 2013. – Vol. 13. – P. 720-733. <https://doi.org/10.1016/j.stem.2013.10.003>.

References

1. Aiello D., Patel K., Lasagna E. (2018) The myostatin gene: an overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Anim Genet.*, vol. 49, pp. 505-519. <https://doi.org/10.1111/age.12696>.
2. Altschul S.F., Gish W., Miller W., Myers E.W., Lipman D.J. (1990) Basic local alignment search tool. *J. Mol. Biol.*, vol. 215, no. 3, pp. 403-410. [https://doi.org/10.1016/S0022-2836\(05\)80360-2](https://doi.org/10.1016/S0022-2836(05)80360-2).
3. Avanus K. (2015) Genetic variability of CAST gene in native sheep breeds of Turkey. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, vol. 21, pp. 789-794. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2015.13138>.
4. Baazaoui I., Bedhiaf-Romdhani S., Mastrangelo S., Ciani E. (2021) Genome-Wide Analyses Reveal Population Structure and Identify Candidate Genes Associated with Tail Fatness in Local Sheep from a Semi-Arid Area. *Animal*, vol. 15, no. 4, article 100193. ISSN 1751-7311. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100193>.
5. Broad T.E., Glass B.C., Greer G.J., Robertson T.M., Bain W.E., Lord E.A., McEwan J.C. (2000) A Locus Near to Myostatin That Increases Muscling in Texel Sheep in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, vol. 60, pp. 110-112.
6. Casas E., Kehrlı M.E. Jr. (2016) A review of selected genes with known effects on performance and health of cattle. *Front. Vet. Sci.*, vol. 3, article 113, pp. 1-11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00113>.
7. Choi Y.S., Zhang Y., Xu M., Yang Y., Ito M., Peng T., Cui Z., Nagy A., Hadjantonakis A.K., Lang R.A., Cotsarelis G., Andl T., Morrisey E.E., Millar S.E. (2013) Distinct functions for Wnt/beta-catenin in hair follicle stem cell proliferation and survival and interfollicular epidermal homeostasis. *Cell Stem Cell*, vol. 13, pp. 720-733. <https://doi.org/10.1016/j.stem.2013.10.003>.
8. Clop A., Marcq F., Takeda H., Pirottin D., Tordoir X., Bibe B., Bouix J., Caiment F., Elsen J.M., Eychenne F., Larzul C., Laville E., Meish F., Milenkovic D., Tobin J., Charlier C., Georges M. (2006) A mutation creating a potential illegitimate microRNA target site in the myostatin gene affects muscularity in sheep. *Nature Genetics*, vol. 38, no. 7, pp. 813-818. <https://doi.org/10.1038/ng1810>.
9. Dai D., Zhu H., Wlodarczyk B., Zhang L., Li L., Li A.G., Finnell R.H., Roop D.R., Chen J. (2011) Fuz controls the morphogenesis and differentiation of hair follicles through the formation of primary cilia. *J. Invest. Dermatol.*, vol. 131, pp. 302-310. <https://doi.org/10.1038/jid.2010.306>.

10. Dinçel D., Ardicli S., Soyudal B., Er M., Alpay F., Şamli H., Balcı F. (2015) Analysis of FecB BMP15 and CAST Gene Mutations in Sakiz Sheep. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2014.12680>.
11. Du C., Zhou X., Zhang K., et al. (2022) Inactivation of the MSTN gene expression changes the composition and function of the gut microbiome in sheep. *BMC Microbiol.*, vol. 22, article 273. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02687-8>.
12. Esteves C. (2020) Polymorphism of CAST and GDF-8 genes and association with physical-chemical parameters of sheep meat. *Genetics and Molecular Research*, vol. 19, no. 3, pp. 1-12. <https://doi.org/10.4238/gmr18325>.
13. Gebreselassie G., Berihulay H., Jiang L., Ma Y. (2020) Review on Genomic Regions and Candidate Genes Associated with Economically Important Production and Reproduction Traits in Sheep (*Ovis aries*). *Animals*, vol. 10, no. 1, article 33. <https://doi.org/10.3390/ani10010033>.
14. He J., Zhao B., Huang X., Fu X., Liu G., Tian Y., Wu C., Mao J., Liu J., Gun S., Tian K. (2022) Gene network analysis reveals candidate genes related to the hair follicle development in sheep. *BMC Genomics*, vol. 23. <https://doi.org/10.1186/S12864-022-08552-2>.
15. Hernández-Montiel W., Martínez-Núñez M.A., Ramón-Ugalde J.P., Román-Ponce S.I., Calderón-Chagoya R., Zamora-Bustillos R. (2020) Genome-Wide Association Study Reveals Candidate Genes for Litter Size Traits in Pelibuey Sheep. *Animals*, vol. 10, no. 3, article 434. <https://doi.org/10.3390/ani10030434>.
16. Kırıkçı K., Çam M.A., Mercan L. (2021) Investigation of the CAST Gene Polymorphism in Karayaka Sheep. *MJAVL Sciences*, vol. 11, no. 1, pp. 89-93.
17. Kolosov Y., Kolosov A., Shirokova N., Kobyakova M., Osepchuk D., Kulikova A., Aboneev V. (2021) Effect of the Cast Gene on Sheep Meat Qualities. In *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2021)*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91405-9_131.
18. Luo R., Zheng Z., Yang C., Zhang X., Cheng L., Su G., Bai C., Li G. (2020) Comparative Transcriptome Analysis Provides Insights into the Polyunsaturated Fatty Acid Synthesis Regulation of Fat-1 Transgenic Sheep. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 21, no. 3, article 1121. <https://doi.org/10.3390/ijms21031121>.
19. Ma G.-W., You X., Yang H., Yan X.-H., Mou F., Chu Y.-K., Rong E.-G., Wang S.-Z., Wang Z.-P., Wang N. (2020) Polymorphisms and association of FAT1 gene with wool quality traits in Chinese Merino sheep. *Czech Journal of Animal Science*, vol. 65, pp. 31-39. <https://doi.org/10.17221/224/2019-CJAS>.
20. Marques M. do R., Santos I.C., Carolino N., Belo C.C., Renaville R., Cravador A. (2006) Effects of Genetic Polymorphisms at the Growth Hormone Gene on Milk Yield in Serra da Estrela Sheep. *The Journal of Dairy Research*, vol. 73, no. 4, pp. 394-405. <https://doi.org/10.1017/S0022029906001932>.
21. McPherron A.C., Lee S.J. (1997) Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 94, no. 23, pp. 12457-12461. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.23.12457>.
22. Mohamadipoor S. L., Mohammadabadi M., Amiri Ghanatsaman Z., et al. (2021) Signature Selection Analysis Reveals Candidate Genes Associated with Production Traits in Iranian Sheep Breeds. *BMC Vet Res.*, vol. 17, article 369. <https://doi.org/10.1186/s12917-021-03077-4>.
23. Osman N.M., Shafey H.I., Abdelhafez M.A., et al. (2021) Genetic Variations in the Myostatin Gene Affecting Growth Traits in Sheep. *Veterinary World*, vol. 14, no. 2, pp. 475-482. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.475-482>.
24. Peng W.-F., Xu S.-S., Ren X., Lv F.-H., Xie X.-L., Zhao Y.-X., Zhang M., Shen Z.-Q., Ren Y.-L., Gao L., Shen M., Kantanen J., Li M.-H. (2017) A Genome-Wide Association Study Reveals Candidate Genes for the Supernumerary Nipple Phenotype in Sheep (*Ovis aries*). *Animal Genetics*, vol. 48, pp. 570-579. <https://doi.org/10.1111/age.12575>.
25. Ramsay K., Swart D., Olivier B., Hallowell G. (1999) An Evaluation of the Breeding Strategies Used in the Development of the Dorper Sheep and the Improved Boer Goat of South Africa. In *ICAR Technical Series*, No. 3, edited by Galal S., Boyazoglu J., Hammond K., pp. 337-338. Pretoria, South Africa: National Department of Agriculture.
26. Sahu A.R., Jeichitra V., Rajendran R., Raja A. (2017) Polymorphism in Exon 3 of Myostatin (MSTN) Gene and Its Association with Growth Traits in Indian Sheep Breeds. *Small Ruminant Research*, vol. 149, pp. 81-84.
27. Thompson J.D. (1994) CLUSTAL W: Improving the Sensitivity of Progressive Sequence Alignment through Sequence Weighting, Position-Specific Gap Penalties and Weight Matrix Choice. *Nucleic Acids Res.*, vol. 22, no. 22, pp. 4673-4680. <https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673>.
28. Trukhachev V., Belyaev V., Kvochko A., Kulichenko A., Kovalev D., Pisarenko S., Volynkina A., Selionova M., Aybazov M., Shumaenko S., Omarov A., Mamontova T., Golovanova N., Yatsyk O., Krivoruchko A. (2015) Myostatin Gene (MSTN) Polymorphism with a Negative Effect on Meat Productivity in Dzhalginsky Merino Sheep Breed. *Journal of BioScience & Biotechnology*, vol. 4, no. 2, pp. 191.
29. Tuersuntuoheti M., Zhang J., Zhou W., Zhang C.L., Liu C., Chang Q., Liu S. (2023) Exploring the Growth Trait Molecular Markers in Two Sheep Breeds Based on Genome-Wide Association Analysis. *PLoS One*, vol. 18, no. 3, article e0283383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283383>.
30. Wang Z., Zhang H., Yang H., Wang S., Rong E., Pei W., Li H., Wang N. (2014) Genome-Wide Association Study for Wool Production Traits in a Chinese Merino Sheep Population. *PLoS One*, vol. 9, article e107201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107101>.
31. Zhang L., Liu J., Zhao F., Ren H., Xu L., Lu J., Zhang S., Zhang X., Wei C., Lu G., Zheng Y., Du L. (2013) Genome-Wide Association Studies for Growth and Meat Production Traits in Sheep. *PLoS One*, vol. 8, no. 6, article e66569. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066569>.

32. Zhang T., Gao H., Sahana G., Zan Y., Fan H., Liu J.F., Zhao F., Li L., Lv F.H., Pan Z.X., Li M.H. (2019) Genome-Wide Association Studies Revealed Candidate Genes for Tail Fat Deposition and Body Size in the Hulun Buir Sheep. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, vol. 136, no. 5, pp. 362-370. <https://doi.org/10.1111/jbg.12402>.

33. Zhang Y., et al. (2019) CRISPR/Cas9-Mediated Sheep MSTN Gene Knockout and Promote sMSCs Differentiation. *Journal of Cellular Biochemistry*, vol. 120, no. 2, pp. 1794-1806. <https://doi.org/10.1111/age.12575>.

34. Zhao B., Fu X., Tian K., Huang X., Di J., Bai Y., Xu X., Tian Y., Wu W., Ablat S., Zeng W., Hanikezi T. (2019) Identification of SNPs and Expression Patterns of FZD3 Gene and Its Effect on Wool Traits in Chinese Merino Sheep (Xinjiang Type). *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 18, no. 10, pp. 2351-2360. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62735-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62735-8).

Information about authors:

Karimov Nurlybek – PhD student, RSE on REM «Institute of Plant Biology and Biotechnology» CS MSHE RK, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: peksg55@gmail.com)

Karimov Aibek – PhD student, Nazarbayev University, SSH, Life Sciences (Astana, Kazakhstan, e-mail: aibekK2014@gmail.com)

Ulyanov Vadim – PhD, senior researcher at the laboratory of biotechnology and infectious disease diagnostics, NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhanqir khan» (Uralsk, Kazakhstan, e-mail: vadimkst@mail.ru).

Ulyanova Tatyana – PhD, senior researcher at the laboratory of biotechnology and infectious disease diagnostics, NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhanqir khan» (Uralsk, Kazakhstan, e-mail: tatyana.poddudinskaya@gmail.com).

Beishova Indira (corresponding author) – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the testing center, NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhanqir khan» (Uralsk, Kazakhstan, e-mail: indira_bei@mail.ru).

Chortonbaev Tyrgoot – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of «Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin» (Bishkek, Kyrgyzstan, e-mail: tyrgoot@mail.ru)

Авторлар туралы мәлімет:

Каримов Нұрлыбек – PhD докторанты, ҚР БҒМ ҒК РМК «Өсімдіктер биологиясы және биотехнология институты» (Алматы, Қазақстан, e-mail: peksg55@gmail.com)

Каримов Айбек – PhD докторанты, Назарбаев Университеті, ӘФМ, Өмір туралы ғылымдар (Астана, Қазақстан, e-mail: aibekK2014@gmail.com)

Ульянов Вадим – PhD, биотехнология және жұқпалы ауруларды диагностикалау зертханасының аға ғылыми қызметкері, «Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КЕАҚ (Орал, Қазақстан, e-mail: vadimkst@mail.ru).

Ульянова Татьяна – PhD, биотехнология және жұқпалы ауруларды диагностикалау зертханасының аға ғылыми қызметкері, «Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КЕАҚ (Орал, Қазақстан, e-mail: tatyana.poddudinskaya@gmail.com).

Бейшова Индира (сәйкес автор) – биология ғылымдарының докторы, доцент, тестілеу орталығының директоры, «Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті» КЕАҚ (Орал, Қазақстан, e-mail: indira_bei@mail.ru).

Чортонбаев Тыргоот – ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «К.И. Скрябин атындағы Қырғыз ұлттық аграрлық университеті» (Бішкек, Қырғызстан, e-mail: tyrgoot@mail.ru.)

Received: March 12, 2024

Accepted: May 20, 2024

Р.Т. Кенжебекова^{1,2} , **А.С. Мендыбаева²** ,
А.И. Капытина² , **Д.А. Гриценко^{2*}** 

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

²«Институт биологии и биотехнологии растений», Казахстан, г. Алматы

*e-mail: d.kopytina@gmail.com

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СМЕШАННЫХ ВИРУСНЫХ ИНФЕКЦИЙ КАРТОФЕЛЯ В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

Исследование посвящено анализу распространения вирусных инфекций картофеля в Алматинской области Казахстана. Работа подчеркивает значимость проблемы вирусных заболеваний картофеля, учитывая их влияние на урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Цель исследования – выявить наиболее распространенные вирусы, такие как Potato virus Y (PVY), Potato virus S (PVS), Potato virus M (PVM) и Potato leafroll virus (PLRV), провести анализ коинфекций и оценку распространенности вирусов, а также оценить их воздействие на картофельные культуры.

В ходе исследования были обнаружены наиболее распространенные вирусы, которые приводят к потере урожая и ухудшению качества картофеля. Для изучения влияния коинфекций вирусов на симптомы заболевания использовался синергетический эффект. Исследование имеет значительный научный и практический смысл. Научная ценность работы заключается в том, что она расширяет наши знания о том, как вирусные инфекции распространяются в Алматинской области и как они влияют на сельскохозяйственную продукцию. Предоставление фермерам и сельскохозяйственным предприятиям рекомендаций по контролю и борьбе с вирусными инфекциями имеет практическое значение.

В работе использован молекулярный метод для диагностики вирусных инфекций – RT-PCR для обнаружения РНК вирусов в образцах листьев. Результаты исследования включают обнаружение наиболее распространенных вирусов картофеля, таких как PVY, PVS, PVM и PLRV; определение уровня коинфекций вирусов, который приводит к усилению симптомов заболеваний и снижению урожайности.

Результаты исследования позволяют улучшить понимание распространенности и воздействия вирусных инфекций на картофельные культуры в регионе. Полученные данные способствуют разработке комплексных стратегий борьбы с вирусами. Практическое значение работы выражается в возможности улучшить методы контроля за вирусными инфекциями и увеличить эффективность сельскохозяйственного производства за счет применения устойчивых сортов картофеля и усиления мониторинга фитосанитарного состояния.

Ключевые слова: картофель, вирусы, молекулярная диагностика.

R.T. Kenzhebekova^{1,2}, A.S. Mendybayeva², A.I. Kapytina², D.A. Gritsenko^{2*}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: d.kopytina@gmail.com

Distribution of mixed viral infections of potato in the Almaty region of Kazakhstan

The study is dedicated to analyzing the spread of viral infections in potato crops in the Almaty region of Kazakhstan. The research highlights the significance of potato virus diseases, considering their impact on crop yield and the quality of agricultural products. The aim of the study is to identify the most common viruses, such as Potato virus Y (PVY), Potato virus S (PVS), Potato virus M (PVM), and Potato leafroll virus (PLRV), to analyze coinfections and assess the prevalence of these viruses, as well as to evaluate their impact on potato crops.

Throughout the research, the most prevalent viruses that lead to crop loss and decreased potato quality were identified. The study utilized the synergistic effect of virus coinfections on disease symp-

toms to assess their impact. The research holds significant scientific and practical value. Its scientific significance lies in expanding our knowledge of how viral infections spread in the Almaty region and how they affect agricultural production. Providing farmers and agricultural enterprises with recommendations for controlling and combating viral infections has practical importance.

The work employed a molecular method for diagnosing viral infections—RT-PCR for detecting virus RNA in leaf samples. The research results include the detection of the most prevalent potato viruses, such as PVY, PVS, PVM, and PLRV; determining the level of virus coinfections, which leads to increased disease symptoms and reduced yield.

The results of the study enhance understanding of the prevalence and impact of viral infections on potato crops in the region. The data obtained contribute to the development of comprehensive strategies for combating viruses. The practical value of the work is expressed in the possibility of improving methods for controlling viral infections and increasing the efficiency of agricultural production through the use of resistant potato varieties and enhanced phytosanitary monitoring.

Key words: potato, viruses, molecular diagnostics.

Р.Т. Кенжебекова^{1, 2}, А.С. Мендыбаева², А.И. Капытина², Д.А. Гриценко^{2*}

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: d.kopytina@gmail.com

Қазақстанның Алматы облысында картоптың аралас вирустық инфекцияларының таралуы

Зерттеу Қазақстанның Алматы облысында картоп вирустық инфекциясының таралуын талдауға арналған. Жұмыста картоптың вирустық ауруларының ауыл шаруашылығы өнімдерінің шығымдылығы мен сапасына тигізетін әсерін ескере отырып, проблемасының маңыздылығы атап өтілген. Зерттеудің мақсаты – картоп вирусы Y (PVY), картоп вирусы S (PVS), картоп вирусы M (PVM) және картоп жапырағы вирусы (PLRV) сияқты ең көп таралған вирустарды анықтау, бірлескен инфекцияларды талдау және бағалау. вирустардың таралуы және олардың картоп дақылдарына әсерін бағалау.

Зерттеу нәтижесінде егіннің жоғалуына және картоп сапасының нашарлауына әкелетін ең көп таралған вирустар анықталды. Синергетикалық әсер вирустық коинфекциялардың ауру белгілеріне әсерін зерттеу үшін пайдаланылды. Зерттеудің маңызды ғылыми және практикалық мәні бар. Жұмыстың ғылыми құндылығы оның Алматы облысында вирустық инфекциялардың қалай таралатыны және олардың ауылшаруашылық өнімдеріне қалай әсер ететіні туралы білімімізді кеңейтуінде. Фермерлер мен ауылшаруашылық кәсіпорындарына вирустық инфекцияларды бақылау және басқару бойынша нұсқаулар берудің практикалық мәні бар.

Жұмыста вирустық инфекцияларды диагностикалаудың молекулалық әдісі қолданылды – жапырақ үлгілеріндегі РНҚ вирустарын анықтау үшін RT-ПТР. Зерттеу нәтижелері PVY, PVS, PVM және PLRV сияқты ең көп таралған картоп вирустарын анықтауды қамтиды; ауру белгілерінің күшеюіне және өнімділіктің төмендеуіне әкелетін вирустық коинфекциясының деңгейін анықтау.

Зерттеу нәтижелері біздің аймақтағы картоп дақылдарына вирустық инфекциялардың таралуы мен әсері туралы түсінікті жақсартады. Нәтижелер вируспен күресудің кешенді стратегияларын жасауға ықпал етеді. Жұмыстың практикалық маңыздылығы вирустық инфекциялармен күресу әдістерін жетілдіру және картоптың төзімді сорттарын пайдалану арқылы ауыл шаруашылығы өндірісінің тиімділігін арттыру және фитосанитарлық жағдайға мониторингті күшейту мүмкіндігінде көрінеді.

Түйін сөздер: картоп, вирустар, молекулалық диагностика.

Введение

Картофель (*Solanum tuberosum*) — основной продукт питания мирового значения, родом из южноамериканских Анд. Он был одомашнен примерно 7 000–10 000 лет назад, а его завоз в Европу в 16 веке ознаменовал начало его

глобального распространения. Сегодня она занимает четвертое место в мире по величине продовольственной культуры после кукурузы, пшеницы и риса благодаря своей способности адаптироваться к разнообразному климату и почвам, высокой питательной ценности и способности быстрее производить более питательную

пищу на меньшем количестве земли, чем любая другая культура. Картофель играет решающую роль в мировом сельском хозяйстве, продовольственной безопасности и является ключевым компонентом в борьбе с голодом и бедностью [1].

В недавних исследованиях ландшафт выращивания картофеля и его продуктивность были проанализированы с акцентом на различные регионы, сорта и влияние болезней. Примечательно, что исследования показывают, что выращивание картофеля имеет важное значение в Казахстане, причем различные факторы влияют на его стабильность и продуктивность. К таким факторам относятся уровень агротехники, потери при хранении и логистике, недостаточные объемы внесения удобрений. Подчеркнуто, что необходима разработка и реализация программ поддержки производителей картофеля, наращивание семеноводства с акцентом на высокоурожайные, засухоустойчивые и устойчивые к болезням отечественные сорта, а также дополнительные инвестиции для повышения уровня интенсификации, улучшения качества продукции и повысить конкурентоспособность [2].

Кроме того, было показано, что внедрение технологий точного земледелия при производстве семян значительно повышает урожайность и качество клубней картофеля в Северном Казахстане. В ходе исследования были представлены данные об урожайности и качестве клубней безвирусных сортов картофеля, что указывает на перспективное направление повышения качества семян и общей эффективности производства [3].

В другом исследовании, проведенном на Северо-Востоке Казахстана, оценивалось развитие и продуктивность сортов картофеля, селекционированных в Казахстане, выявлялись сорта, пригодные для выращивания в регионе по урожайным характеристикам и устойчивости к болезням и вредителям [4].

Распространенность рекомбинантных штаммов вируса картофеля Y (PVY) в Восточно-Казахстанской области подчеркивает острую необходимость исследований и разработки эффективных стратегий по снижению распространения этих штаммов. Этот вопрос подчеркивает важность внедрения инновационных технологий и выведения устойчивых сортов картофеля для повышения устойчивости производства [5].

Эти результаты предполагают многогранный подход к улучшению выращивания картофеля в Казахстане, включающий технологические достижения, селекцию сортов и борьбу с болезнями, чтобы удовлетворить местные потребности и повысить экспортный потенциал [6].

Вирусы представляют собой серьезное биологическое препятствие при выращивании картофеля. За прошедший век, начиная с обнаружения первых вирусов картофеля, наше понимание этих возбудителей болезней значительно углубилось. Эти знания особенно расширились за последние десять лет благодаря прогрессу в технологиях высокопроизводительного секвенирования в исследовании фитовирусологии [7].

Среди них вирусные инфекции представляют собой значительные проблемы, приводя к значительным ежегодным потерям. Было идентифицировано около 40 вирусов картофеля, наиболее вредоносными из которых являются PLRV, PVM, PVS, PVX и PVY [6]. Эти вирусы могут распространяться через таких насекомых, как тля, цикадки, белокрылки и нематоды, а также через механический контакт и иногда через пыльцу и семена [7-12].

Картофельные растения могут испытывать первичные и вторичные вирусные инфекции. Первичная инфекция происходит во время вегетационного периода, когда вирус распространяется от инфицированных к здоровым стеблям, накапливаясь в клубнях, хотя некоторые из них остаются неинфицированными. Вторичная инфекция включает систематическое перемещение вируса от материнского клубня ко всему растению, затрагивая все дочерние клубни. Симптомы вирусной инфекции включают различные мозаичные узоры, некроз, закручивание листьев и верхушечную розетку. Однако эти симптомы не всегда являются заметными или выраженными, что затрудняет точное определение конкретных вирусов на основе внешних признаков [7, 8].

Вирус Y картофеля (PVY) является значительным глобальным патогеном, поражающим картофель. Он известен своей нитевидной, извилистой формой и одноцепочечной РНК-геномом. PVY в основном передается тлей и также может распространяться механически. Он может значительно снизить урожайность картофеля, иногда до 40%, а при сочетании с другими вирусами потери могут быть еще выше. PVY имеет несколько штаммов, каждый из которых

характеризуется различными биологическими свойствами и симптомами [13, 14].

Вирус S картофеля (PVS) широко распространен в картофельных культурах, известен своим бессимптомным или слабо выраженным воздействием, что затрудняет его обнаружение. Это Carlavirus, передающийся через вегетативное размножение и контакт между растениями, и может способствовать снижению урожайности, особенно при смешанных инфекциях [15-17].

Вирус M картофеля (PVM), принадлежащий к роду Carlavirus, передается вегетативно через клубни и механически. Хотя обычно он вызывает незначительные потери урожая, он может привести к значительному снижению урожайности, в диапазоне от 10 до 40%, особенно при смешанных инфекциях. PVM вызывает симптомы, такие как мраморность, мозаичные узоры, морщинистость и завивание листьев [18, 19].

Вирус скручивания листьев картофеля (PLRV) вызывает до 90% потерь урожая во всем мире. Он снижает урожайность на 20-60% и более вреден при сочетании с другими вирусами. PLRV с его одноцепочечным геномным РНК в основном переносится тлей *Myzus persicae* и может распространяться через клубни, используемые для посадки [20, 21].

В совокупности эти вирусы представляют сложную проблему для культивирования картофеля, требуя всеобъемлющих стратегий их контроля для минимизации их влияния на глобальное и локальное производство картофеля.

Целью работы являлось проведение диагностики локального сорта картофеля, распространенного в Алматинской области, при помощи молекулярных методов на наличие смешанных вирусных инфекций.

Материалы и методы исследования

Биологическим материалом для исследований являлись листья побегов локального сорта картофеля, наиболее широко выращиваемого в Алматинской области. Было собрано 79 образцов, имеющих те или иные симптомы заражения вирусной инфекцией.

РНК выделяли из 250 мг замороженного при -80°C растительного материала, включая фрагменты листьев и молодых побегов. Образцы измельчались в гомогенизаторе Beadbug

6 microtube homogenizer (Benchmark, США) в присутствии 1 мл предварительно нагретого (примерно до $60-65^{\circ}\text{C}$) буфера для выделения, содержащего 2% гексадецилтриметиламмония бромид (СТАВ), 2% поливинилпирролидона (PVP), 2М хлорида натрия, 25 мМ этлендиаминтетраацетата (EDTA) pH 8.0, 100 мМ трис-(гидроксиметил)аминометана гидрохлорида pH 8.0, с добавлением 30 мкл 3% 2-меркаптоэтанола. Образцы инкубировали в микроцентрифужных пробирках объемом 2 мл при 65°C в течение 30 минут с регулярным встряхиванием (1,300 об/мин). После инкубации образцы подвергались центрифугированию при скорости 14,000 об/мин в течение 10 мин. Полученный супернатант переносили в новую пробирку и смешивали с равным объемом хлороформ-изоамилового спирта (24:1), затем центрифугировали при 4°C со скоростью 12,000 об/мин в течение 15 минут. После центрифугирования верхнюю прозрачную фазу снова экстрагировали равным объемом хлороформ-изоамилового спирта с последующим центрифугированием при тех же условиях (при 4 со скоростью 12,000 об/мин в течение 15 минут). Получившийся в результате центрифугирования супернатант переносили в чистую пробирку и добавляли к нему 1/3 объема 8М хлорида лития. Смесь оставляли на ночь при 4°C . После инкубирования смесь откручивали при 4°C со скоростью 12,000 об/мин в течение 60 минут. Надосадочную жидкость удаляли, а осадок промывали в 0,8 мл 70% этанола и центрифугировали при 4°C , 12,000 об/мин в течение 15 мин. Промытые осадки сушили при комнатной температуре в течение 10-15 мин, а затем растворяли в 50 мкл очищенной от РНКазы воды. Полученная РНК хранилась при -20°C .

Для синтеза первой цепи кДНК использовали 2 мкг общей РНК с применением праймера олиго(dT) и обратной транскриптазы в конечной концентрации 10 пмоль. Полученную кДНК анализировали на наличие вирусов методом мультиплексной ПЦР.

Аmplификацию методом мультиплекс-ПЦР проводили в репликах (3-кратном повторе) на амплификаторе SimpliAmp™ Thermal Cycler (ThermoFisher, США) с последующей детекцией на агарозном геле. Протокол для амплификации: 94°C – 3 мин, далее { 96°C – 20 с, 55°C – 20 с, 72°C – 1 мин} 29 циклов, далее 72°C – 5 мин.

Праймеры для амплификации были разработаны для консервативных регионов нуклеотидных последовательностей вирусов, кодирующих

белков оболочки PVS, PVY и PVM и PLRV. Последовательность праймеров, использованных в работе, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Последовательность праймеров

Праймер	Нуклеотидная последовательность	Размер фрагмента
PVY-Forward	5' – GCATCCAGTCAAACCCGAAC – 3'	535
PVY-Reverse	5' – GCATAACGCGCTAAACCCAC – 3'	
PVM-Forward	5' – CCGTCCATAGAAGCACTCAGCCG – 3'	117
PVM-Reverse	5' – CTCAGTCGGCACACCTAGCC – 3'	
PVS- Forward	5' – CTTGAGCCGACCCCTGAAAT – 3'	143
PVS – Reverse	5' – CCAGCGATGTCAGCAGTGAT – 3'	
PLRV-Forward	5' – GCCGCTCAAGAAGAAGACTGGAG – 3'	249
PLRV-Reverse	5' – GGGGTCCAACATCATAAGCGAT – 3'	

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно проведенному статистическому анализу наличия и отсутствия каждого вируса в образцах картофеля, была рассчитана частота встречаемости и не встречаемости каждого вируса в наборе данных. Проведенный тест хи-квадрат на независимость позволил определить, есть ли какие-либо статистически значимые связи между вирусами.

Распределение образцов картофеля по количеству обнаруженных вирусов продемонстрировано на рисунке 1.

Частота встречаемости каждого вируса в образцах следующая: вирус Y отсутствует в 3 образцах и присутствует в 76; вирус S не обнаружен в 66 образцах, но обнаружен в 13; вирус M отсутствует в 9 образцах и присутствует в 70; PLRV отсутствует в 16 образцах и присутствует в 63.

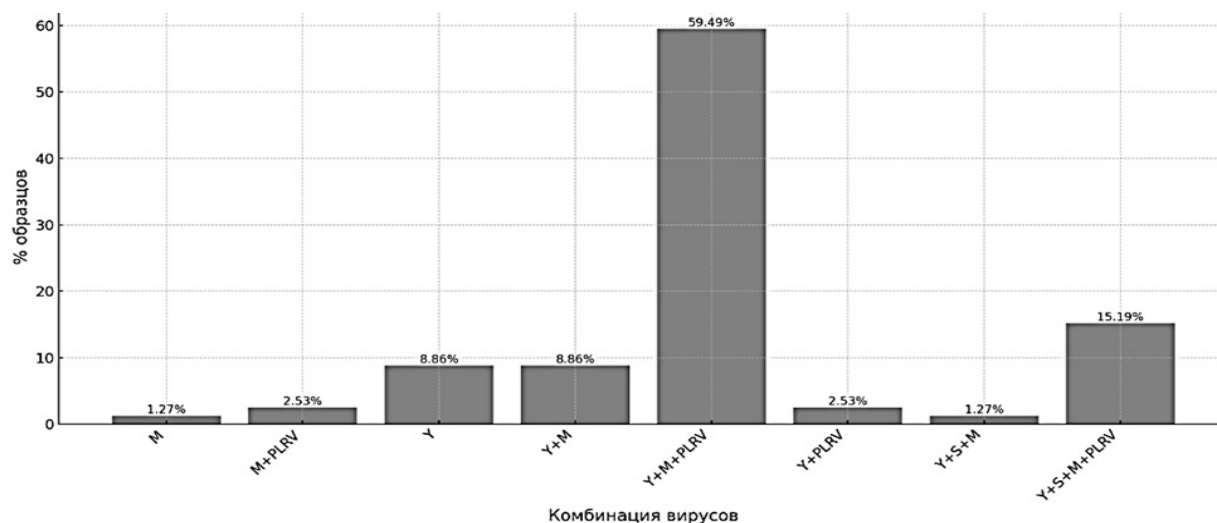


Рисунок 1 – Распределение образцов картофеля по количеству обнаруженных вирусов

Далее были проведены тесты хи-квадрат на независимость для оценки связей между наличием каждой пары вирусов. Результаты теста хи-квадрат для ассоциаций между наличием каждой пары вирусов следующие:

Сравнение Вируса Y с Вирусом S, Вирусом M и PLRV показало хи-квадрат 0.0 и р-значение 1.0, что указывает на отсутствие статистической связи.

Вирус S по сравнению с Вирусом M и PLRV показал незначительную связь с р-значениями около 0.3488 и 0.3923 соответственно.

Существенная связь была обнаружена между Вирусом M и PLRV с хи-квадрат 16.9846 и р-значением примерно 0.0000376846, что указывает на статистически значимую ассоциацию между наличием этих двух вирусов в образцах.

Распределение вирусов в образцах, одновременно инфицированных тремя вирусами, следующее: вирус Y присутствует в 48 образцах, вирус S – в 1 образце, вирус M – в 48 образцах, PLRV – в 47 образцах.

Распределение вирусов в образцах, одновременно инфицированных двумя вирусами, выглядит следующим образом: вирус Y обнаружен в 9 образцах, вирус S отсутствует во всех образцах с двумя вирусами, вирус M присутствует в 9 образцах, PLRV – в 4 образцах. Образцы, инфицированные двумя вирусами чаще всего включают Вирус Y и Вирус M. PLRV также присутствует в некоторых из этих образцов, однако встречается реже.

Сложность коинфекции у растений, при которой одно растение заражается несколькими вирусами, представляет собой сложное явление, возникающее вследствие взаимодействия между различными вирусами. Эти взаимодействия могут быть как синергическими, когда присутствие одного вируса усиливает действие другого, так и антагонистическими, когда один вирус ингибирует репликацию или действие другого. Характер этих взаимодействий может существенно повлиять на тяжесть заболеваний и общее состояние здоровья растения картофеля.

Взаимодействия между вирусами в коинфицированных растениях картофеля могут сильно различаться по своей вариативности в зависимости от нескольких факторов. К ним относятся конкретные штаммы задействованных вирусов,

условия окружающей среды и генетический состав растения картофеля. То есть, некоторые комбинации вирусов могут привести к более серьезным симптомам и большей потере урожая, в то время как другие могут иметь менее значительные последствия.

Понимание сложности и изменчивости вирусных взаимодействий в коинфицированном картофеле имеет решающее значение для борьбы с болезнями. Это может повлиять на решения, касающиеся севооборота, использования устойчивых сортов картофеля и стратегий борьбы с переносчиками вируса. Если два вируса находятся в синергическом взаимодействии, управления одним из вирусов может быть недостаточно для контроля общего воздействия заболевания.

Исследования, ранее проведенные группой исследователей в Пакистане, выявили коинфекции и высокую распространенность множественных вирусов картофеля, включая PVY, PVS, PVM и PLRV, в обследованных районах. Исследование предполагает положительную корреляцию и синергическое взаимодействие между коинфицирующими вирусами, при этом наибольшая частота встречаемости наблюдалась между вирусом картофеля X (PVX) и PVS [22].

Исследование совместной инфекции вирусом картофеля Y (PVY) и вирусом скручивания листьев картофеля (PLRV) в картофеле показало значительное снижение урожайности, количества товарных клубней на растение, высоты роста растений и силы растений по сравнению с одиночными. инфекциями, вызванные любым вирусом [23].

В Казахстане проблема коинфекций изучается так же активно. Были проведены исследования, которые показали, что распространенность PVM и PVS в образцах листьев картофеля в Казахстане составила 84,3% и 46,6% соответственно, причем встречались случаи коинфекции обоими вирусами [24].

Хотя это не касается напрямую комбинации PVM и PLRV, это подчеркивает общее влияние коинфекций картофеля. Тема коинфицированных вирусных инфекций картофеля, особенно между вирусом картофеля M (PVM) и вирусом скручивания листьев картофеля (PLRV), весьма специфична, и, прямые исследе-

дования этой точной комбинации ограничены. Однако в случае PVM и PLRV, а также других вирусов картофеля, таких как вирус картофеля X (PVX), вирус Y картофеля (PVY) и вирус картофеля S (PVS), коинфекции часто приводят к более тяжелым симптомам заболевания. Например, PVX сам по себе не является губительным для растения, однако в сочетании с другими вирусами, такими как PVY, PVS и PVA, он приводит к гибели растений и серьезным потерям урожая [25].

Изучение коинфекции вируса в картофеле представляет собой серьезную проблему. Это требует не только выявления наличия нескольких вирусов, но и понимания их индивидуального и совместного воздействия на растение. Для раскрытия этих сложных взаимодействий часто используются передовые молекулярные методы, в том числе секвенирование нового поколения.

Сложность взаимодействия вирусов в картофеле имеет значение для программ селекции. Селекционеры должны учитывать не только устойчивость к отдельным вирусам, но и то, как различные вирусы взаимодействуют внутри растения. Это может привести к соз-

данию сортов картофеля, устойчивых к определенным комбинациям вирусов, тем самым повышая устойчивость сельскохозяйственных культур.

Заключение

Исследование выявляет необходимость комплексного подхода, включающего селекцию устойчивых сортов, контроль за векторами и применение агротехнических мер. Результаты работы могут служить основой для дальнейших исследований в области фитопатологии и селекции.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках проекта AP19678215 «Метагеномный и популяционный анализ вирусов и виридов картофеля и изучение механизмов их взаимодействия с устойчивыми сортами и гибридами картофеля» на 2023-2025 годы.

Конфликт интересов

Авторы не имеют конфликта интересов.

Литература

1. Birch, P.R.J., Bryan, G., Fenton, B., Gilroy, E.M., Hein, I., Jones, J.T., Prashar, A., Taylor, M.A., Torrance, L., Toth, I.K. Crops that feed the world 8: Potato: are the trends of increased global production sustainable? // *Food Sec.* – 2012. - Vol. 4. - P. 477–508.
2. Akhmetova D., Zhunusova R. Potato growing in the Akmola region of the Republic of Kazakhstan: situation analysis, priorities // *Problems of AgriMarket.* – 2023. - Vol. 1. - P. 131–138. DOI: 10.46666/2023-1.2708-9991.15
3. Kakabayev A., Suraganov M., Abdurahmanov I., Belgibayeva A., Kakabayev N., Auzhanova M., Sharipova B. The yield of elite potato varieties for primary seed production using precision agriculture technologies in the conditions of Northern Kazakhstan // *E3S Web of Conferences.* – 2023. - Vol. 386. - Art. 03001.
4. Anikina I., Kaynidenov N.N., Krasij M.V., Kamarova A. Limited liability partnership «Pavlodar agricultural exper station». Comparative characteristics of the development and productivity of potato varieties of Kazakhstan selection in the conditions of the North-East of Kazakhstan // *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. BioScience Series.* – 2021. - No. 135. - P. 28–37.
5. Sutula M., Khosnutdinova T., Zhakmanova E., Akhmediyeva A. The prevalence of recombinant strains of potato virus Y in the East Kazakhstan region // *Plant disease.* – 2022. Vol. 107(1). - P. 236.
6. The Committee on Statistics Ministry of National Economics of the Republic of Kazakhstan. Available at: www.stat.gov.kz.
7. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. Viral Diseases in Potato // *The Potato Crop.* – 2020. - P. 1-5.
8. Gavrilenko T.A., Rogozina E.V., Antonova O. Ju. Sozdanie ustojchivyh k virusam rastenij kartofelja na osnove tradicionnyh podhodov i metodov biotehnologii [The creation of plant-resistant potatoes based on traditional approaches and biotechnology methods] // *Identificirovannyj genofond rastenij i selekcija.* – 2005. - P. 896.
9. Ristić D., Vučurović I., Kuzmanović S., et al. The Incidence and Genetic Diversity of Potato virus S in Serbian Seed Potato Crops // *Potato Res.* – 2019. - Vol. 62. - P. 31-46.

10. Fulladolsa A.C., LaPlant K.E., Groves R.L., et al. Potato Plants Grown from Minitubers are Delayed in Maturity and Lower in Yield, but are not at a Higher Risk of Potato virus Y Infection than Plants Grown from Conventional Seed // *Am. J. Potato Res.* – 2018. - Vol. 95. - P. 45-53.
11. Hutton F., Spink J., Griffin D., Kildea S., Bonner D., Doherty G., Hunter A. Distribution and incidence of viruses in Irish seed potato crops // *Irish Journal of Agricultural and Food Research.* – 2015. – Vol. 54(2). P. 98-106.
12. Kim J., Cha D.J., Kwon M., Maharjan R. Potato virus Y (PVY) detection in a single aphid by one-step RT-PCR with boiling technique // *Entomological Research.* – 2016. - Vol. 46. - P. 278-285.
13. Mohamad Chikh-Ali, Gray S.M., Karasev A.V. Improved Multiplex IC-RT-PCR Assay Distinguishes Nine Strains of Potato virus Y // *Plant Disease.* – 2013. - Vol. 97(10). - P. 1370-1374.
14. Mohamad Chikh-Ali, Alruwaili H., Vander Pol D., Karasev A.V. Molecular Characterization of Recombinant Strains of Potato virus Y From Saudi Arabia // *Plant Disease.* – 2016. - Vol. 100(2). - P. 292-297.
15. Santillan F.W., Fribourg C.E., Adams I.P., Gibbs A.J., Boonham N., Kehoe M.A., Maina S., Jones R.A.C. The Biology and Phylogenetics of Potato virus S Isolates from the Andean Region of South America // *Plant Disease.* – 2018. - Vol. 102(5). - P. 869-885.
16. Datasheet potato virus S. CABI. Available at: <https://www-cabi-org/cpc/datasheet/43662>.
17. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., et al. Pest categorisation of potato virus S (non-EU isolates) // *EFSA Journal.* – 2020. - Vol. 18(1). - e05855. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.5855.
18. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., et al. Scientific Opinion on the pest categorisation of potato virus M (non-EU isolates) // *EFSA Journal.* – 2020. - Vol. 18(1). - 5854. DOI: doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5854.
19. Xu H., D'Aubin J., Nie J. Genomic variability in potato virus M and the development of RT-PCR and RFLP procedures for the detection of this virus in seed potatoes // *Virology.* – 2010. - Vol. 7. - 25. DOI: 10.1186/1743-422X-7-25.
20. Taliensky M., Mayo M.A., Barker H. Potato leafroll virus: a classic pathogen shows some new tricks // *Mol Plant Pathol.* – 2003. - Vol. 4(2). - P. 81-89. DOI: 10.1046/j.1364-3703.2003.00153.x.
21. Garcia-Ruiz H., Holste N.M., LaTourrette K. Pteroviruses (Luteoviridae) // Elsevier Inc., University of Nebraska–Lincoln. – 2020.
22. Hameed A., Iqbal Z., Asad S., Mansoor S. Detection of Multiple Potato Viruses in the Field Suggests Synergistic Interactions among Potato Viruses in Pakistan // *The Plant Pathology Journal.* – 2014. - Vol. 30(4). - P. 407-415. DOI: 10.5423/PPJ.OA.05.2014.0039.
23. Byarugaba A.A., Mukasa S.B., Barekye A., Rubaihayo P.R. Interactive effects of Potato virus Y and Potato leafroll virus infection on potato yields in Uganda // *Open Agriculture.* – 2020. - Vol. 5(1). - P. 726-739. DOI: 10.1515/opag-2020-0073.
24. Karpova O., Alexandrova A., Nargilova R., Kryldakov R., Yekaterinskaya E.M., Romadanova N., Kushnarenko S., Iskakov B. Diagnosis of potato viruses in Kazakhstan: molecular characterisation of isolates // *Eurasian Journal of Applied Biotechnology.* – 2019. Vol. 1. P. 1-12. DOI: 10.11134/btp.1.2019.7.
25. Murphy J., Sikora E., Slack S., Guerini M. Six viruses identified in potato plants grown in Alabama, U.S.A. // *Canadian Journal of Plant Pathology.* – 2000. - Vol. 22. - P. 315-318. DOI: 10.1080/07060660009500481.

References

1. Akhmetova, D., Zhunusova R. (2023) Potato growing in the Akmola region of the Republic of Kazakhstan: situation analysis, priorities. *Problems of AgriMarket*, vol. 1., pp. 131–138. <https://doi.org/10.46666/2023-1.2708-9991.15>.
2. Anikina, I., Kaynidenov N.N., Krasij M.V., Kamarova A., and Limited liability partnership «Pavlodar agricultural experiment station.» (2021). Comparative characteristics of the development and productivity of potato varieties of Kazakhstan selection in the conditions of the North-East of Kazakhstan. *Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. BioScience Series*, no. 135., pp. 28–37. <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2021-135-2-28-37>.
3. Birch, R.J.P., G. Bryan, B. Fenton, E. G. Gilroy, I. Hein, J. T. Jones, A. Prashar, M.A. Taylor, L. Torrance, and I.K. Toth (2012) Crops that feed the world 8 – Potato: are the trends of increased global production sustainable? *Food Security*, vol. 4, pp. 477-508.
4. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., et al. (2020) Pest categorisation of potato virus S (non-EU isolates). *EFSA Journal*, vol. 18, no. 1, e05855. DOI: 10.2903/j.efsa.2020.5855.
5. Bragard C., Dehnen-Schmutz K., Gonthier P., et al. (2020) Scientific Opinion on the pest categorisation of potato virus M (non-EU isolates). *EFSA Journal*, vol. 18, no. 1, p.5854. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.5854>.
6. Byarugaba Arinaitwe Abel, Mukasa Settumba B., Barekye Alex, Rubaihayo Patrick R. (2020) Interactive effects of Potato virus Y and Potato leafroll virus infection on potato yields in Uganda. *Open Agriculture*, vol. 5, no. 1, pp. 726-739. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0073>.
7. Datasheet on potato virus S. CABI. Accessed January 15, 2023. <https://www-cabi-org/cpc/datasheet/43662>.

8. Fulladolsa A.C., LaPlant K.E., Groves R.L., et al. (2018) Potato Plants Grown from Minitubers are Delayed in Maturity and Lower in Yield, but are not at a Higher Risk of Potato virus Y Infection than Plants Grown from Conventional Seed. *Am. J. Potato Res.*, vol. 95, pp. 45-53.
9. Garcia-Ruiz Hernan, Holste N.M., LaTourrette K. (2020) *Poleroviruses (Luteoviridae)*. Elsevier Inc., University of Nebraska–Lincoln.
10. Gavrilenko T.A., Rogozina E.V., Antonova O. Ju. (2005) Sozdanie ustojchivyh k virusam rastenij kartofelja na osnove tradicionnyh podhodov i metodov biotekhnologii [The creation of plant-resistant potatoes based on traditional approaches and biotechnology methods]. *Identificirovannyj genofond rastenij i selekcija*, p. 896.
11. Hameed A., Iqbal Z., Asad Sh., Mansoor Sh. (2014) Detection of Multiple Potato Viruses in the Field Suggests Synergistic Interactions among Potato Viruses in Pakistan. *The Plant Pathology Journal*, vol. 30, no. 4, pp. 407-415. <http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.OA.05.2014.0039>.
12. Hutton F., Spink J., Griffin D., Kildea S., Bonner D., Doherty G., Hunter A. (2015) Distribution and incidence of viruses in Irish seed potato crops. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, vol. 54, no. 2, pp. 98-106.
13. Kakabayev, A., Suraganov M., Abdurahmanov I., Belgibayeva A., Kakabayev N., Auzhanova M., Sharipova B. (2023) The yield of elite potato varieties for primary seed production using precision agriculture technologies in the conditions of Northern Kazakhstan. *E3S Web of Conferences*, vol. 386, art.03001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338603001>.
14. Karpova O., Alexandrova A., Nargilova R., Kryldakov R., Yekaterinskaya E.M., Romadanova N., Kushnarenko S., Iskakov B. (2019) Diagnosis of potato viruses in Kazakhstan: molecular characterisation of isolates. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, vol. 1, pp. 1-12. <https://doi.org/10.11134/btp.1.2019.7>.
15. Kim J., Cha D.J., Kwon M., Maharjan R. (2016) Potato virus Y (PVY) detection in a single aphid by one-step RT-PCR with boiling technique. *Entomological Research*, vol. 46, pp. 278-285.
16. Kreuze J.F., Souza-Dias J.A.C., Jeevalatha A., Figueira A.R., Valkonen J.P.T., Jones R.A.C. (2020) *Viral Diseases in Potato*. *The Potato Crop*, pp. 1-5.
17. Mohamad Chikh-Ali, Alruwaili H., Vander Pol D., Karasev A.V. (2016) Molecular Characterization of Recombinant Strains of Potato virus Y From Saudi Arabia. *Plant Disease*, vol. 100, no. 2, pp. 292-297.
18. Mohamad Chikh-Ali, Gray S.M., Karasev A.V. (2013) Improved Multiplex IC-RT-PCR Assay Distinguishes Nine Strains of Potato virus Y. *Plant Disease*, vol. 97, no. 10, pp. 1370-1374.
19. Murphy J., Sikora E., Slack S., Guerini M. (2000) Six viruses identified in potato plants grown in Alabama, U.S.A. *Canadian Journal of Plant Pathology*, vol. 22, pp. 315-318. <https://doi.org/10.1080/07060660009500481>.
20. Ristić D., Vučurović I., Kuzmanović S., et al. (2019) The Incidence and Genetic Diversity of Potato virus S in Serbian Seed Potato Crops. *Potato Res.*, vol. 62, pp. 31-46.
21. Santillan F.W., Fribourg C.E., Adams I.P., Gibbs A.J., Boonham N., Kehoe M.A., Maina S., Jones R.A.C. (2018) The Biology and Phylogenetics of Potato virus S Isolates from the Andean Region of South America. *Plant Disease*, vol. 102, no. 5, pp. 869-885.
22. Sutula M., Khosnutdinova T., Zhakmanova E., Akhmediyeva A. (2022) The prevalence of recombinant strains of potato virus Y in the East Kazakhstan region. *Plant disease*, vol. 107(1), pp. 236.
23. Taliany M., Mayo M.A., Barker H. (2003) Potato leafroll virus: a classic pathogen shows some new tricks. *Molecular Plant Pathology*, vol. 4, no. 2, pp. 81-89. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00153.x>.
24. The Committee on Statistics Ministry of National Economics of the Republic of Kazakhstan. Available at: www.stat.gov.kz.
25. Xu H., D'Aubin J., Nie J. (2010) Genomic variability in potato virus M and the development of RT-PCR and RFLP procedures for the detection of this virus in seed potatoes. *Virology Journal*, vol. 7, 25. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-7-25>.

Информация об авторах:

Кенжебекова Роза Талгатовна – PhD студент факультета биологии и биотехнологии КазНУ имени аль-Фараби, научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: rozakenzhebekova344@gmail.com).

Мендыбаева Аружан Сайрановна – лаборант лаборатории молекулярной биологии РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: aruka0302@gmail.com).

Капытина Анастасия Иосифовна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: anastasiya.kapytina@mail.ru).

Гриценко Диляра Александровна (корреспондирующий автор) – PhD, заведующая лабораторией молекулярной биологии РГП на ПХВ «Институт биологии и биотехнологии растений» КН МНВО РК (Алматы, Казахстан, e-mail: d.korytina@gmail.com).

Information about authors:

Kenzhebekova Roza – PhD student of the Faculty of Biology and Biotechnology at Al-Farabi Kazakh National University, researcher at the Laboratory of Molecular Biology, RSE on REM “Institute of Plant Biology and Biotechnology” CS MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, e-mail: rozakenzhebekova344@gmail.com).

Mendybayeva Aruzhan – laboratory assistant at the Laboratory of Molecular Biology, RSE on REM “Institute of Plant Biology and Biotechnology” CS MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, e-mail: aruka0302@gmail.com).

Kapytina Anastasiya – junior researcher at the Laboratory of Molecular Biology, RSE on REM “Institute of Plant Biology and Biotechnology” CS MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, e-mail: anastasiya.kapytina@mail.ru).

Gritsenko Dilyara (corresponding author) – PhD, Head of the Laboratory of Molecular Biology, RSE on REM “Institute of Plant Biology and Biotechnology” CS MSHE RK (Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.kopytina@gmail.com).



Поступила: 12 марта 2024 года

Принята: 20 мая 2024 года

4-бөлім
ГИДРОБИОЛОГИЯ

Section 4
HYDROBIOLOGY

Раздел 4
ГИДРОБИОЛОГИЯ

Ye.M. Argynbayeva^{1,2*} , S.S. Barinova³ ,

G.Zh. Ormanova¹ 

¹Institute of Zoology, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³Institute of Evolution, Haifa University, Israel, Haifa

*e-mail: argynbaeva.erkezhan@gmail.com

CHARACTERISTICS OF THE MODERN TAXONOMIC COMPOSITION OF THE PHYTOPLANKTON IN THE KAZAKHSTAN PART OF THE IRTYSH RIVER

The transboundary Irtys River flows through the territory of three countries. The Irtys River is subjected to intense anthropogenic impact. In the Kazakhstan part of the Irtys River basin, there are zones of industrial influence in the cities of Pavlodar and Aksu. Hydroelectric power, ferroalloy plants, and coal pits are located in the territory of these cities. The study of the species composition of phytoplankton is a basic method in bioindication. Phytoplankton plays an essential role in evaluating the ecological status of aquatic ecosystems. The algae flora of the transboundary Irtys River has not been studied thoroughly enough. Most hydrobiological studies in the Kazakhstan part of the Irtys River basin were devoted to studying reservoirs. Based on this, the relevance of studying the planktonic communities of the Kazakhstan part of the Irtys River is increasing. This study aimed to analyze the richness of phytoplankton species in the Kazakh part of the Irtys River basin. The research was conducted in July 2023 at 27 stations. The selection sites were located on the upper and lower reaches of the Irtys River. Sections of the Black Irtys, from the border with the Altai to the confluence with Lake Zaisan, and sections in the Pavlodar region were surveyed. We registered 153 species and subspecies of algae from Heterokontophyta (69), Chlorophyta (61), Cyanobacteria (16), Charophyta (4), Euglenophyta (2), and Dinoflagellata (1) in the phytoplankton. A high level of similarity characterized phytoplankton of most of the surveyed sites.

Key words: phytoplankton, taxonomic composition, taxonomic similarity, genus, species, Irtys River.

Е.М. Аргынбаева^{1,2*}, С.С. Баринова³, Г.Ж. Орманова¹

¹ҚР ҒЖБМ ҒК «Зоология институты» ШҚ РМК, Қазақстан, Алматы қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

³Хайфа университетінің Эволюция институты, Израил, Хайфа қ.

*e-mail: argynbaeva.erkezhan@gmail.com

Ертіс өзенінің қазақстандық бөлігіндегі фитопланктонның қазіргі таксономиялық құрамының сипаттамасы

Траншекаралық Ертіс өзені үш мемлекеттің аумағы арқылы өтеді. Ертіс өзені қарқынды антропогендік әсерге ұшырайды. Ертіс өзені бассейнінің қазақстандық бөлігінде Павлодар және Ақсу қалаларының өндірістік әсер ету аймақтары бар. Бұл қалалардың аумағында су электр станциялары, көмір шахталары және ферроқорытпа зауыттары орналасқан. Планктондық қауымдастықтардың түр құрамын зерттеу биоиндикацияның іргелі әдісі болып табылады. Фитопланктон су экожүйелерінің экологиялық жағдайын бағалауда маңызды рөл атқарады. Траншекаралық Ертіс өзенінің балдырлар флорасы толық зерттелмеген. Ертіс өзені бассейнінің қазақстандық бөлігіндегі гидробиологиялық зерттеулердің көпшілігі су қоймаларын зерттеуге арналған. Осыған байланысты, Ертіс өзенінің қазақстандық бөлігіндегі планктондар қауымдастығын зерттеудің өзектілігі артуда. Бұл зерттеудің мақсаты – Ертіс өзені бассейнінің қазақстандық бөлігіндегі фитопланктонның түрлік байлығын талдау. Зерттеулер 2023 жылдың шілде айында 27 станцияда жүргізілді. Сынама алу орындары Ертіс өзенінің жоғарғы және төменгі ағысында орналасқан. Қара Ертістің Қытаймен шекарасынан Зайсан көліне құяраға дейінгі учаскелері, сондай-ақ Павлодар облысындағы учаскелері зерттелді. Фитопланктон құрамында 153 түрлер мен түршелері тіркелді, атап айтқанда гетероконттар – Heterokontophyta (69), жасыл балдырлар – Chlorophyta (61), цианобактериялар – Cyanobac-

teria (16), харалар – Charophyta (4), эвгленалар – Euglena (2) және динофитті балдырлар – Dinoflagellata (1). Алаптың зерттелген аумақтарының көпшілігінің фитопланктондары ұқсастық деңгейінің жоғарылығымен сипатталды.

Түйін сөздер: фитопланктон, таксономиялық құрамы, таксономиялық ұқсастық, тұқымдас, түр, Ертіс өзені.

Е.М. Аргынбаева^{1,2*}, С.С. Баринова³, Г.Ж. Орманова¹

¹РГУ на ПХВ «Институт зоологии» КН МНВО РК, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

³Институт Эволюции Университета Хайфы, Израиль, г. Хайфа

*e-mail: argynbaeva.erkezhan@gmail.com

Характеристика современного таксономического состава фитопланктона казахстанской части реки Иртыш

Трансграничная река Иртыш протекает по территории трех государств. Река Иртыш подвергается интенсивному антропогенному воздействию. На казахстанской части бассейна реки Иртыш есть зоны промышленного влияния городов Павлодар и Аксу. На территории этих городов расположены гидроэлектростанции, угольные карьеры и заводы ферросплавов. Изучение видового состава планктонных сообществ является фундаментальным методом биоиндикации. Фитопланктон играет существенную роль в оценке экологического состояния водных экосистем. Альгофлора трансграничной реки Иртыш изучена недостаточно полно. Большинство гидробиологических исследований на казахстанской части бассейна реки Иртыш было посвящено изучению водохранилищ. Исходя из этого актуальность изучения планктонных сообществ казахстанской части реки Иртыш возрастает. Целью настоящего исследования был анализ видового богатства фитопланктона казахстанской части бассейна реки Иртыш. Исследования были проведены в июле 2023 года на 27 станциях. Места отбора располагались на верхнем и нижнем течении реки Иртыш. Были обследованы участки Черного Иртыша, от границы с Китаем до впадения в озеро Зайсан, а также участки в Павлодарской области. В составе фитопланктона было зарегистрировано 153 вида и подвида водорослей из отделов гетероконты – Heterokontophyta (69), зеленые – Chlorophyta (61), цианобактерии – Cyanobacteria (16), харовые – Charophyta (4), эвгленовые – Euglenophyta (2), и динофлагелляты – Dinoflagellata (1). Фитопланктон большей части обследованных участков бассейна характеризовался высоким уровнем сходства.

Ключевые слова: фитопланктон, таксономический состав, таксономическое сходство, род, вид, река Иртыш.

Introduction

The study of phytoplankton in transboundary rivers is essential for assessing water quality. Bioindication is a fundamental technique to evaluate water quality. Algae, most of which are autotrophs, form the basis of a trophic chain in an aquatic ecosystem. Phytoplankton, using biogenic nitrogen and phosphorus compounds, participates in producing organic substances. The biogenic load's intensity impacts plankton communities' development and their species richness. Therefore, indicators of abundance, biomass and species composition are used in bioindication methods. A significant link in bioindication is the study of the species composition of phytoplankton communities [1]. Phytoplankton is a crucial element of the trophic chain of aquatic ecosystems and is important as a food base for fish and planktonic invertebrates.

The length of the Irtysh River is 4248 km. Its length is 1,700 km on the territory of Kazakhstan. The Irtysh River is a water source for agriculture, industry, and the population [2].

The study of phytoplankton in the Irtysh River was started in the 60s of the last century [3-5]. According to available data, the species richness of phytoplankton of the middle and lower parts of the Irtysh River varied from 158 to 211 species from 9 departments [6]. Hydroelectric power stations are located along the upper reaches of the Irtysh River: Bukhtarminskaya, Ust-Kamenogorsk and Shulbinskaya. Many phytoplankton studies in the Kazakh river basin have been conducted at the Bukhtarminskoye and Shulbinskoye reservoirs [7-11]. In the algae flora of the upper Irtysh, 8 divisions, 13 classes, 22 orders, 56 families, 347 species and 401 varieties and forms of algae were noted [12-19]. Two hundred forty-nine species have been recorded, including 73 new species not previously found in

the Bukhtarma reservoir and 176 new species in the middle Irtysh.

The study of phytoplankton communities in the Irtysh River basin is multidirectional due to its large geographical extent. Most of the studies were conducted in the Russian territory of the Irtysh River basin. The phytoplankton of the Kazakhstan part of the Irtysh River has not been studied thoroughly enough. In this regard, the relevance of the study of this site for the analysis and further assessment of water quality arises.

The study aims to analyze the species richness and distribution of phytoplankton in the upper and lower reaches of the Kazakhstan part of the Irtysh River basin.

Materials and methods

The study of the Kazakhstan part of the Irtysh River was conducted in July 2023 at 27 stations in 4 sections (Figure 1).

Section I covered the Black Irtysh, from the border with China to its confluence with Lake Zaisan (5 stations). Section II was located above the cities of Pavlodar and Aksu (7 stations). The following section combined five stations located in the zone of influence of the Pavlodar and Aksu cities. Section IV was located below the city of Pavlodar (10 stations).

Coordinates, water transparency, temperature and pH were recorded at the sampling stations.

Phytoplankton samples were taken from the surface layers by stretching and scooping 1 litre of water [20]. Water samples were fixed with 40% formalin. After the phytoplankton deposition, the samples were brought to a volume of 30 ml, and with a high density of the green film on the surface of the water, up to 100 ml. At this stage, before quantitative analysis, phytoplankton samples were examined under a microscope to determine the species composition. Next step, a thick drop of sediment from the bottom of the vial was taken from the total sample. Determinants were used to identify species and their systematic classification [21-29]. The abundance of planktonic algae was estimated on a six-point scale [30]. The numerical values correspond to the designations, where 1 is single, 2 is rare, 3 is not rare, 4 is common, 5 is very common, and 6 is massive, according to the Corde method [31]. Due to the large tabular material, it was decided to divide the data into four selection sites. The JASP statistical program was used for comparative analysis of phytoplankton communities [32]. Changes in the modern systematics of algae were tracked using the AlgaeBase database of marine and freshwater algae [33].



Figure 1 – Research areas in the Kazakh part of the Irtysh River basin in July 2023

Results and Discussion

One hundred fifty-three species belonging to 86 genera and 6 phyla have been found in the

river phytoplankton. The genera *Desmodesmus* (12 species), *Nitzschia* (9 species), *Scenedesmus* (8 species) and *Navicula* (6 species) were characterized by the most species richness (Table 1).

Table 1 – The species composition of phytoplankton in the Kazakhstan part of the Irtysh River (July 2023)

Taxa	I	II	III	IV
Heterokontophyta				
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow 1875	+			
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing 1844	+			
<i>Asterionella formosa</i> Hassall, 1850	+	+	+	+
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979	+			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979	+	+	+	+
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen 1979	+			
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg 1838	+	+	+	+
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin 1964	+			
<i>Cymbella affinis</i> Kützing 1844	+			
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) O.Kirchner 1878	+		+	
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) Van Heurck 1880				+
<i>Cymbella turgidula</i> Grunow 1875	+	+	+	
<i>Cymbopleura naviculiformis</i> (Auerswald ex Heiberg) Krammer 2003	+			
<i>Diatoma vulgare</i> Bory 1824	+	+	+	+
<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) Mart.Schmidt 1899	+			
<i>Dinobryon divergens</i> O.E.Imhof 1887	+			
<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve 1891	+			
<i>Diploneis parva</i> Cleve 1891	+			
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) D.G.Mann 1990			+	
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann 1990	+	+		+
<i>Encyonema ventricosum</i> (C.Agardh) Grunow 1875	+			
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson 1838				+
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843	+			
<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières 1830	+	+		
<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton 1869	+	+	+	+
<i>Fragilaria rumpens</i> (Kützing) G.W.F.Carlson 1913	+			
<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round 1988	+			
<i>Fragilariforma virescens</i> (Ralfs) D.M.Williams & Round 1988		+		
<i>Gomphonella olivacea</i> (Hornemann) Rabenhorst 1853	+	+	+	+
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing 1849	+			

Table continuation

Taxa	I	II	III	IV
<i>Gomphonema micropus</i> Kützing 1844	+			
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst 1853			+	
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) R.M.Patrick 1966	+			
<i>Iconella biseriata</i> (Brébisson) Ruck & Nakov 2016				+
<i>Navicula exigua</i> W.Gregory, 1854	+			
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot 1985	+			
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing 1844		+		+
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing 1844	+			
<i>Navicula radiosa</i> Kützing 1844		+		+
<i>Navicula rostellata</i> Kützing 1844		+		
<i>Navicymbula pusilla</i> (Grunow) Krammer 2003	+			
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer 1985		+		
<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve 1894				+
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W.Smith, 1853	+	+	+	+
<i>Nitzschia filiformis</i> (W.Smith) Van Heurck 1896				+
<i>Nitzschia fonticola</i> (Grunow) Grunow 1881				+
<i>Nitzschia linearis</i> W.Smith 1853	+		+	+
<i>Nitzschia perminuta</i> Grunow 1881				+
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst 1860	+			
<i>Nitzschia longissima</i> (Brébisson ex Kützing) Grunow 1862				+
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith 1856	+		+	+
<i>Nitzschia vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch 1860				+
<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing 1844	+			
<i>Placoneis elginensis</i> (W.Gregory) E.J.Cox 1988		+		
<i>Reimeria sinuata</i> (W.Gregory) Kociolek & Stoermer 1987	+	+		
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C.Agardh) Lange-Bertalot 1980		+		
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O.Müller 1895	+			
<i>Pseudokephyrion poculum</i> W.Conrad 1939	+	+		
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky 1902	+		+	+
<i>Stephanocyclus meneghinianus</i> (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek 2022	+	+	+	+
<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow 1880	+	+		+
<i>Surirella angusta</i> Kützing 1844				+
<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845				+
<i>Surirella minuta</i> Brébisson ex Kützing, nom. illeg. 1849				+
<i>Tryblionella hantzschiana</i> Grunow 1862	+			

Table continuation

Taxa	I	II	III	IV
<i>Tryblionella scalaris</i> (Ehrenberg) Siver & P.B.Hamilton 2005	+			
<i>Ulnaria danica</i> (Kützing) Compère & Bukhtiyarova 2006		+	+	+
<i>Ulnaria goulardii</i> (Brébisson ex Cleve & Grunow) D.M.Williams, Potapova & C.E.Wetzel 2022	+			
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001	+	+		
Charophyta				
<i>Cosmarium punctulatum</i> Brébisson 1856		+	+	+
<i>Hyalotheca dissiliens</i> Brébisson ex Ralfs 1848	+			
<i>Staurastrum cingulum</i> (West & G.S.West) G.M.Smith 1922				+
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs ex Ralfs 1848			+	+
Chlorophyta				
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim 1882	+			+
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov 1953	+	+	+	+
<i>Ankistrodesmus fusiformis</i> Corda 1838	+	+	+	
<i>Ankyra ancora</i> (G.M.Smith) Fott 1957	+			
<i>Chlorotetraedron incus</i> (Teiling) Komárek & Kovácik 1985				+
<i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris 1867	+	+		
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli 1855			+	
<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle 1892			+	
<i>Coenochloris pyrenoidosa</i> Korshikov 1953	+			
<i>Comasiella arcuate</i> (Lemmermann) E.Hegewald, M.Wolf, Al.Keller, Friedl & Krienitz 2010	+		+	
<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchner) E.H.Hegewald 2000	+	+		
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E.H.Hegewald 2000		+	+	+
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) E.Hegewald 2000		+	+	+
<i>Desmodesmus caudatoaculeatus</i> (Chodat) P.M.Tsarenko 2000		+	+	+
<i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald 2000	+	+		
<i>Desmodesmus costatogranulatus</i> (Skuja) E.Hegewald 2000	+			
<i>Desmodesmus intermedius</i> (Chodat) E.Hegewald 2000		+		
<i>Desmodesmus magnus</i> (Meyen) P.M.Tsarenko 2000			+	+
<i>Desmodesmus multicauda</i> (Masjuk) P.M.Tsarenko 2000		+		
<i>Desmodesmus serrato-pectinatus</i> (Chodat) P.M.Tsarenko 2000			+	
<i>Desmodesmus spinosus</i> (Chodat) E.Hegewald 2000				+
<i>Desmodesmus subspicatus</i> (Chodat) E.Hegewald & A.W.F.Schmidt 2000		+		
<i>Eudorina elegans</i> Ehrenberg 1832	+			+
<i>Golenkiniopsis solitaria</i> (Korshikov) Korshikov 1953	+			
<i>Granulocystopsis decorata</i> (Svirenko) P.M.Tsarenko 2000				+

Table continuation

Taxa	I	II	III	IV
<i>Hegewaldia parvula</i> (Woronichin) Pröschold, C.Bock, W.Luo & L.Krienitz 2010				+
<i>Heleochloris pallida</i> Korshikov 1953	+	+		
<i>Messastrum gracile</i> (Reinsch) T.S.Garcia 2021	+			
<i>Micractinium pusillum</i> Fresenius 1858	+	+		
<i>Micractinium quadrisetum</i> (Lemmermann) G.M.Smith 1916		+		
<i>Monoraphidium griffithii</i> (Berkeley) Komárková-Legnerová 1969	+	+	+	+
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová 1969	+	+	+	+
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová 1969	+	+		+
<i>Mucidosphaerium pulchellum</i> (H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz 2011	+	+	+	+
<i>Mychonastes jurisii</i> (Hindák) Krienitz, C.Bock, Dadheech & Proschold 2011			+	
<i>Oocystis borgei</i> J.W.Snow 1903			+	
<i>Oocystis elliptica</i> West 1892				+
<i>Oocystis submarina</i> Lagerheim 1886		+		+
<i>Paradoxia multiseta</i> Svirenko 1928			+	
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen 1829	+	+	+	+
<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E.Hegewald 2005		+		+
<i>Raphidocelis sigmoidea</i> Hindák 1977	+	+	+	+
<i>Raphidocelis danubiana</i> (Hindák) Marvan, Komárek & Comas 1984		+		
<i>Scenedesmus apiculatus</i> Corda 1838	+			
<i>Scenedesmus circumfusus</i> Hortobágyi 1960		+		+
<i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda 1835		+	+	+
<i>Scenedesmus intermedius</i> var. <i>acutispinus</i> (Y.V.Roll) E.Hegwald & An 1998				+
<i>Scenedesmus obtusus</i> Meyen 1829				+
<i>Scenedesmus semicristatus</i> Uherkovich 1966				+
<i>Scenedesmus semipulcher</i> Hortobágyi 1960	+	+		
<i>Scenedesmus soli</i> Hortobágyi 1960	+			+
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly 1974	+	+	+	+
<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald 2005				+
<i>Tetradesmus incrassatulus</i> (Bohlin) M.J.Wynne 2016	+	+	+	+
<i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J.Wynne & Guiry 2016	+	+	+	+
<i>Tetradesmus obliquus</i> (Turpin) M.J.Wynne 2016	+	+		
<i>Tetraëdron minimum</i> (A.Braun) Hansgirg 1889				+
<i>Tetraspora imperfecta</i> Korshikov 1953			+	+

Table continuation

Taxa	I	II	III	IV
<i>Tetrastrum elegans</i> Playfair 1917		+		
<i>Tetrastrum staurogeniiforme</i> (Schröder) Lemmermann 1900	+			
<i>Willea apiculata</i> (Lemmermann) D.M.John, M.J.Wynne & P.M.Tsarenko 2014			+	+
Cyanobacteria				
<i>Anathece clathrate</i> (West & G.S.West) Komárek, Kastovsky & Jezberová 2011		+		
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i> Ralfs ex Bornet & Flahault 1886	+			
<i>Aphanocapsa delicatissima</i> West & G.S.West 1912				+
<i>Aphanocapsa planctonica</i> (G.M. Smith) Komárek & Anagnostidis 1995				+
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S.West 1894				+
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek 1994	+			
<i>Aphanothece salina</i> Elenkin & A.N.Danilov 1915		+		
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli 1849	+			
<i>Gloeobacter violaceus</i> Rippka, J.B.Waterbury & Cohen-Bazire, nom. cons. 1974		+		
<i>Heteroleibleinia kuetzingii</i> (Schmidle) Compère 1985				+
<i>Limnothrix redekei</i> (Goor) Meffert 1988	+		+	
<i>Merismopedia minima</i> G.Beck 1897	+	+		
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemmermann 1898	+			
<i>Microcoleus autumnalis</i> (Gomont) Strunecky, Komárek & J.R.Johansen 2013		+		
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing 1846				+
<i>Synechocystis planctonica</i> Proskina-Lavrenko 1951	+			
Euglenophyta				
<i>Lepocinclis oxyuris</i> (Schmarda) B.Marin & Melkonian 2003		+		
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F.Stein 1878	+			
Dinoflagellata				
<i>Peridiniopsis quadridens</i> (F.Stein) Bourrelly 1968	+	+		
Total:	86	62	44	69
Sites: I – The Black Irtysh, from the border with China to its confluence with Lake Zaisan, II – above the city of Aksu, III – in the zone of influence of the cities of Pavlodar and Aksu, IV – below the city of Pavlodar				

The species richness decreased in the direction from site I to site III and then increased again in the lowest reaches of the Kazakhstan part of the Irtysh River basin.

Sixteen species of diatoms and green algae were found everywhere: *Asterionella formosa*, *Aulacoseira granulata*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria crotonensis*, *Gomphonella olivacea*, *Nitzschia acicularis*, *Stephanocyclus meneghinianus*, *Ankistrodesmus arcuatus*, *Monoraphidium griffithii*, *M. contortum*, *Mucidosphaerium*

pulchellum, *Pediastrum duplex*, *Raphidocelis sigmoidea*, *Sphaerocystis planctonica*, *Tetrademus incrassatus*, *T. lagerheimii*.

Each site has a different species composition of planktonic communities. Forty-two unique species have been identified in the Black Irtysh. In the zone of influence of the cities of Pavlodar and Aksu, 12 and 6 new species were identified at sites II and III, respectively. In the lower reaches of the Irtysh River, the species richness increased again to 24 species (Figure 2).

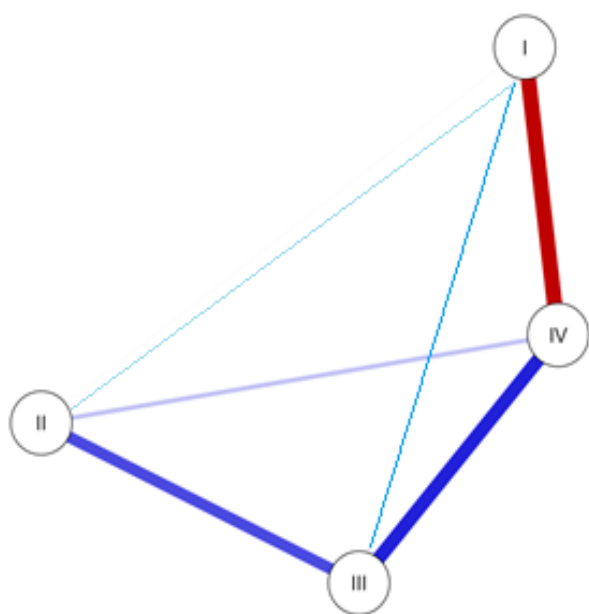


Figure 2 – The similarity of the phytoplankton species composition in the model sections of the Irtysh River according to the analysis of the JASP program

The thickness of the line shows the strength and direction of the correlation. Dark blue is a positive correlation, light blue is a weak positive correlation, and red is a negative correlation. The first and fourth sections of the study have a negative correlation. The species richness of phytoplankton varies significantly in these areas. The Black Irtysh has its unique species composition of phytoplankton.

The general trend shows that the species diversity of phytoplankton communities decreases from the upper part of the river to the lower. The change in the species diversity of river phytoplankton depends on the flow velocity, the time of material collection, and the anthropogenic impact. The phytoplankton sampling area was in the zone of influence of industrial cities. By government study and statistics the quality of the waters of the Irtysh River is assessed as class 1 – the best quality [34]. However, in the impact zone of the cities of Pavlodar, Aksu, rural districts of Zhanabet and Priirtyshskoye, exceedances of MPC values for copper in the waters of the Irtysh River were recorded [35]. There are several industrial sources of chemical pollution in the Pavlodar region: the hydroelectric power plants, coal pits, and a ferroalloy plant. The upper reaches of the Irtysh River are subject to organic pollution due to the insufficient purification of industrial and household wastewater [36].

Conclusion

One hundred fifty-three species and subspecies of algae were found in the summer phytoplankton of the Irtysh River. Most species richness was characteristic of diatoms and green algae. The species richness of planktonic algae decreased from the upper to the lower reaches. However, in the area below the city of Pavlodar, the species richness of phytoplankton increased again. The difference in the number of species at the four sites was slight, which indicates that species may have adapted to the physical and chemical factors of the river environment. However, the species composition of planktonic communities was unique in each site. The JASP program indicates the similarity of the species richness of phytoplankton between the sites of the Black Irtysh and the zones of influence of the cities of Pavlodar and Aksu. The negative trend indicates a discrepancy in species richness between the first three and the fourth sites.

Compared with previous studies, the number of phytoplankton species in the Irtysh River remains almost unchanged. However, it is worth noting that the research covered areas of the middle Irtysh, its tributaries, ponds, and lakes near Omsk [3,5]. Our research covers only the bed of the Kazakhstan part of the Irtysh River, which may affect differences in the number of species.

This study was conducted in one season. Differences in the number of species can be explained by the territorial vastness and temporal coverage, as well as the characteristics of the selected sites for collecting material. Considering these factors is important when comparing the results of different studies.

Further study of phytoplankton in the Irtysh River is essential for a deeper understanding of changes in its species composition, distribution and dynamics. This requires systematic data collection in different seasons and studies on different river sections to study phytoplankton dynamics.

Acknowledgements, conflict of interest

We express our deep gratitude to the project manager, Head of the Laboratory of Hydrobiology and Ecotoxicology “Institute of Zoology” of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Biological Sciences Elena G. Krupa, for constructive criticism and scientific advice.

There is no conflict of interest among the authors of the article.

Funding

This research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of

Kazakhstan, the Scientific Program “Assessment of biological resources of the Kazakh part of the transboundary Irtysh basin in the context of climate change (BR18574062).”

References

1. Барина С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. 2019. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа, Киев: Издательство Университета Хайфы, 367 стр.
2. Тарасов Д.С. Проблемы трансграничных рек во внешней политике КНР // Американская стратегия сдерживания КНР и конфликтный потенциал в Азии и Африке. – 2018. – С. 140–157.
3. Скабичевский А.П. Об изменении фитопланктона реки Иртыша от озера Зайсана до Омска // Мат–лы VII науч. конф. – Томск, 1957. – Вып. 3. – С. 31–33.
4. Андреев Г.П., Горячева Г.И., Скабичевский А.П., Чернявская М.А., Чистяков Л.Д. Водоросли реки Иртыш и его бассейна // Тр. Том. гос. ун-та. – Томск, 1963. – Т. 152. – С. 69–103.
5. Скабичевский А.П., Андреев Г.П. Краткий обзор изученности растительности и флоры водорослей реки Иртыша // Водоросли и грибы Западной Сибири. – Ч. 1. – Новосибирск: Наука, 1964. – С. 9–12.
6. Баженова О.П., Барсукова Н.Н., Гульченко Я.И. Летний фитопланктон реки Иртыш на участке Павлодар (Республика Казахстан) – Омск (Российская Федерация) // Вестник ОмГАУ. – 2017а. – №3 (27). – С. 42–50. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/letniy-fitoplankton-reki-irtysh-na-uchastke-pavlodar-respublika-kazakhstan-omsk-rossiyskaya-federatsiya>
7. Баженова О.П. Сезонное развитие фитопланктона Бухтарминского водохранилища // В кн: Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана. – Фрунзе, 1978. – С. 23–25.
8. Баженова О.П. «Цветение» воды Бухтарминского водохранилища как первый признак эвтрофирования // Экология. – 1980. – № 5. – С. 89–90.
9. Баженова О.П. Доминирующие формы фитопланктона Бухтарминского водохранилища // В кн: Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана. – Фрунзе, 1981. – С. 230–232.
10. Баженова О.П. Изменения в диатомовой флоре Бухтарминского водохранилища // Мат–лы междунар. конф. «Диатомовые водоросли индикаторы изменений окружающей среды и климата». – Иркутск, 1993 – С. 3–4.
11. Баженова О.П. Многолетняя динамика фитопланктона бассейна реки Иртыш (Состояние и тенденции): специальность 03.00.16: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Омск, 2005а. – 318 с.
12. Носков А.А. Фитопланктон Бухтарминского водохранилища в первые годы его заполнения // В кн: Биологические основы рыбного хозяйства на водоемах Средней Азии и Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1966. – С. 295–296.
13. Баженова О.П. Основные направления изменений в фитопланктоне Верхнего и Среднего Иртыша при антропогенном воздействии // Природа и природопользование на рубеже XXI века. – Омск: Курьер, 1999. – С. 134–136.
14. Баженова О.П. Фитопланктон Верхнего и Среднего Иртыша в условиях зарегулированного стока. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005б. – 248 с.
15. Баженова О.П. Оценка многолетних изменений экосистем верхнего и среднего Иртыша по показателям развития фитопланктона // Сиб. эколог. журнал. – 2006. – № 6. – С. 785–790.
16. Баженова О.П. Структура фитопланктона и сапробность вод Верхнего и Среднего Иртыша // Экология. – 2007. – № 2. – С. 141–143.
17. Барсукова Н.Н., Баженова О.П. Фитопланктон и экологическое состояние притоков среднего Иртыша (научная монография) // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2012. – 151 с.
18. Баженова О.П. Гульченко Я.И. Индикаторная значимость отдельных видов фитопланктона среднего течения реки Иртыш как показателей загрязнения воды // Вестник Омского гос. аграрного ун-та. – 2016. – № 1 (21). – С. 82–92.
19. Баженова О.П., Гульченко Я.И. К вопросу о выделении доминирующих видов фитопланктона // Мат–лы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Экология водоемоохладителей энергетических станций», Забайкал. гос. ун-т. – Чита: ЗабГУ, 2017б. – С. 14–22.
20. Абакумов В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
21. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР / отв. ред. Г.М. Паламарь-Мордвинцева. АН УССР. Ин-т ботаники им. Н. Г. Холодного. – Киев: Наук. думка, 1990. – 208 с.
22. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19 (1). – Jena: Gustav Fischer, 1999. – 548 p.
23. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokaryota: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19 (2). – München: Elsevier GmbH, 2005. – 759 p.
24. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/1. – Jena: Gustav Fisher Verlag, 1986. – 860 p.

25. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/2. – New York: Gustav Fischer Verlag, 1988. – 596 p.
26. Krammer K. Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/4. – Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991a. – 437 p.
27. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae: Fragillariaceae, Eunoticeae. Bd 2/3. Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991b. – 576 p.
28. Prygiel J., Coste M. Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées // Agences de l'Eau, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de l'Eau & CEMAGREF. – Paris, France, 2000. – 340 p.
29. Hindák F. Colour Atlas of Cyanophytes. Slovakia: VEDA, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, 2008. – 253 p.
30. Баринаова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. – Тель Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.
31. Кордэ Н.В. Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ). В кн.: Жизнь пресных вод СССР. Т. 4. Ч. 1. – Москва, Ленинград: АН СССР, 1956. – С. 383–413.
32. Love J., Selke R., Marsman M., Jamil T., Dropmann D., Verha gen A.J., Ly A., Gronau Q.F., Smira M., Epskamp S. Graphical statistical software for common statistical designs. // JASP, Journal of Statistical Software. – 2019. – Vol. 88. – P. 1–17. URL: <https://pure.uva.nl/ws/files/43961937/v88i02.pdf>
33. Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase World-Wide Electronic Publication. National University of Ireland, Galway. Available online: <http://www.algaebase.org> (accessed on 24 January 2024).
34. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды республики Казахстан за 2022 год. Министерство экологии и природных ресурсов, РГП «казгидромет», департамент экологического мониторинга URL: <https://ecogofond.kz/orhusskaja-konvencija/dostup-k-jekologicheskoy-informacii/jekologijaly-zha-daj/orsha-an-otrany-zhaj-k-ji-turaly-a-paratty-bjulletender/a-paratty-bjulleten-2011-zh/>
35. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды республики Казахстан за 2011 год. Министерство экологии и природных ресурсов, РГП «казгидромет», департамент экологического мониторинга URL: <https://ecogofond.kz/orhusskaja-konvencija/dostup-k-jekologicheskoy-informacii/jekologijaly-zha-daj/orsha-an-otrany-zhaj-k-ji-turaly-a-paratty-bjulletender/a-paratty-bjulleten-2011-zh/>
36. Карабалаева А.Б., Жантлесова Ш.Б. Влияние антропогенных факторов на состояние реки Иртыш в пределах Павлодарской области // Материалы научно-исследовательской конференции «Современные аспекты биологии и биотехнологии» 18-19 апреля. – 2012.

References

1. Abakumova V.A. (1983). Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij [Guidelines on methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Gidrometeoizdat, 240 p.
2. Andreev G.P., Gorjacheva G.I., Skabichevskij A.P., Chernjavskaja M.A., Chistjakov L.D. (1963). Vodorosli reki Irtysh i ego bassejna. [Algae of the Irtysh River and its basin] Tr. Tom. gos. un-ta, Tomsk
3. Bazhenova O.P., Barsukova N.N., Gulchenko Ia.I. (2017). Letnij fitoplankton reki Irtysh na uchastke Pavlodar (Respublika Kazakhstan) [Summer phytoplankton of the Irtysh River at the Pavlodar site (Republic of Kazakhstan)]. Vestnik OmGAU №3 (27), 42–50 p. <https://cyberleninka.ru/article/n/letniy-fitoplankton-reki-irtysh-na-uchastke-pavlodar-respublika-kazahstan-omsk-rossijskaya-federatsiya>
4. Barinova S.S., Belous E.P., Carenko P.M. (2019). Al'goindikacija vodnyh ob'ektov Ukrainy: metody i perspektivy [Algoindication of water bodies in Ukraine: methods and prospects]. Hajfa, Kiev
5. Bazhenova O.P. (1978). Sezonnnoe razvitie fitoplanktona Buhtarminskogo vodohranilishha [Seasonal development of phytoplankton of the Bukhtarma reservoir]. Biologicheskie osnovy rybnogo hozjajstva vodoemov Srednej Azii i Kazahstana. Frunze, 23–25 p.
6. Bazhenova O.P. (1980). «Cvetenie» vody Buhtarminskogo vodohranilisha kak pervyj priznak jevtrofirovaniya [“Bloom- ing” of the Bukhtarma reservoir water as the first sign of eutrophication]. Jekologija, no 5, pp. 89–90.
7. Bazhenova O.P. (1981). Dominirujushhie formy fitoplanktona Buhtarminskogo vodohranilisha [The dominant forms of phytoplankton of the Bukhtarma reservoir]. Biologicheskie osnovy rybnogo hozjajstva vodoemov Srednej Azii i Kazahstana. Frunze, 230–232 p.
8. Bazhenova O.P. (1993). Izmenenija v diatomovoj flore Buhtarminskogo vodohranilishha [Changes in the diatom flora of the Bukhtarma reservoir]. «Diatomovye vodorosli indikatory izmenenij okružhajushhej sredy i klimata Irkutsk, 3–4 p.
9. Bazhenova O.P. (2005a). Mnogoletnjaja dinamika fitoplanktona bassejna reki Irtysh (Sostojanie i tendencii): special'nost' 03.00.16 [Long-term dynamics of phytoplankton in the Irtysh River basin (State and trends): specialty 03.00.16]: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora biologicheskijh nauk. Omsk, 318 p.
10. Bazhenova O.P. (2005b). Fitoplankton Verhnego i Srednego Irtysha v uslovijah zaregulirovannogo stoka [Phytoplankton of the Upper and Middle Irtysh in conditions of regulated runoff]. Omsk: Izd-vo FGOU VPO OmGAU, 248 p.
11. Bazhenova O.P. (2006). Ocenka mnogoletnijh izmenenij jekosistem verhnego i srednego Irtysha po pokazateljam razvitiya fitoplanktona [Assessment of long-term changes in the ecosystems of the upper and middle Irtysh by indicators of phytoplankton development]. Siberian ecology journal, no 6, 785–790 p.

12. Bazhenova O.P. (2007). Struktura fitoplanktona i saprobnost' vod Verhnego i Srednego Irtysha [Phytoplankton structure and saprobity of the waters of the Upper and Middle Irtysh]. *Ecology*, no 2, 141–143 p.
13. Barsukova N.N., Bazhenova O.P. (2012). Fitoplankton i jekologicheskoe sostojanie pritokov srednego Irtysha (nauchnaja monografija) [Phytoplankton and the ecological state of the tributaries of the Middle Irtysh (scientific monograph)]. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH and Co.KG, 151 p.
14. Bazhenova O.P. (2016). Gul'chenko Ja.I. Indikatornaja znachimost' otdel'nyh vidov fitoplanktona srednego techenija reki Irtysh kak pokazatelej zagrjaznenija vody [The indicator significance of certain types of phytoplankton of the middle course of the Irtysh River as indicators of water pollution]. *Vestnik Omskogo gos. agrarnogo un-ta*, no 1 (21), 82–92 p.
15. Bazhenova O.P., Gul'chenko Ja.I. (2017b). K voprosu o vydelenii dominirujushih vidov fitoplanktona [On the issue of the allocation of dominant phytoplankton species]. Chita: ZabGU, 14–22 p.
16. Bazhenova O.P. (1999). Osnovnye napravlenija izmenenij v fitoplanktone Verhnego i Srednego Irtysha pri antropogennom vozdejstvii [The main directions of changes in the phytoplankton of the Upper and Middle Irtysh under anthropogenic influence]. *Priroda i prirodopol'zovanie na rubezhe XXI veka*. Omsk: Kur'er., 134–136 p.
17. Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anisimova O.V. (2006). Bioraznoobrazie vodoroslej-indikatorov okruzhajushhej sredy [Biodiversity of algae-indicators of the environment]. Tel' Aviv: Pilies Studio, 498 p.
18. Carenko P.M. (1990). Kratkij opredelitel' hlорokokkovykh vodoroslej Ukrainskoj SSR [A brief determinant of chlorococcal algae of the Ukrainian SSR]. Kiev: Nauk. dumka, 208 p.
19. Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase World-Wide Electronic Publication*. National University of Ireland, Galway. Available online: <http://www.algaebase.org> (accessed on 24 January 2024).
20. Hindák F. (2008). *Colour Atlas of Cyanophytes*. Slovakia: VEDA, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, 253 p.
21. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy Respubliki Kazahstan za 2022 god [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan for 2022]. Ministerstvo jekologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan, RGP «Kazgidromet», Departament jekologicheskogo monitoringa. URL: <https://ecogofond.kz/kz-a-paratty-bjulletender-2022-zh-ru-informacionnye-bjulleteni-za-2022-g/>
22. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy Respubliki Kazahstan za 2011 god [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan for 2011]. Ministerstvo jekologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan, RGP «Kazgidromet», Departament jekologicheskogo monitoringa. URL: <https://ecogofond.kz/orhusskaja-konvencija/dostup-k-jekologicheskij-informacii/jekologijaly-zha-daj/orsha-an-otrany-zhaj-k-ji-turaly-a-paratty-bjulletender/a-paratty-bjulleten-2011-zh/>.
23. Karabalaeva A.B., Zhantlesova Sh.B. (2012). Vlijanie antropogennyh faktorov na sostojanie reki Irtysh v predelakh Pavlodarskoj oblasti [The influence of anthropogenic factors on the state of the Irtysh River within the Pavlodar region] *Materialy nauchno-issledovatel'skoj konferencii «Sovremennye aspekty biologii i biotekhnologii» 18-19 aprelya*.
24. Kordje N.V. (1956). Metodika biologicheskogo izuchenija donnyh otlozhenij ozer (polevaja rabota i biologicheskij analiz) [Methods of biological study of lake bottom sediments (field work and biological analysis)]. *Zhizn' presnyh vod SSSR*. vol. 4, Ch. 1. Moskva, Leningrad: AN SSSR, 383–413 p.
25. Komárek J., Anagnostidis K. (1999). Cyanoprokaryota: Chroococcales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19 (1), Jena: Gustav Fischer, 548 p.
26. Komárek J., Anagnostidis K. (2005). Cyanoprokaryota: Oscillatoriales. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 19 (2), Munchen: Elsevier GmbH, 759 p.
27. Krammer K., Lange-Bertalot H. (1986). Bacillariophyceae: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/1, Jena: Gustav Fischer Verlag, 860 p.
28. Krammer K., Lange-Bertalot H. (1988). Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/2, New York: Gustav Fischer Verlag, 596 p.
29. Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991a). Bacillariophyceae: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd 2/4, Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag, 437 p.
30. Krammer K., Lange-Bertalot H. (1991b). Bacillariophyceae: Fragillariaceae, Eunoticeae. Bd 2/3. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Jena: Gustav Fischer Verlag, 576 p.
31. Love J., Selke R., Marsman M., Jamil T., Dropmann D., Verha gen A.J., Ly A., Gronau Q.F., Smira M., Epskamp S. (2019). Graphical statistical software for common statistical designs. *JASP, Journal of Statistical Software*, vol, 88, pp. 1–17. URL: <https://pure.uva.nl/ws/files/43961937/v88i02.pdf>
32. Noskov A.A. (1966). Fitoplankton Buhtarminskogo vodohranilishha v pervye gody ego zapolnenija [Phytoplankton of the Bukhtarma reservoir in the first years of its filling]. *Biologicheskie osnovy rybnogo hozjajstva na vodoemah Srednej Azii i Kazahstana*, Alma-Ata: Nauka, pp. 295–296
33. Prygiel J., Coste M. (2000). Guide méthodologique pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Diatomées. Agences de l'Eau, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Direction de l'Eau and CEMAGREF, Paris, France, 340 p.
34. Skabichevskii A.P. (1957). Ob izmenenii fitoplanktona reki Irtysha ot ozera Zaisana do Omska [On the change of phytoplankton of the Irtysh River from Lake Zaisan to Omsk]. *Materials of the VII scientific conference: Materialy VII nauchnoi konferentsii*
35. Skabichevskii A.P., Andreev G.P. (1964) *Kratkii obzor izuchennosti rastitelnosti i flory vodoroslei reki Irtysha* [A brief overview of the study of vegetation and flora of algae of the Irtysh River]. Novosibirsk: Nauka Vodorosli i griby Zapadnoi Sibiri.

36. Tarasov D.S. (2018). Problem transnichnyh rek vo vneshnei politike KNR [Problems of transboundary rivers in China's foreign policy]. Amerikanskaia strategiia sderzhivaniia KNR i konfliktnyi potentsial v Azii i Afrike. The American strategy of containing the PRC and the conflict potential in Asia and Africa

Авторлар туралы мәлімет:

Аргынбаева Еркежан Мухтаровна (корреспондент автор) – Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университетінің PhD студенті, ҚР “Зоология институтының” ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: argynbaeva.erkezhan@gmail.com)

Баринова София Степановна – PhD, Эволюция институтының қауымдастырылған профессоры (Хайфа, Израиль, email: sophia@evo.haifa.ac.il)

Орманова Гаухар Журсинбековна – биология ғылымдарының магистры, Зоология институтының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: gauhar.ormanova@gmail.com)

Information about authors

Argynbaeva, Yerkezan Mukhtarovna – PhD student, Al – Farabi Kazakh national university, researcher at the Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; argynbaeva.erkezhan@gmail.com

Barinova, Sophia Stepanovna – PhD, Associated Professor, Institute of Evolution Haifa, Israel; sophia@evo.haifa.ac.il

Ormanova, Gaukhar Zhursinbekovna – Master of Science in Natural Sciences, researcher at the Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan; gauhar.ormanova@gmail.com

Received February 6, 2024

Accepted May 20, 2024

5-бөлім
ЗООЛОГИЯ

Section 5
ZOOLOGY

Раздел 5
ЗООЛОГИЯ

П.А. Есенбекова^{1*} , Х.Г. Қорғанбек² 

¹ҚР ҒЖОМ ҒК «Зоология институты» РМК, Қазақстан, Алматы қ.

²А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қазақстан, Қостанай қ.

*e-mail: esenbekova_periz@mail.ru

ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ АҒАШ ЖАРТЫЛАЙ ҚАТТЫҚАНАТТЫЛАРЫ (HEMIPTERA, HETEROPTERA)

Мақалада Оңтүстік-Шығыс Қазақстанда ағаш жартылай қаттықанаттыларына 2023 жылы жүргізілген зерттеулер нәтижелері беріліп отыр. Зерттеу нәтижесінде ағаш Жартылай қаттықанаттыларының 8 тұқымдасына жататын 37 түрі анықталды. Бұлардың ішіндегі тұқымдастар: Жай көзшесіздер (8 түр, 22%), Шілтерлі қандалалар (7 түр, 19%), Ұсақ жыртқыштар (6 түр, 16%), Аңшы қандалалар, Жер қандалалары (4 түрден, 11%), Ағаш қалқаншалылары, Нағыз қалқаншалылар (3 түрден), Қабықасты қандалалары (2 түр) белгілі болды. Жартылай қаттықанаттылар тіршілік ету ортасына қарай ағашта, ағаш-бұтада, ағаш-бұта-шөптесін өсімдікте, ағаш-шөптесін өсімдікте тіршілік ететіндер болып бөлінеді. Ағаш қандалалары (24 түр), ағаш-бұта қандалалары (8 түр), ағаш-бұта-шөптесін түрлері (2 түр), ағаш-шөптесін түрлері (3 түр). Олар қоректік байланысы жағынан жыртқыштар (11 түр), аралас қоректілер (4 түр), өсімдікқоректілер (20 түр: кең өсімдікқоректілер (5 түр), тар өсімдікқоректілер (2 түр), көп өсімдікқоректілер (13 түр) және саңырауқұлаққоректілер (2 түр) болып бөлінеді. Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттылары жылына беретін ұрпақ санына қарай 4 топқа бөлінеді: жылына 1 рет ұрпақ береді (25 түр), жылына 2 рет ұрпақ береді (7 түр), жылына 3 реттен артық ұрпақ береді (3 түр), бір кезеңде бар даму сатысы бар (2 түр). Зерттеу аймағындағы түрлер экологиялық жағынан қалыпты ылғалды (36 түр) және ылғалдықуаң (тек 1 түр – *Orsillus maculatus*) болып бөлінеді. Жартылай қаттықанаттылар шала түрленіп дамитын жәндіктерге жатады және дамудың келесі кезеңдерінен өтеді – жұмыртқа, дернәсіл және ересек дарасы. Олар дамудың әртүрлі кезеңдерінде қыстайды. Көптеген түрлерде қыстау кезеңі ересек дарасы сатысында (28 түр), жұмыртқа сатысында (6 түр) және дернәсіл сатысында (3 түр) болады. Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттылары 13 зоогеографиялық таралу аймақтарында кездеседі: неотропикалық-голарктикалық (1 түр), голарктикалық (5 түр), транспалеарктикалық (6 түр), транспалеарктикалық-эффиоптық (1 түр), батыспалеарктикалық (5 түр), шығыспалеарктикалық (3 түр), трансевразиялық (8 түр), батысеуразиялық (2 түр), ортатетийлік (1 түр), ортатетийлік-тибет (1 түр), тұран (1 түр), тұран-гобий (2 түр), иран-тұран (1 түр).

Түйін сөздер: Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, ағаш жартылай қаттықанаттылары, Heteroptera.

P.A. Esenbekova^{1*}, Kh.G. Korganbek²

¹RSE "Institute of Zoology" Committee of Science Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, Almaty

²Kostanay regional university named after A. Baitursynov, Kazakhstan, Kostanay

*e-mail: esenbekova_periz@mail.ru

Arboreal hemiptera (Hemiptera, Heteroptera) of South-Eastern Kazakhstan

The article presents the results of studies of arboreal hemiptera in South-eastern Kazakhstan, conducted in 2023. As a result of the study, 37 species of arboreal hemiptera belonging to 8 families were identified. They are Miridae (8 species), Tingidae (7 species), Anthocoridae (6 species), Nabidae, Lygaeidae (4 species each), Acanthosomatidae, Pentatomidae (3 species each), Aradidae (2 species). According to their habitat, arboreal hemiptera of South-eastern Kazakhstan are divided into several groups: dendrobionts (24 species), dendro-tamnobionts (8 species), dendro-tamno-hortobionts (2 species), dendro-hortobionts (3 species). They are divided by food connections into zoophages (11 species), zoophytophages (4 species), phytophages (20 species) and mycetophages (2 species). According to the number of generations per year, all species of woody hemiptera of South-eastern Kazakhstan can be divided into several groups: 1) monovoltine (25 species), 2) bivoltine (7 species), 3) polyvoltine (3 species), 4) acyclic species

(2 species). Different species of hemiptera have different requirements for the degree of moisture content of the habitat. On this basis, the following ecological groups of species can be distinguished: mesophiles (36 species) and mesoxerophile (only *Orsillus maculatus*). Hemiptera belong to insects with incomplete transformation and go through the following stages of development – egg, larva and imago. They are characterized by wintering at different stages of development. In most species, winter diapause occurs at the imago stage (28 species), at the egg stage (6 species) and at the larva stage (3 species). Arboreal hemiptera of Southeastern Kazakhstan are found in 13 zoogeographic regions: Neotropical-Holarctic (1 species), Holarctic (5 species), Trans-Paleartic (6 species), Trans-Paleartic-Ethiopian (1 species), West Palearctic (5 species), East Palearctic (3 species), Trans-Eurasian (8 species), West Eurasian (2 species), Orthatetic (1 species), Orthatetic-Tibetan (1 species), Turanian (1 species), Turano-Gobi (2 species), Iranian-Turanian (1 species).

Key words: South-Eastern Kazakhstan, arboreal hemiptera, Heteroptera.

П.А. Есенбекова^{1*}, Х.Г. Қорғанбек²

¹РГП «Институт зоологии» КН МНВО РК, Казахстан, г. Алматы

²Костанайский региональный университет имени А. Байтурсынова, Казахстан, г. Костанай

* e-mail: esenbekova_periz@mail.ru

Древесные полужесткокрылые (Hemiptera, Heteroptera) Юго-Восточного Казахстана

В статье представлены результаты исследований древесных полужесткокрылых в Юго-Восточном Казахстане, проведенных в 2023 г. В результате исследования выявлено 37 видов древесных полужесткокрылых, принадлежащих к 8 семействам. Из них были определены следующие семейства: Слепняки (8 видов), Кружевницы (7 видов), Крошки-хищники (6 видов), Клопы-охотники, Наземники (по 4 вида), Древесные щитники, Настоящие щитники (по 3 вида), Подкорники (2 вида). По приуроченности к местам обитания древесные полужесткокрылые Юго-Восточного Казахстана подразделяются на несколько групп: древесные (24 вида), древесно-кустарниковые (8 видов), древесно-кустарниково-травянистые (2 вида), древесно-травянистые (3 вида). Древесные полужесткокрылые по пищевым связям подразделяются на следующие группы: зоофаги (11 видов), полифитофаги (4 вида), фитофаги (20 видов) и мицетофаги (2 вида). Также по числу поколений в год все виды древесных Юго-Восточного Казахстана можно разделить на несколько групп: моновольтинные (одно поколение в год) (25 видов), бивольтинные (два поколения в год) (7 видов), поливольтинные (несколько поколений в год) (3 вида), ациклические виды (2 вида). Разные виды полужесткокрылых имеют различные требования к степени увлажненности местообитания. По этому признаку могут быть выделены следующие экологические группы: умеренной влажности (36 видов) и мезоксерофил (только 1 вид *Orsillus maculatus*). Полужесткокрылые относятся к насекомым с неполным превращением и проходят следующие стадии развития – яйцо, личинка и имаго. Для них характерна зимовка на разных стадиях развития. У большинство видов зимняя диапауза происходит на стадии взрослой особи (28 видов), на стадии яйца (6 видов) и на стадии личинки (3 вида). Древесные полужесткокрылые Юго-Восточного Казахстана находятся в 13 зоогеографических областях: неотропико-голарктическая (1 вид), голарктическая (5 видов), транспалеарктическая (6 видов), транспалеарктическо-эфиопская (1 вид), западнопалеарктическая (5 видов), восточнопалеарктическая (3 вида), трансевразийская (8 видов), западноевразийская (2 вида), ортатетическая (1 вид), ортатетическо-тибетская (1 вид), туранская (1 вид), турано-гобийская (2 вида), ирано-туранская (1 вид).

Ключевые слова: Юго-Восточный Казахстан, древесные полужесткокрылые, Heteroptera.

Кіріспе

Жартылай қаттықанаттылар немесе қандалалар – насекомдар класындағы ең үлкен отрядтардың бірі. Олар түрлі биотоптарда тіршілік етіп, биогеоценоздағы биологиялық процестерде маңызды рөл атқарады. Олардың арасында жыртқыш және өсімдікқоректі түрлер көптеп кездеседі. Өсімдікқоректі түрлері жаппай көбейіп, орман шаруашылығына зиянын келтіреді.

Ал жыртқыш түрлері орман шаруашылығындағы зиянды түрлердің санын реттеп, пайдалы әсер етеді.

Жартылай қаттықанаттылар отряды жайлы соңғы жылдардағы шетелдік әдебиеттерге шолу жасасақ, жартылай қаттықанаттылардың систематикасы, биологиясы, экологиясы мен эволюциясының соңғы жылдардағы жетістіктері жекелеген тұқымдастар: қабық асты қандалалары [1-2], шілтерлілер [3-6], шоқпарлылар мен жер

қандалалары [7], нағыз қалқаншалылар [8], жалпы Жартылай қаттықанаттылар жайлы мәліметтер [9-10] осы басылымдарда көрсетілген.

Оңтүстік-Шығыс Қазақстанда ағаш жартылай қаттықанаттыларына арнайы зерттеу жұмыстары жүргізілмеген, сондықтан бұл жұмысымыз өзекті.

Зерттеу мақсатымыз – Оңтүстік-Шығыс Қазақстан территориясының ағаш жартылай қаттықанаттыларының түр құрамын, биологиясы, экологиясын және таралуын зерттеу.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Насекомдар өсімдіктерді арнайы энтомологиялық ауа сүзгісімен «ору» әдісімен және ағаштар мен бұталарды ақ матаға қағу арқылы жиналды, ал ұсақ насекомдарды ұстауға эксгаустер аспабы пайдаланылды. Түнгі жарыққа ұшып келетін насекомдар арнайы жарық көздерінен, автокөлік жарықтарынан ұсталды. Сонымен қатар насекомдарды өсімдіктерден көзбен қарап, суретке түсіріп, бақылау жұмыстары жүргізілді [1-3]. Ұстаған жәндіктерді уландыратын ыдыс-тұншықтырғыш ыдысқа жинайды [1].

Тұншықтырғыш ыдысқа жиналған жәндіктерді жансызданғаннан кейін, бірден энтомологиялық инеке тізген дұрыс. Мұндай жәндіктер коллекцияда сақталады және оларды анықтау да оңай болады. Инеке тізу уақытты талап етеді, сондықтан сақтаудың ең тиімді тәсілі-мақтадан жасалған матрасшаларда сақтау [1-3]. Жиналған материал туралы мәлімет дала күнделігіне жазылып қана қоймай, мақта матрасшаның бетіне этикетка жазылады.

Этикеткада материалды жинаған жер атауы, биотопы, уақыты мен жинаған маман аты-жөні жазылады. Жинаған бар материал мақта матрасшалармен қатты қорапқа салынады.

Насекомдардың түр құрамы зертханалық жағдайда микроскоппен және анықтағыштармен анықталды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Төменде зерттеу нәтижесінде табылған түрлер жайлы мәліметтер беріліп отыр.

Шілтерлілер тұқымдасы – Tingidae

Monosteira discoidalis (Jakovlev, 1883). Алматы облысы, Еңбекшіқазақ ауданы, Масақ ауылы, Шелек өзені аңғары, 09.07.2023, 3♀, 3♂. Ағаш түрі (ақ теректерде, талдарда және басқа да жапырақты ағаштарда жапырақтарды зақымдау

арқылы айтарлықтай зиян келтіреді, қандалалар жапырақтардың төменгі бетінде үлкен топ болып жиналады); қалыпты ылғалды жерлерде, көбінесе жол бойындағы екпелерде, саябақтарда, қалалық ағаш екпелерінде кездеседі [4]; кең өсімдікқоректі; жылына екі рет ұрпақ береді (би-вольтинді), ересек даралары қыстайды. Ортатейлік түр.

Monosteira inermis Horvath, 1899. Жетісу Алатауы, Қояндытау, Ұзынбұлақ, Қайыңды шатқалдары, 14.07.2000, 2♀, 2♂. Ағаш түрі; қалыпты ылғалды жерлерде; кең өсімдікқоректі (жапырақты ағаштарда); жылына екі рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды [5]. Тұран түрі.

Monosteira unicostata (Mulsant & Rey, 1852). Алматы облысы, Еңбекшіқазақ ауданы, Масақ ауылы, Шелек өзені аңғары, 21.07.2023, 5♀, 4♂; Балқаш ауданы, Миялы ауылы маңы, Іле өзені аңғары, 07-08.07.2023, 35♀, 38♂, талда, қарағашта жаппай кездесті, ағаштар зақымданған. Ағаш түрі (тораңғы, тал, терек, қарағашта); қалыпты ылғалды жерлерде; кең өсімдікқоректі (жапырақтарды зақымдайды, оларда сары дақтар пайда болады және қатты зақымдалған жапырақтар мерзімінен бұрын түсіп кетеді, бұл өсімдіктердің қалыпты өсуіне әсер етеді) [5]; жылына екі рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды. Батыспалеарктикалық түр.

Physatocheila distinguenda Jakovlev, 1880. Алматы облысы, Қызылтаң орманшылығы, Іле өзені аңғары, 18.07.2023, 3♀, 3♂. Дендро-тамнобионт; қалыпты ылғалды жерлерде (өзендердің жайылмалары мен атырауларында); тар өсімдікқоректі (талда *Salix*); жылына бір рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды [5]. Трансеуразиялық түр.

Physatocheila putshkovi Golub, 1976. Жетісу Алатауы, Шолақ тауы, Тайғақ шатқалы, 27.07.2023, 3♀, 2♂; Алматы қаласы, Зоология институты маңы, 12.07.2023, 2♀, 2♂. Ағаш түрі; қалыпты ылғалды жерлерде; тар өсімдікқоректі (мойыл, шетенде); жылына бір рет ұрпақ береді (моновольтинді), ересек даралары қыстайды [5]. Шығыспалеарктикалық түр.

Physatocheila smreczynskii China, 1952. Жетісу Алатауы, Шолақ тауы, Тайғақ шатқалы, 28.07.2023, 3♀, 3♂. Ағаш-бұта түрлері (Раушангүлділер тұқымдасы ағаштары мен бұталарында); қалыпты ылғалды жерлерде (орман биотоптарында, тауларда 900-1300 м дейін [5]); кең өсімдікқоректі (*Rosacea* тұқымдасы); жылына 2-3 рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды. Транспалеарктикалық түр.

Stephanitis pyri (Fabricius, 1775). Алматы облысы, Еңбекшіқазақ ауданы, Масақ ауылы, Шелек өзені аңғары, 23.07.2023, 2♀, 2♂; Іле өзені аңғары, Қызылтаң орманшылығы, 18.07.2023, 12♀, 8♂. Ағаш-бұта түрлері (*Pyrus, Malus, Ulmus, Tilia, Sorbus, Rosa* және басқа да ағаштар мен бұталарда); қалыпты ылғалды жерлерде; көпөсімдікқоректі; жылына 2-3 рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды [5]. Батыспалеарктикалық түр.

Аңшы қандалалар тұқымдасы – Nabidae

Himacerus apterus (Fabricius, 1798). Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, Іле Алатауы, Ақсай шатқалы. 01.07.2023. 1♀2♂. Ағаш-бұта түрлері (жапырақты, қылқан жапырақты және қарағайлы ормандарда, саябақтарда, бақтарда, жайылмалы ағаш-бұталы тоғайларда), 1 және 2 даму сатысындағы дернәсілдер шөптесін өсімдіктерде, ал 3 даму сатысындағы дернәсілдері бұталарға, содан кейін ағаштарға ауысады [6]; қалыпты ылғалды жерлерде (таулы орман түрі, субальпілік шалғындарға көтеріледі); жыртқыш (жұмсақ жабынды кенелермен және ұсақ жәндіктермен қоректенеді) [7, 8]; жылына бір рет ұрпақ береді, жұмыртқалары қыстайды. Голарктикалық түр.

Himacerus mirmicoides (O. Costa, 1834). Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, Іле Алатауы, Ақсай шатқалы, 14.07.2023, 4♂, 3♀; Қырғауылды шатқалы, 13.07.2023, 1♂, 2♀. Дендро-тамно-хортобионт (әртүрлі шөптесінді және шөптесінді-бұталы, ағашты, негізінен жақсы қыздырылған және орташа қалыпты ылғалды жерлерде жерлерде); қалыпты ылғалды жерлерде (орман алқаптарында, сирек орман жамылғысы астында, бақтарда, саябақтарда, шабындықтарда); жыртқыш (ұсақ жәндіктер: өсімдік биттері, көбелек жұлдызқұрттары, жай көзшесіз қандалалар және т.б. қоректенеді) [6]; жылына бір рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды. Батыспалеарктикалық түр.

Nabis (Aspilaspis) pallidus Fieber, 1861. Алматы облысы, Еңбекшіқазақ ауданы, Масақ ауылы, Шелек өзені аңғары, 22-24.07.2023, 8♀, 2♂; Балқаш ауданы, Миялы ауылы маңы, Іле өзені аңғары, 05.07.2023, 4♀, 6♂ + III-IV даму сатысындағы дернәсілдері; «Алтынемел» МҰТП, Іле өзені аңғары, 22-24.07.2023, 5♀, 5♂. Балқаш көлінің солтүстік жағалауынан И.М. Кержнер атап өтті [6]. Ағаш түрі (жыңғылда); қалыпты ылғалды жерлерде; жыртқыш (әртүрлі жәндіктермен қоректенеді); жылына екі рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды. Тұран-гобий түрі.

Nabis (Aspilaspis) viridulus Spinola, 1837. Алматы облысы, Балқаш ауданы, Миялы ауылы маңы, Іле өзені аңғары, 15.07.2023, 4♀, 4♂; «Алтынемел» МҰТП, Іле өзені аңғары, 15.07.2023, 8♀, 4♂. Ағаш түрі (жыңғылда); қалыпты ылғалды жерлерде; жыртқыш (әртүрлі жәндіктермен қоректенеді: өсімдік биттері, қандалалардың жұмыртқалары және дернәсілдері) [6]; жылына бір рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды. Эфиоптық-транспалеарктикалық түр.

Ұсақ жыртқыштар тұқымдасы – Anthocoridae

Acomprocoris alpinus Reuter, 1875. Іле Алатауы, Үлкен Алматы көлі, 23.07.2023, 2♀, 2♂. Ағаш түрі (қылқан жапырақты ағаштарда: *Abies, Picea, Larix, Pinus*), тауларға 1200 м биіктікке дейін және одан жоғары көтеріледі; қалыпты ылғалды жерлерде (орман аймағында, көбінесе тауларда); жыртқыш (негізінен өсімдік биттерімен қоректенеді) [9]; жылына бір рет ұрпақ береді, ересек даралары қыстайды. Трансеуразиялық түр.

Anthocoris angularis Reuter, 1884. Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, Іле Алатауы, Ақсай шатқалы. 01.07.2023. 3♀2♂. Ағаш түрі (өзен аңғарларында, шырғанақта, талдар мен тораңғыларда); қалыпты ылғалды жерлерде; жыртқыш (жапырақ бүргелері мен әртүрлі жәндіктердің дернәсілдерімен қоректенеді) [9]; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Тұран – гобий тоғай түрі.

Anthocoris confusus Reuter, 1884. Алматы облысы, Қарасай ауданы, Алатау ауылы маңы, 16.07.2023, 3♀, 2♂; «Алтынемел» МҰТП, Мыңбұлақ кордоны, 16.07.2023, 1♀, 2♂; Шыған кордоны, 17.07.2023, 3♀, 1♂. Орман түрі. Ағаш түрі (әртүрлі жапырақты ағаштарда, сирек қылқан жапырақты ағаштарда кездеседі: *Acer, Betula, Alnus, Quercus, Populus, Salix, Ulmus*); қалыпты ылғалды жерлерде; жыртқыш (ол өсімдік биттері, жапырақ бүргелері, көбелек жұлдызқұрттарымен қоректенеді); жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Якутияда талда тіршілік етеді [10]. Голарктикалық түр.

Anthocoris flavipes Reuter, 1884. Жетісу Алатауы, Қояндытау тауы, Ұзынбұлақ шатқалы, 29.07.2023, 1♀, 2♂; Іле Алатауы, Медеу шатқалы, 12.07.2023, 2♀, 2♂. Дендро-хортобионт (ағаштар мен ірі шөптесін өсімдіктерде), қалыпты ылғалды жерлерде (тауларда 1800-3000 м биіктікте) [9]; жыртқыш; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Ортатетийлік-тибет тау түрі.

Anthocoris limbatus Fieber, 1836. Алматы облысы, Балқаш ауданы, Миялы ауылы маңы, Іле өзені аңғары, 2♀, 1♂; Қарасай ауданы, Алатау ауылы маңы, 16.07.2023, 2♀, 2♂; «Алтынемел» МҰТП, Шыған кордоны, 17.07.2023, 1♀, 1♂. Ағаш түрі (орманды далада, далада, көктерек-қайың тоғайларында, өзендердің жайылмаларында, сондай-ақ аралас ормандарда, талдарда); қалыпты ылғалды жерлерде; жыртқыш (ұсақ жәндіктермен, олардың дернәсілдерімен және жұмыртқаларымен қоректенеді); жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды [9]. Трансеуразиялық түр.

Anthocoris nemorum (Linnaeus, 1761). Алматы облысы, Қарасай ауданы, Жандосов елді мекені маңы, 15.07.2023, 1♀, 2♂; «Алтынемел» МҰТП, Мыңбұлақ кордоны, 10.07.2023, 4♀, 3♂; Жантоғай кордоны, Іле өзені аңғары, 11.07.2023, 2♀, 2♂. Дендро-хортобионт (эртүрлі ағаштар мен шөптесінді өсімдіктерде), қалыпты ылғалды жерлерде (таулы ормандар, альпілік және субальпілік белдеулерде, 1000-3000 м дейін, бақтарда кездеседі, алма ағашының зиянкестерінің санын реттеуде үлкен рөл атқарады (Пучков, 1961); жыртқыш (өсімдік биттері, кенелер, сымырлар, трипстер, түн көбелектерінің жұмыртқалары және жұлдызқұрттарымен қоректенеді; жылына 2-3 рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды [9]. Транспалеарктикалық түр.

Жай көзшесіздер тұқымдасы – Miridae

Deraeocoris olivaceus (Fabricius, 1777). Жетісу Алатауы, Қояндытау тауы, Қайыңды шатқалы, 28.07.2023, 1♀, 2♂. Ағаш түрі (эртүрлі жалпақ жапырақты ағаштар мен бұталарда); қалыпты ылғалды жерлерде; аралас қоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; жұмыртқалары қыстайды. Трансеуразиялық түр.

Deraeocoris pilipes (Reuter, 1879). Алматы облысы, Балқаш ауданы, Миялы ауылы маңы, Іле өзені аңғары, 05.07.2023, 1♀, 1♂; Алматы облысы, Еңбекшіқазақ ауданы, Масақ ауылы, Шелек өзені аңғары, 16.07.2023, 2♀, 2♂. Ағаш түрі (жапырақты ағаштарда: терек, тал және т.б.); қалыпты ылғалды жерлерде; аралас қоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Иран-тұран түрі.

Deraeocoris lutescens (Schilling, 1830). Іле Алатауы етегі, Алатау ауылы маңы, 23.07.2023, 2♀, 2♂; Үлкен Алматы өзені аңғары, 23.07.2023, 1♀, 2♂. Ағаш түрі (эртүрлі жапырақты және жеміс ағаштарында, бұталарда, шөптесін өсімдіктерде сирек кездеседі); қалыпты ылғалды

жерлерде (эртүрлі мезофитті биотоптарда, тауда орман белдеуінде); жыртқыш (өсімдік биттері және басқа да ұсақ жәндіктермен қоректенеді); жылына екі рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды (өсімдік қалдықтары астында). Молдавияда ол емен ағаштарында жиі кездеседі және онда жаппай көбейеді [11]. Транспалеарктикалық түр.

Deraeocoris ruber (Linnaeus, 1758). Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, Іле Алатауы, Ақсай шатқалы, 01.07.2023, 1♀, 2♂. Дендро-гамно-хортобионт (ағаштарда, негізінен шөптесін өсімдіктерде); қалыпты ылғалды жерлерде (көбінесе орманның шеттерінде және шабындықтарында, жайылмалы шалғындарда); аралас қоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; жұмыртқалары қыстайды. Неотропикалық-голарктикалық түр.

Agnocoris rubicundus (Fallen, 1807). Алматы облысы, Балқаш ауданы, Миялы ауылы маңы, Іле өзені аңғары, талда, 15.07.2023, 2♀, 1♂. Ағаш түрі (жапырақты, жеміс ағаштары мен бұталарында, көбінесе талда); қалыпты ылғалды жерлерде (аралас орман, жайылмаларда, 800-2300 м тауларда); көпөсімдікқоректі (*Salix* талының тұқымымен қоректенеді, үйеңкі және т.б.); жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Бұл жеміс дақылдары зиянкестерінің қатарына жатады [12, 13], бірақ бұл шындыққа сәйкес келмейді. Голарктикалық түр.

Apolygus limbatus (Fallen, 1807). Алматы қаласы, Бас ботаника бағы, 21.07.2023, 2♀, 3♂; Алматы облысы, Балқаш ауданы, Бақанас елді мекені маңы, Іле өзені аңғары, 15.07.2023, 3♀, 4♂. Ағаш түрі; қалыпты ылғалды жерлерде (орман аймағы); көпөсімдікқоректі (негізінен талдарда, сондай-ақ қайың мен қандыағашта); жылына екі рет ұрпақ береді; жұмыртқалары қыстайды. Трансеуразиялық түр.

Lygidea illota (Stal, 1858). Алматы қаласы, Бас ботаника бағы, 21.07.2023, 1♀, 2♂; Алматы облысы, Балқаш ауданы, Миялы ауылы маңы, Іле өзені аңғары, талда, 15.07.2023, 3♀, 2♂. Ағаш түрі (талдарда); қалыпты ылғалды жерлерде (жайылмалы тоғайларда); көпөсімдікқоректі; жылына бір рет ұрпақ береді [14]; ересек даралары қыстайды. Шығыспалеарктикалық түр.

Lygocoris contaminatus (Fallen, 1807). Алматы қаласы, Бас ботаника бағы, 21.07.2023, 3♀, 2♂; Шарын МҰТП, Шарын өзені аңғары, 08.07.2023, 2♀, 2♂. Ағаш түрі; қалыпты ылғалды жерлерде (аралас ормандарда); көпөсімдікқоректі (*Salix*, *Betula* және т.б.); жылына екі рет ұрпақ береді; жұмыртқалары қыстайды [15]. Голарктикалық түр.

Қабық асты қандалалар тұқымдасы – Aradidae

Aradus betulae (Linnaeus, 1758). Алматы қаласы, Бас ботаника бағы, 23.07.2023, 4♀, 3♂. Ағаш түрі (на больных и погибших березах и на других лиственных деревьях, пораженных трутовиками из группы Polypogasea [16]; мицетофаг; қалыпты ылғалды жерлерде; ациклді; барлық даму сатысындағы дернәсілдері мен ересектері қыстайды. Транспалеарктикалық түр.

Aradus cinnatomeus Panzer, 1794. Алматы қаласы, Бас ботаника бағы, 22.07.2023, 2♀, 3♂. Ағаш түрі (жас қарағайларда); қалыпты ылғалды жерлерде; саңырауқұлақкоректі, саңырауқұлақ шырынымен қоректенеді; ациклді; барлық даму сатысындағы дернәсілдері мен ересектері қыстайды [17]. Батысеуразиялық түр.

Жер қандалалары тұқымдасы – Lygaeidae

Arocatus roeselii (Schilling, 1829). Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, Іле Алатауы, Ақсай шатқалы. 01.07.2023. 4♀, 3♂. Ағаш түрі (қылқан жапырақты ағаштардың қабығының астында, қандыағаш *Alnus* жемістерінде) [18]; қалыпты ылғалды жерлерде; көпөсімдікқоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Батыспалеарктикалық түр.

Arocatus melanocephalus (Fabricius, 1798) – қарағаш қандаласы. Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, Іле Алатауы, Ақсай шатқалы. 01.07.2023. 12♀, 20♂; Алматы қаласы, Зоология институты маңы, 03.07.2023. 23♀, 21♂; Бас ботаника бағы, 23.07.2023, 14♀, 13♂; Іле Алатауы, Бутаковқа шатқалы, 30.07.2023, 12♀, 10♂. Ағаш түрі (ол ағаштардың қабығының астында (әсіресе емендердің), ағаш сүрегі саңылауларында, әртүрлі ағаштардың жапырақтарында (негізінен қарағашта) кездеседі [18]; қалыпты ылғалды жерлерде; көпөсімдікқоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Трансеуразиялық түр.

Orsillus maculatus Fieber, 1861. Іле Алатауы, Үлкен Алматы шатқалы, 18.07.2023, 2♀, 3♂; Іле Алатауы, Бутаковқа шатқалы, 30.07.2023, 2♀, 2♂. Ағаш түрі (қарағай, сауырағаш және арша бүршіктерінде); мезоксерофил; кең өсімдікқоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; жұмыртқалары қыстайды. Кипрде *Cupressus sempervirens* бүршіктерінде кездескен [18]. Батысеуразиялық түр.

Kleidocerys resedae resedae (Panzer, 1797). Алматы облысы, Еңбекшіқазақ ауданы, Шелек елді мекені, 19.07.2023, 1♀, 2♂; Алматы қаласы, Бас ботаника бағы, 23.07.2023, 2♀, 3♂. Дендро-

тамнобионттар (қайың мен қандыағаш бар барлық жерде кездеседі); қалыпты ылғалды жерлерде (орманды дала, тауларда 2000 м биіктікке дейін көтеріледі); көпөсімдікқоректі (*Betula*, *Fraxinus*, *Alnus*, *Ledum*, *Spiraea*, *Corylus*); жылына бір рет ұрпақ береді; V даму сатысындағы дернәсілдері мен ересек даралары қыстайды. Қайың тұқымының өнімін жояды. Зақымдалған жапырақтар шеттерін астыңғы жағына бүгеді [19]. Трансеуразиялық түр.

Ағаш қалқаншалылар тұқымдасы – Acanthosomatidae

Acanthosoma spinicolle Jakovlev, 1880. Алматы қаласы, Бас ботаника бағы, 23.07.2023, 2♀, 2♂; 29.07.2023, 3♀, 2♂. Ағаш түрі (жапырақты және қылқанжапырақты ағаштарда); қалыпты ылғалды жерлерде (аралас ормандарда, тауда 900-1000 м биіктікке дейін); көпөсімдікқоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды [20, 21]. Шығыспалеарктикалық түр.

Acanthosoma haemorrhoidale haemorrhoidale (Linnaeus, 1758). Алматы қаласы, Зоология институты маңы, 10.07.2023, 2♀, 1♂. Ағаш-бұта түрлері(жапырақты ағаштарда: *Betula*, *Guercus*, *Crataegus*, *Corylus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Prunus*, *Sorbus* және т.б.); қалыпты ылғалды жерлерде; көпөсімдікқоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды [21, 22]. Транспалеарктикалық түр.

Elasmotethus interstinctus (Linnaeus, 1758). Іле Алатауы, Бутаковқа шатқалы, 30.07.2023, 2♀, 2♂; Медеу шатқалы, 10.07.2023, 1♀, 3♂. Ағаш-бұта түрлері(қайың, тал, қандыағашта, сирек көктерек, үшқатта); қалыпты ылғалды жерлерде (ормандарда); көпөсімдікқоректі; жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды [22, 23]. Голарктикалық түр.

Нағыз қалқаншалылар тұқымдасы – Pentatomidae

Arma custos (Fabricius, 1794). Оңтүстік-Шығыс Қазақстан, Іле Алатауы, Ақсай шатқалы. 01.07.2023. 1♀2♂. Дендро-хортобионт (жеке ағаштар мен бұталарда, құрғақ белестер мен тау беткейлерінде, саябақтарда, көлеңкелі ылғалды және батпақты орман алқаптарында, жайылмалы ормандарда, әсіресе *Salix* талда және *Alnus* қандыағашта); қалыпты ылғалды жерлерде (аралас қалыпты ылғалды жерлердеді ормандарда, тауларда 900-1300 м биіктікке дейін); жыртқыш (әртүрлі ұсақ буынаяқтылармен, көбінесе жапырақжегіш қоңыздардың дернәсілдерімен қоректенеді, жемтіктерін белсенді түрде

іздейді); жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды [22, 23]. Трансеуразиялық түр.

Palomena prasina (Linnaeus, 1761) – жасыл паломена. Алматы облысы, Қарасай ауданы, Жандосов елді мекені маңы, 15.07.2023, 2♀, 2♂; Іле Алатауы, Бутаковка шатқалы, 30.07.2023, 2♀, 1♂; Іле Алатауы, Ақсай шатқалы. 01.07.2023. 3♀, 2♂. Ағаш-бұта түрлері(ағаштарда, ересек даралары қыстаудан шыққаннан кейін ашық жерлерге, соның ішінде мәдени алқаптарға ұшады, кейінірек олар ормандарға оралады, бірақ негізінен орман шеттерінде болады; дернәсілдері шөптесін өсімдіктер мен бұталарда дамиды); қалыпты ылғалды жерлерде (алма және аралас ормандарда); көпөсімдікқоректі (көбінесе бұталар мен ағаштарда: *Ribes*, *Rubus*, *Rosa*, *Quercus*, *Crataegus*, *Prunus*, *Sorbus*, *Acer*, *Fraxinus*, *Tilia*, *Betula*, *Alnus* және т.б.); жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Тамыздың

басында жаңа ұрпақтары шығады [24]. Батыспаlearктикалық түр.

Palomena viridissima (Poda, 1761) – ашық жасыл паломена. Алматы облысы, Қарасай ауданы, Жандосов елді мекені маңы, 15.07.2023, 3♀, 2♂; Іле Алатауы, Ақсай шатқалы. 01.07.2023. 4♀, 3♂. Ағаш-бұта түрлері(Раушангүлділер тұқымдасы ағаштары мен бұталарында); қалыпты ылғалды жерлерде; көпөсімдікқоректі (көбінесе жапырақты ағаштарда [22]); жылына бір рет ұрпақ береді; ересек даралары қыстайды. Транспаlearктикалық түр.

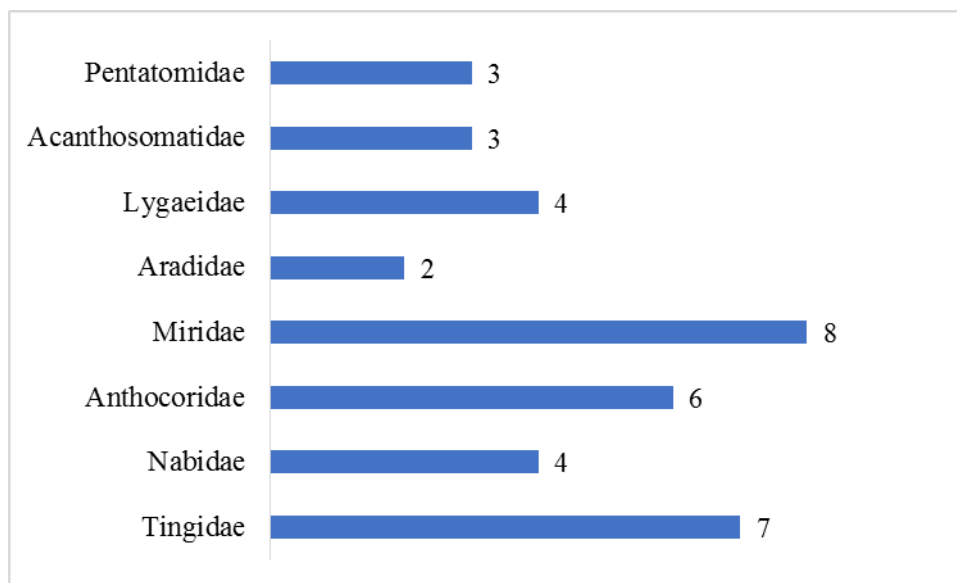
Төменде зерттеу нәтижесінде табылған Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттылары жайлы мәліметтер беріліп отыр (кесте 1).

Зерттеу нәтижесінде ағаш Жартылай қаттықанаттыларының 8 тұқымдасына жататын 37 түрі анықталды (сурет 1).

1-кесте – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттылары (Hemiptera, Heteroptera) түр құрамы

Тұқымдас	Түр	Саны	%
Шілтерлілер	<i>Monosteira discoidalis</i> (Jakovlev, 1883) <i>Monosteira inermis</i> Horvath, 1899 <i>Monosteira unicastata</i> (Mulsant & Rey, 1852) <i>Physatocheila distinguenda</i> Jakovlev, 1880 <i>Physatocheila putshkovi</i> Golub, 1976 <i>Physatocheila smreczynskii</i> China, 1952 <i>Stephanitis pyri</i> (Fabricius, 1775)	7	19
Аңшы қандалалар	<i>Himacerus apterus</i> (Fabricius, 1798) <i>Himacerus mirmicoides</i> (O. Costa, 1834) <i>Nabis pallidus</i> Fieber, 1861 <i>Nabis viridulus</i> Spinola, 1837	4	11
Ұсақ жыртқыштар	<i>Acomporis alpinus</i> Reuter, 1875 <i>Anthocoris angularis</i> Reuter, 1884 <i>Anthocoris confusus</i> Reuter, 1884 <i>Anthocoris flavipes</i> Reuter, 1884 <i>Anthocoris limbatus</i> Fieber, 1836 <i>Anthocoris nemorum</i> (Linnaeus, 1761)	6	16
Жай көзшесіздер	<i>Deraeocoris olivaceus</i> (Fabricius, 1777) <i>Deraeocoris pilipes</i> (Reuter, 1879) <i>Deraeocoris lutescens</i> (Schilling, 1830) <i>Deraeocoris ruber</i> (Linnaeus, 1758) <i>Agnocoris rubicundus</i> (Fallen, 1807) <i>Apolygus limbatus</i> (Fallen, 1807) <i>Lygidea illota</i> (Stal, 1858) <i>Lygocoris contaminatus</i> (Fallen, 1807)	8	22
Қабықасты қандалалары	<i>Aradus betulae</i> (Linnaeus, 1758) <i>Aradus cinnamomeus</i> Panzer, 1794	2	5
Жер қандалалары	<i>Arocatus roeselii</i> (Schilling, 1829) <i>Arocatus melanocephalus</i> (Fabricius, 1798) <i>Orsillus maculatus</i> Fieber, 1861 <i>Kleidocerys resedae resedae</i> (Panzer, 1797)	4	11

Тұқымдас	Түр	Саны	%
Ағаш қалқаншалылар	<i>Acanthosoma spinicolle</i> Jakovlev, 1880 <i>Acanthosoma haemorrhoidale haemorrhoidale</i> (Linnaeus, 1758) <i>Elasmotethus interstinctus</i> (Linnaeus, 1758)	3	8
Нағыз қалқаншалылар	<i>Arma custos</i> (Fabricius, 1794) <i>Palomena prasina</i> (Linnaeus, 1761) <i>Palomena viridissima</i> (Poda, 1761)	3	8
8		37	100



1-сурет – Түрлерді тұқымдастарға бөлу

Суретте көрсетілгендей түр құрамы жағынан басым тұқымдастар: Жай көзшесіздер (8 түр, 22%), Шілтерлілер (7 түр, 19%), Ұсақ жыртқыштар (6 түр, 16%), Аңшы қандалалар, Жер қандалалары (4 түрден, 11%), қалған тұқымдастардан тек 2-3 түрден ғана белгілі болды.

Ағаш жартылай қаттықанаттылар қоректік байланысы жағынан жыртқыш тар (11 түр), аралас қоректілер (4 түр), өсімдікқоректілер (20 түр) және саңырауқұлаққоректілер (2 түр) болып бөлінеді.

Өсімдікқоректілер (20 түр): Кең өсімдікқоректілер (5 түр): *Monosteira discoidalis*, *M. inermis*, *M. unicastata*, *Physatocheila smreczynskii*, *Orsillus maculatus*. Тар өсімдікқоректілер (2 түр): *Physatocheila distinguenda*, *P. putshkovi*. Көпөсімдікқоректілер (13 түр): *Stephanitis pyri*, *Agnocoris rubicundus*, *Apolygus limbatus*, *Lygidea illota*, *Lygocoris contaminatus*, *Arocatus roeselii*, *A. melanocephalus*, *Kleidocerys resedae resedae*, *Acanthosoma spinicolle*, *A. h. haemorrhoidale*,

Elasmotethus interstinctus, *Palomena prasina*, *P. viridissima*.

Жыртқыштар (11): *Himacerus apterus*, *H. mirmicoides*, *Nabis pallidus*, *N. viridulus*, *Acomporis alpinus*, *Anthocoris angularis*, *A.confusus*, *A. flavipes*, *A. limbatus*, *A. nemorum*, *Arma custos*.

Аралас қоректілер (4): *Deraeocoris olivaceus*, *D. pilipes*, *D. lutescens*, *D. ruber*.

Саңырауқұлаққоректілер (2 түр): *Aradus betulae*, *A. cinnamomeus*.

Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттылары жылына беретін ұрпақ санына қарай 4 топқа бөлінеді: жылына 1 рет ұрпақ береді (25 түр), жылына 2 рет ұрпақ береді (7 түр), жылына 3 реттен артық ұрпақ береді (3 түр), бір кезеңде бар даму сатысы бар (2 түр).

Жылына 1 рет ұрпақ беретін түрлер (25 түр): *Physatocheila distinguenda*, *P. putshkovi*, *Himacerus apterus*, *H. mirmicoides*, *Nabis viridulus*,

Acomporis alpinus, *Anthocoris angularis*, *A.confusus*, *A. flavipes*, *A. limbatus*, *Deraeocoris olivaceus*, *D. pilipes*, *D. ruber*, *Agnocoris rubicundus*, *Lygidea illota*, *Arocatus roeselii*, *A.melanocephalus*, *Kleidocerys resedae resedae*, *Orsillus maculatus*, *Acanthosoma spinicolle*, *A. h. haemorrhoidale*, *Elasmotethus interstinctus*, *Arma custos*, *Palomena prasina*, *P.viridissima*.

Жылына 2 рет ұрпақ беретін түрлер (7 түр): *Monosteira discoidalis*, *M. inermis*, *M. unicostata*, *Nabis pallidus*, *Deraeocoris lutescens*, *Apolygus limbatus*, *Lygocoris contaminatus*.

Жылына 3 реттен артық ұрпақ беретін түрлер (3 түр): *Physatocheila smreczynskii*, *Stephanitis pyri*, *Anthocoris nemorum*.

Бір кезеңде бар даму сатысы бар (2 түр): *Aradus betulae*, *A. cinnamomeus*.

Зерттеу аймағындағы түрлер экологиялық жағынан 36 түр қалыпты ылғалды жерлерде, тек *Orsillus maculatus* ылғалдықуаң жерлерде.

Жартылай қаттықанаттылар шала түрленіп дамитын жәндіктерге жатады және дамудың келесі кезеңдерінен өтеді – жұмыртқа, дернәсіл

және ересек дарасы. Олар дамудың әртүрлі кезеңдерінде қыстайды. Көптеген түрлерде қыстау кезеңі ересек дарасы сатысында (28 түр), жұмыртқа сатысында (6 түр), ересек дарасы және дернәсіл сатысында (3 түр) болады.

Жартылай қаттықанаттылардың зоогеографиялық таралуына климаттық жағдайлардың дифференциациясы айтарлықтай әсер етеді. Жәндіктердің жер бетінде таралуына ең үлкен әсер ететін екі климаттық құрам бөлігі бар: температура мен ылғалдылық. Жартылай қаттықанаттылардың географиялық таралуы, басқа жәндіктер сияқты, негізінен құрлықтағы басқа организмдерге белгілі заңдылықтарға бағынады. Қазақстан Жартылай қаттықанаттыларының зоогеографиялық таралуын талдау үшін біз А.Ф. Емельянов ұсынған биогеографиялық аудандастыру сызбасын қабылдадық [35].

Төменде Оңтүстік-Шығыс Қазақстандағы ағаш жартылай қаттықанаттыларының зоогеографиялық таралуы жайлы мәліметтер беріліп отыр (сурет 2).



2-сурет – Түрлерді зоогеографиялық таралу аймақтарына бөлу

Неотропикалық-голарктикалық таралу аймағынан (1 түр): *Deraeocoris ruber*.

Палеарктика мен Неарктиканы қамтитын голарктикалық таралу аймағынан (5 түр): *Himacerus apterus*, *Anthocoris confusus*, *Agnocoris rubicundus*, *Lygocoris contaminatus*, *Elasmotethus interstinctus*.

Транспалеарктикалық таралу аймағынан (6 түр): *Physatocheila smreczynskii*, *Anthocoris nemorum*, *Deraeocoris lutescens*, *Aradus betulae*, *Acanthosoma haemorrhoidale haemorrhoidale*, *Palomena viridissima*.

Транспалеарктикалық-эфиоптық таралу аймағынан (1 түр): *Nabis viridulus*.

Батыспалеарктикалық таралу аймағынан (5 түр): *Monosteira unicostata*, *Stephanitis pyri*, *Himacerus mirmicoides*, *Arocatus roeselii*, *Palomena prasina*.

Шығыспалеарктикалық таралу аймағынан (3 түр): *Physatocheila putshkovi*, *Lygidea illota*, *Acanthosoma spinicolle*.

Трансеуразиялық таралу аймағынан (8 түр): *Physatocheila distinguenda*, *Acomporis alpinus*, *Anthocoris limbatus*, *Deraeocoris olivaceus*,

Apolygus limbatus, *Arocatus melanocephalus*, *Kleidocerys resedae resedae*, *Arma custos*.

Батысеуразиялық таралу аймағынан (2 түр): *Aradus cinnamomeus*, *Orsillus maculatus*.

Ортатетийлік таралу аймағынан (1 түр): *Monosteira discoidalis*.

Ортатетийлік-тибет таралу аймағынан (1 түр): *Anthocoris flavipes*.

Тұран таралу аймағынан (1 түр): *Monosteira inermis*.

Тұран-гобий таралу аймағынан (2 түр): *Nabis pallidus*, *Anthocoris angularis*.

Иран-тұран таралу аймағынан (1 түр): *Deraeocoris pilipes*.

Қорытынды

Жартылай қаттықанаттылар тіршілік ету ортасына қарай ағаш түрі, ағаш-бұта, ағаш-бұта-шөптесін өсімдік, ағаш- шөптесін өсімдік түрлері болып бөлінеді. Ағаш түрлері (24 түр): *Monosteira discoidalis*, *Monosteira inermis*, *Monosteira unicostata*, *Physatocheila putshkovi*, *Physatocheila smreczynskii*, *Nabis pallidus*, *Nabis viridulus*, *Acomporis alpinus*, *Anthocoris angularis*, *Anthocoris confusus*, *Anthocoris limbatus*, *Deraeocoris olivaceus*, *Deraeocoris pilipes*, *Deraeocoris lutescens*, *Agnocoris rubicundus*, *Apolygus limbatus*,

Lygidea illota, *Lygocoris contaminatus*, *Aradus betulae*, *Aradus cinnamomeus*, *Arocatus roeselii*, *Arocatus melanocephalus*, *Orsillus maculatus*, *Acanthosoma spinicolle*. Ағаш-бұта түрлері (8 түр): *Physatocheila distinguenda*, *Stephanitis pyri*, *Himacerus apterus*, *Kleidocerys resedae resedae*, *Acanthosoma haemorrhoidale haemorrhoidale*, *Elasmotethus interstinctus*, *Palomena prasina*, *Palomena viridissima*. Ағаш-бұта-шөптесін өсімдік түрлері (2 түр): *Himacerus mirmicoides*, *Deraeocoris ruber*. Ағаш- шөптесін өсімдік түрлері (3 түр): *Anthocoris flavipes*, *Anthocoris nemorum*, *Arma custos*. Оңтүстік-шығыс Қазақстанда мекен ететін ағаш жартылай қаттықанаттылардың таксономиялық құрамы мен биологиясы туралы мәліметтер сол аймақтың экологиялық тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақаланың мазмұнын оқып танысқан және мүдделер қақтығысы жоқ.

Жұмыстың қаржылық қолдау көзі ТТН BR18574058 «Қазақстан жануарларының Қызыл кітабын және сирек кездесетін және құрып кету қаупі төнген жануарлар бойынша электрондық деректер базасын әзірлеу» тақырыбы бойынша мақсатты қаржыландыру бағдарламасы.

Әдебиеттер

1. Marie-Claude La Riviere and Andre La Rochelle. 2022. A brief overview of the subfamily Carventinae in New Zealand (Heteroptera: Aradidae). *Journal of World Insect Taxonomy Insecta Mundi* 0961:1-56.
2. Schuh, R.T.; Weirauch, C. 2020. True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera). Classification and Natural History, 2nd ed.; Siri Scientific Press: Manchester, UK; pp. 1–768.
3. Heiss, E.; Golub, V.B. 2021. A new genus and species of Tingidae from Cretaceous Burmese amber (Hemiptera, Heteroptera). *Palaeoentomology*, 4, 137–140.
4. Heiss, E.; Guilbert, E. 2021. A new species of Burmacader Heiss & Guilbert, 2013 from Cretaceous Burmese amber (Hemiptera, Heteroptera, Tingidae). *Palaeoentomology*, 4, 30–33.
5. Popov, Y.A.; Golub, V.B. 2019. A new tribe, genus and four species of lace bugs (Hemiptera: Heteroptera: Tingidae) from the Upper Cretaceous of Southwestern Kazakhstan. *Paleontol. J.*, 53, 155–164.
6. Golub, V.B., Sergeeva, E.V. 2020. First record of *Agramma atricapillum* (Heteroptera: Tingidae) from the Asian part of Russia. *Zoosystematica Rossica*, vol. 29, no. 1, pp. 75–76. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2020.29.1.75-76>
7. Eduardo, Patrick. 2022. Thermal Biology of *Liorhyssus hyalinus* (Hemiptera: Rhopalidae) and *Nysius simulans* (Hemiptera: Lygaeidae), Fed on the Milky Stage of Maize Grains. *Journal of Insect Science*. Volume 22(4): 1; 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00700-0>
8. Liljesthröm G.G. and Rabinovich J.E. 2023. Biological control of the stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) by two parasitoids and their interaction in non-crop habitats: a simulation model. *Bulletin*, Volume 113, Issue, June, pp. 315 – 325. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10841-022-00700-0>
9. Rudoi V.V., Vinokurov N.N., Korshunov A.V. et al. 2022. New records of native and alien true bugs (Heteroptera) from Kemerovo Region, Western Siberia, Russia. *Acta Biologica Sibirica*, vol. 8, pp. 483–506. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2022.8.483-506>
10. Butler E.A. 1923. A Biology of the British Hemiptera-Heteroptera: i-vii, 1-682. Witherby, London.
11. Кириченко А.Н. Методы сбора настоящих полужесткокрылых и изучения местных фаун. Изд-во АН СССР. – М.-Л., 1957. – 124 с.
12. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. – Воронеж, 1970. – 192 с.
13. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М. 1971. – 424 с.

14. Асанова Р.Б. Полужесткокрылые (Heteroptera) Юго-Восточного Казахстана // В сб.: «Фауна и биология насекомых Казахстана». – Алма-Ата: Изд-во «Наука» КазССР, 1971. – С. 121-135.
15. Пучков В.Г. Беритиды, червоноклопи, пьезматиды, підкорники і тингіди. Фауна України. – Т.21. – Вип. 4. – Київ, 1974. – 332 с.
16. Кержнер И.М. Полужесткокрылые семейства Nabidae. Насекомые хоботные. Фауна СССР. – Т. 13. – Вып. 2. – Л. Наука., 1981. – 327 с.
17. Soutwood T.R., Leston L. Land and water bugs of the British Isles. – London. 1959. – 436 p.
18. Koschel H. Zur Kenntniser Raubwanze *Himacerus apterus* F. (Heteroptera, Nabidae). Teil. I, II. // Z. angew. Entomol. – 1971. – Bd. 68. – H. 1. – S. 1-24; H. 2. – S.113-137.
19. Элов Э.С. Полужесткокрылые сем. Anthocoridae (Heteroptera) Средней Азии и Казахстана. Энтомол. обзор. – 1976. – Т. 55. – Вып. 2. – С. 369-380.
20. Винокуров Н.Н. Насекомые полужесткокрылые (Heteroptera) Якутии. – Л.: Наука, 1979. – 232 с.
21. Талицкий В.И., Пучков В.Г. Обзор фауны полужесткокрылых (Hemiptera, Geocorinae) Молдавской ССР. Труды Молдавского НИИ садоводства, виноградарства и виноделия. – 1966. – Т. 13. – С. 271-316.
22. Гроссгейм Н.А., Пятакова В.Л. Предварительный список насекомых, вредящих плодовым культурам в районе Млеевской опытной станции (за 1923-1927 гг.). Тр. Млеевской садово-огородной опыт. станции. – 1928. – № 5. – С. 3-30.
23. Васильев В.П. Вредители садовых насаждений. Киев: Изд.АН УССР, 1955. – 267 с.
24. Кулик С.А. Редкие и малоизвестные виды клопов-слепняков в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке СССР // Фауна и экология насекомых Восточной Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 1977. – С. 27-37.
25. Пучков В.Г. К экологии малоизвестных видов полужесткокрылых (Heteroptera) европейской части СССР. Сообщение III. Вестник зоологии. 1967. – № 5. – С. 66-69.
26. Каныкова Е.В. Полужесткокрылые рода *Aradus* группы *betulae* (Heteroptera, Aradidae) фауны СССР. Вестник зоологии. – 1984. – № 4. – С. 9-14.
27. Heiss E. Nomenklatorische Änderungen und Differenzierung von *Aradus crenatus* Say, 1831, und *Aradus cinnamomeus* Panzer, 1806, aus Europa und USA. (Insecta: Heteroptera, Aradidae). Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck. – 1980. – Bd. 67. – S. 103-116.
28. Пучков В.Г. Лігеїди. Фауна України. – Т. 21. – Вып. 3. – Київ: Вид. АН УРСР, 1969. – 388 с.
29. Асанова Р.Б., Исаков Б.В. Вредные и полезные полужесткокрылые (Heteroptera) Казахстана. Определитель. – Алма-Ата: Изд-во «Кайнар», 1977. – 204 с.
30. Пучков В.Г. Щитники Средней Азии (Hemiptera, Pentatomidea). – Фрунзе: Илим, 1965. – 329 с.
31. Кержнер И.М. Новые и малоизвестные полужесткокрылые (Heteroptera) из Казахстана и других районов СССР. Труды Зоол. института АН СССР. (Новые виды насекомых фауны Казахстана). – 1964. – Т. 34. – С. 113-130.
32. Пучков В.Г. Щитники. Фауна України. – Т. 21. – Вип. 1. – Київ: Вид. АН УРСР, 1961. – 339 с.
33. Кириченко А.Н. Полужесткокрылые (Hemiptera-Heteroptera) Кавказского края // Записки Кавказ. Музея: 1918. – Серия А.- № 6. – Часть I. – 177 с.
34. Йосифов М. Heteroptera, Pentatomoidea II. Фауна на България. – Т. 12. – София, 1981. – 205 с.
35. Емельянов А.Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтомол. обзор. – Л., 1974. – Т. 53. – Вып. 3. – С. 497-522.

References

1. Marie-Claude La Riviere and Andre La Rochelle. (2022) A brief overview of the subfamily Carventinae in New Zealand (Heteroptera: Aradidae). Journal of World Insect Taxonomy Insecta Mundi 0961:1-56.
2. Schuh, R.T.; Weirauch, C. (2020) True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera). Classification and Natural History, 2nd ed.; Siri Scientific Press: Manchester, UK; pp. 1–768.
3. Heiss, E.; Golub, V.B. (2021) A new genus and species of Tingidae from Cretaceous Burmese amber (Hemiptera, Heteroptera). Palaeoentomology, 4, 137–140.
4. Heiss, E.; Guilbert, E. (2021) A new species of Burmacader Heiss & Guilbert, 2013 from Cretaceous Burmese amber (Hemiptera, Heteroptera, Tingidae). Palaeoentomology, 4, 30–33.
5. Popov, Y.A.; Golub, V.B. (2019) A new tribe, genus and four species of lace bugs (Hemiptera: Heteroptera: Tingidae) from the Upper Cretaceous of Southwestern Kazakhstan. Paleontol. J., 53, 155–164.
6. Golub, V.B., Sergeeva, E.V. (2020) First record of *Agramma atricapillum* (Heteroptera: Tingidae) from the Asian part of Russia. Zoosystematica Rossica, vol. 29, no. 1, pp. 75–76. https
7. Luis Cruces, Eduardo de la Peña, Patrick De Clercq. (2022) Thermal Biology of *Liorhyssus hyalinus* (Hemiptera: Rhopalidae) and *Nysius simulans* (Hemiptera: Lygaeidae), Fed on the Milky Stage of Maize Grains. Journal of Insect Science. Volume 22(4): 1; 1-10. https://doi.org/10.1093/jisesa/ieac034
8. Liljesthrom G.G. and Rabinovich J.E. (2023) Biological control of the stink bug *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) by two parasitoids and their interaction in non-crop habitats: a simulation model. Bulletin, Volume, Issue 3, June, pp. 315 – 325. DOI: https://doi.org/10.1017/S0007485322000591
9. Rudoi V.V., Vinokurov N.N., Korshunov A.V. et al. (2022) New records of native and alien true bugs (Heteroptera) from Kemerovo Region, Western Siberia, Russia. Acta Biologica Sibirica, vol. 8, pp. 483–506. https
10. Butler E.A. (1923) A Biology of the British Hemiptera-Heteroptera: i-vii, 1-682. Witherby, London.

11. Asanova R.B. (1971) Hemiptera (Heteroptera) of Southeastern Kazakhstan // In the collection: "Fauna and biology of insects of Kazakhstan". – Alma-Ata: Publishing house "Science" of the Kazakh SSR, pp. 121-135.
12. Asanova R.B., Isakov B.V. (1977) Harmful and useful hemiptera (Heteroptera) Kazakhstan. The determinant. Alma-Ata: Publishing house "Kainar", 204 p.
13. Elov E.S. (1976) Hemiptera sem. Anthocoridae (Heteroptera) Central Asia and Kazakhstan. Entomol. Review. Vol. 55. Issue 2, pp. 369-380.
14. Fasulati K.K. (1971) Field study of terrestrial invertebrates. M. 424 p.
15. Grossheim N.A., Pyatakova V.L. (1928) Preliminary list of insects that harm fruit crops in the area of the Mleevskaya experimental station (for 1923-1927). Tr. Mleevskaya horticultural experience. stations. No. 5, pp. 3-30.
16. Heiss E. (1980) Nomenklatorische Änderungen und Differenzierung von *Aradus crenatus* Say, 1831, und *Aradus cinnamomeus* Panzer, 1806, aus Europa und USA. (Insecta: Heteroptera, Aradidae). Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck. Bd. 67, pp. 103-116.
17. Kanyukova E.V. (1984) Hemiptera of the genus *Aradus* of the betulae group (Heteroptera, Carabidae) of the fauna of the USSR. Bulletin of Zoology. No. 4, pp. 9-14.
18. Kerzhner I.M. (1981) Hemiptera of the Nabidae family. Proboscis insects. Fauna of the USSR. Vol. 13. Issue 2. L. Nauka. 327 p.
19. Kerzhner I.M. (1964) New ferdinande and little-known ferdinande half-sister-in-law Urga-in Kazakhstan and other regions of the USSR. Labor. Zool. the Institute of the USSR. (New Ferdinando species. T. 34, pp. 113-130.
20. Kirichenko A.N. (1918) Half-CKR extravehanguage (Extravehanguage) Caucasian end, notes Caucasus. Museum: Serie A. № 6. Part Of The Apostille. 177 p.
21. Kirichenko A.N. (1957) Methods of collecting true hemiptera and studying local faunas. Publishing House of the USSR Academy of Sciences. M.-L. 124 p.
22. Koschel H. (1971) Zur Kenntniser Raubwanze *Himacerus apterus* F. (Heteroptera, Nabidae). Teil. I, II. // Z. angew. Entomol. Bd. 68. H. 1, pp. 1-24; H. 2, pp. 113-137.
23. Kulik S.A. (1977) Rare and little-known species of bed bugs in Eastern Siberia and the Far East of the USSR // Fauna and ecology of insects of Eastern Siberia and the Far East. Irkutsk, pp. 27-37.
24. Paliy V.F. (1970) Methods of studying the fauna and phenology of insects. Voronezh, 192 p.
25. Puchkov V.G. (1974) Berytidae, Pyrrhocoridae, Piezmatidae, Aradidae end Tingidae. Fauna of Ukraine. Vol.21. Vip. 4. Kiev, 332 p.
26. Puchkov V.G. (1969) Lygaeidae. Fauna of Ukraine. Vol. 21. Issue 3. Kiev: View. Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. 388 p.
27. Puchkov V.G. (1967) On the ecology of little-known species of hemiptera (Heteroptera) of the European part of the USSR. Message III. Bulletin of Zoology. No. 5, pp. 66-69.
28. Puchkov V.G. (1965) Pentatomoidea of Central Asia (Hemiptera, Pentatomoidea). Frunze: Ilim, 329 p.
29. Puchkov V.G. (1961) Pentatomoidea. Fauna Of Ukraine. T. 21. Vip. 1. Qi Aposematic: Species. ANNE URS, 339 p.
30. Soutwood T.R., Leston L. (1959) Land and water bugs of the British Isles. London. 436 p.
31. Talitsky V.I., Puchkov V.G. (1966) Overview of the fauna of hemiptera (Hemiptera, Geocorinae) Moldavian SSR. Proceedings of the Moldovan Research Institute of Horticulture, Viticulture and Winemaking. Vol. 13, pp. 271-316.
32. Vasiliev V.P. (1955) Pests of garden plantings. Kiev: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 267 p.
33. Vinokurov N.N. (1979) Insects of hemiptera (Heteroptera) Yakutia. L.: Nauka, 232 p.
34. Yosifov M. (1981) Heteroptera, Pentatomoidea II. Fauna of Bulgaria. T. 12. Sofia, 205 c.
35. Emelyanov A.F. (1974) Proposals for the classification and nomenclature of areas. Entomological Review. L. Vol. 53. Issue 3, pp. 497-522.

Авторлар туралы мәлімет:

Қорғанбек Х.Ф. – докторант, А.Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті (Қостанай, Қазақстан, e-mail: nazar.korganb9912@mail.ru)

Есенбекова П.А. – биология ғылымдарының кандидаты, ҚР ҒЖОМ «Зоология институты» РМК энтомология зертханасының жетекші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, e-mail: esenbekova_periz@mail.ru)

Information about authors:

Korganbek Kh.G. – Doctoral student, Kostanay Regional University named after A. Baitursynov, (Kostanay, Kazakhstan, e-mail: nazar.korganb9912@mail.ru)

Esenbekova P.A. – candidate of biological sciences, leading scientific staff of the laboratory of entomology RSE "Institute of zoology" CS of the MSHE of the RK, (Almaty, Kazakhstan, e-mail: esenbekova_periz@mail.ru)

Келін түсті: 7 қазан 2023 жыл
Қабылданды: 20 мамыр 2024 жыл

Н.С. Сиханова^{1*}, И.И. Рахимов²,
Д.Д. Орынбеков¹, Е.А. Шынберген¹

¹Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан, Қызылорда қ.

²Қазан (Еділ бойы) федералды университеті, Ресей, Қазан қ.

*e-mail: sihanova.nurgul@mail.ru

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-БАТЫСЫНДАҒЫ УРБАНДАЛҒАН АУМАҚТАРДЫҢ ҚҰСТАР ФАУНАСЫ (Қызылорда қаласы мысалында)

Биоәртүрлік тұрақты даму шарттарының негізі болып табылады, дегенмен халық санының өсуіне байланысты оған көптеген факторлар қауіп төндіреді. Әлемнің қарқынды урбандалуы жаһандық биоалуантүрлікке кеңінен әсер етеді, ал урбандалу ғаламдық биотаның гомогенизациясына ықпал ететін процестердің бірі болып саналады. Қазіргі уақытта Арал өңірі қазақстандық бөлігінің аридті жағдайларында қалалық экожүйенің биоалуантүрлілігіне антропогендік жүктеменің күшеюі байқалады. Бұл бірқатар жағымсыз үрдістердің дамуына ықпал етеді (табиғи орта құрылымының өзгеруі, экологиялық, әлеуметтік-экономикалық жағдайдың нашарлауы). Салдарынан биологиялық қорлардың антропогендік әсерге, сондай-ақ өңірде байқалатын климаттық өзгерістерге әсерін зерттеу қажеттілігі туындайды. Аймақтың фаунасы мен флорасы құрылымындағы түрлер байлығы мен алуан түрлілігіндегі өзгерістердің қарқынын зерттеуге және бағалауға бағытталған кешенді зерттеулер жүргізу қажеттілігі туындайды. Табиғаттағы кез-келген өзгерістерге сезімталдығына байланысты құстар фаунасы қоршаған ортаның қалпына келу көрсеткіштерінің бірі болып саналады. Авифаунаны сандық есепке алу құстар фаунасының құрамындағы өзгерістердің кейде ең нәзік реңктерін талдаудың сенімді әдісі бола алады. Қазіргі уақытта Қызылордада қала аумағының кеңейіп, құрылыс нысандарының көпқабаттық биіктігі қарқынды артқаны байқалады. Бұл орнитофаунаның жайлы өмір сүруіне бірқатар түзетулер енгізеді. Қолжетімді әдебиеттерде Қызылорда қаласы авифаунасының мониторингі бойынша деректер жоқ. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, жоба авторлары 2019 жылдан бастап Қызылордада құстардың есебін жыл бойы жүргізіп отырды. Бұл ғылыми мақала ғылыми зерттеулердің нәтижелерін аралық талдау мақсатында ұйымдастырылды.

Түйін сөздер: қалалық экожүйе, урбандалған аумақтың авифаунасы, Қызылорда, биологиялық қорлар, антропогендік жүктеме.

N.S. Sihanova^{1*}, I.I. Rahimov², D.D. Orynbekov¹, Y.A. Shynbergenov¹

¹Korkyt Ata Kyzylorda University, Kazakhstan, Kyzylorda

²Kazan Federal University, Russia, Kazan

*e-mail: sihanova.nurgul@mail.ru

Bird fauna of urbanized territories of south-west Kazakhstan (on the example of Kyzylorda city)

Biodiversity is a fundamental part of sustainable development, but it is threatened by numerous factors related to population growth. The rapid urbanization of the world has a profound impact on global biodiversity, and urbanization is considered one of the processes contributing to the homogenization of the world's biota. Currently, there is an increase in the anthropogenic load on the biodiversity of the urban environment in the arid conditions of the Kazakh part of the Aral Sea region. This contributes to the development of a number of negative processes (transformation of components of the natural environment, violation of the ecological, socio-economic situation). As a result, there is a need to study the response of biological resources to anthropogenic impact, as well as to climate changes observed in the region. There is an urgent need to conduct comprehensive research aimed at studying and evaluating the pace of changes in species richness and diversity in the structure of the fauna and flora of the region. One of the indicators of environmental transformation is considered to be the bird fauna, due to its sensitivity to any changes in nature. Quantitative accounting of avifauna can serve as a reliable method for analyzing the sometimes subtle shades of changes in the composition of the bird fauna. Currently, there is a rapid increase in the horizontal area and the number of floors of buildings in the vertical direction

in Kyzylorda. This makes an adjustment to the comfortable existence of the avifauna. There are no data on monitoring the avifauna of the city of Kyzylorda in the available literature. Taking into account the above, the authors of the project have attempted to conduct year-round bird counts within Kyzylorda since 2019. This scientific research was initiated for the purpose of an interim analysis of the results of scientific work.

Key words: Urban ecosystem, avifauna of urbanized territories, Kyzylorda, biological resources, anthropogenic load.

Н.С. Сиханова^{1*}, И.И. Рахимов², Д.Д. Орынбеков¹, Е.А. Шынбергенов¹

¹Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Казахстан, г. Кызылорда

²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия, г. Казань

*e-mail: sihanova.nurgul@mail.ru

Фауна птиц урбанизованных территорий юго-запада Казахстана (на примере города Кызылорда)

Биоразнообразие является фундаментальной частью устойчивого развития, однако ему угрожают многочисленные факторы, связанные с ростом населения. Стремительная урбанизация мира оказывает глубокое воздействие на глобальное биоразнообразие, и урбанизация считается одним из процессов, способствующих гомогенизации мировой биоты. В настоящее время наблюдается усиление антропогенной нагрузки на биоразнообразие городской среды в аридных условиях казахстанской части региона Приаралья. Это способствует развитию целого ряда негативных процессов (преобразование компонентов природной среды, нарушение экологического, социально-экономического положения). Как следствие – возникает необходимость изучения отклика биологических ресурсов на антропогенное воздействие, а также на климатические изменения, наблюдающиеся в области. Наблюдается острая необходимость в проведении комплексных исследований, направленных для изучения и оценки темпов происходящих изменений видового богатства и разнообразия в структуре фауны и флоры региона. Одним из индикаторов трансформации окружающей среды считается фауна птиц, вследствие чувствительности к любым изменениям в природе. Количественный учет авифауны может служить надежным методом анализа подчас тончайших оттенков изменений в составе фауны птиц. В настоящее время в Кызылорде наблюдается стремительное увеличение площади в горизонтальном и этажности застроек в вертикальном направлении. Это вносит корректировку в комфортное существование орнитофауны. В доступной литературе отсутствуют данные по мониторингу авифауны города Кызылорды. Учитывая вышесказанное, авторами проекта начиная с 2019 года предпринята попытка проведения круглогодичных учетов птиц в пределах Кызылорды. Настоящее научное исследование инициировано с целью промежуточного анализа результатов научной работы.

Ключевые слова: городская экосистема, авифауна урбанизованных территории, Кызылорда, биологические ресурсы, антропогенная нагрузка.

Кіріспе

Биологиялық әртүрлілікті сақтаудың тиімді шараларының бірі – белгілі бір аймақтың флорасы мен фаунасының анықтауыштарын (қағаз немесе электронды түрде) жариялау. Қазіргі уақытта урбандалған аумақтардың құстар фаунасын есепке алу бойынша бірқатар ғылыми-зерттеу жұмыстары бар, атап айтқанда, анықтауыштар, ғылыми мақалалар, орындалған жұмыстардың актілері, ғылыми жобаларды гранттық қаржыландыру жөніндегі есептер, шаруашылық-шарттық негіздегі қызметтің нәтижелері. Бұл ресурстар нысаналы мақсаты, зерттеу пәні (авифаунаның толық құрамымен немесе жекелеген түрімен сипатталатын), деректердің ашықтық дәрежесі және т.б. бойынша жүйеленеді.

Әлемдік қауымдастық цифрландыру құралдарын пайдалана отырып, биологиялық әртүрлілікті сақтау жөніндегі іс-шараларды белсенді жүзеге асырады. Шет мемлекеттер үшін деректер көздері өте ауқымды ұсынылған, айқын дәлел ретінде «Дүниежүзілік құстар дерекқоры – Avibase» жаһандық қорын көрсетуге болады, аталған өнімге әлемнің барлық мемлекеттерінің және ел ішіндегі жекелеген өңірлердің авифаунасының түрлік құрамы біріктірілген, мысалы, Кызылорда облысының құстарының бақылау тізімі бар [1]. Посткеңестік кеңістік елдерінде «Ресейдің омыртқалы жануарлары» сайтында ұсынылған «Ресей құстары» ресурсы ерекше назар аударады [2].

Қазақстанның орнитологтары құрастырған қолжетімді өнімдер туралы айта отырып, ең

алдымен іргелі ғылыми еңбек «Птицы Казахстана» бес томдығын [3] және заманауи, түрлітүсті фотокарталармен суреттелген «Полевой определитель птиц Казахстана» басылымын [4] электрондық дереккөздерден, жарқын мысалдардың бірі «Қазақстан құстары» өнімін атап өтуге болады [5], аталған жұмыс ел аумағында кездесетін түрлердің сипаттамасының және фотоматериалдарының толық жиынтығы болып табылады.

Шетел әдебиеттерін талдау барысында орнитологтардың алға қойған және сәтті шешкен кең ауқымды міндеттерін көрсетеді: қалалық жағдайдағы құстардың өзара байланысы [6-9], қалалық ландшафттың авифаунаға әсері [10-18], экологиялық әртүрлілік [19-24], дыбыстық сипаттамалар [25-27], жыртқыштық [28], антропогендік шудың құстар фаунасына әсері [29, 30] және т.б.

Қазақстанның урбандалған аумақтарының орнитоценозы әр түрлі, құстар фаунасын зерттеу дәрежесі де әр түрлі. Ғылыми жарияланымдарға шолу көрсеткендей, құстарды есепке алу Алматыда [31], еліміздің солтүстік-шығысы мен батысында (Павлодар, Өскемен, Ақтау және т.б.) іріктеп жүргізілді [32, 33]. Бұл ретте Қазақстанның ірі және орта қалаларының басым бөлігінде ғылыми ізденістер жүргізілмейді немесе басылым беттерінде жарияланбайды, дегенмен тіршілік ету ортасының сапасы құстардың қызығушылығын тудырады.

Әлемде урбандалған аумақтардың құстары туралы ақпараттық жүйелер мен мәліметтер қоры сәтті жұмыс істейді. Көрші мемлекеттерден Ресей Федерациясының электрондық қорларын, мысалы, «Онлайн дневники наблюдений» дерекқорын ерекше атап өткен жөн, онда Ресей аймақтары мен көршілес мемлекеттердің құс түрлерінің тізімдері жинақталған [34], бұл бағытта мәскеулік әріптестер ауқымды жұмыс атқарды, олар Мәскеу қаласы мен Мәскеу облысының құстары бағдарламасын жасады [35], мұнан бөлек «Мәскеу құстарының атласы» [36], «Мәскеу облысының құстар атласы» [37] жобаларын әзірледі, сонымен қатар, Мәскеу облысының құстарының өз алдына жеке сайты бар [38], әлеуметтік желілерде «Қырым құстары» [39], Рязань «Құстар» клубы [40] парақшалары ашылды. Алыс шет елдерде мұндай өнімдер өте көп, мысалы, «Лондон құстары» [41]; «Нью-Йорк құстары» [42] және т.б. Құстарды есепке алудың қолданыстағы шетелдік және отандық дерекқорларына жүргізілген кең ауқымды шолу қазіргі уақытта Қызылорданың қалалық экожу-

йелерінің авифаунасына арналған дереккөздерінің жоқтығын көрсетті.

Қазіргі уақытта Қазақстанда құстарды есепке алудың бірнеше дерекқоры ұсынылған, алайда, біріншіден, ресми сайттарда көрсетілген фотосуреттер мен түрлердің сипаттамасы негізінен дала жағдайында жасалған және қалалық экожүйелерді тым сирек көрсетеді [43], екіншіден, қолданыстағы материалдар, мысалы Алматы немесе Астана қаласының авифаунасының жеке парақшасы және т.б деген секілді әрдайым жүйеленбейді [5].

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу аймағы Қазақстан Республикасының оңтүстік-батыс бөлігінде, Сырдария өзенінің биік оң жағалауында орналасқан Қызылорда қаласының аумағын қамтиды. Оның жалпы ауданы – 240 км². Дала материалдарын жинақтау 2019 жылдан 2022 жылға дейін төрт маусымда (қыс, көктем, жаз, күз) жүргізілді.

Зерттеу аумағын авифаунаның экологиялық-фауналық кешендерінің кездесуіне алдын ала талдау мынадай биотоптардың таралғандығын анықтады: аз қабатты ескі тұрғын-үй алаптары; көп қабатты жаңа тұрғын-үй аудандары, жеке тұрғын-үй аймақтары, «жасыл аймақтар» (саябақтар, саябақтар, гүлзарлар, саяжолдар, бақтар, зират аумақтары), ашық кеңістіктер (электр тарту желілері, қала маңы), Сырдария жағалауы мен су айдыны (сурет 1).

Құстар фаунасын зерттеу жалпы қабылданған әдістер негізінде жүргізіледі [44, 45]. Құстарды есепке алу барысында есеп ұзақтығы мен уақытын алдын-ала анықтайтын талаптардың бірі – зерттеу объектінің тәуліктік белсенділігі болып табылады және ол маусымға байланысты өзгеріске түсіп отырады. Жоспарланған есептеулерге ауа-райы жағдайлары да белгілі бір деңгейде түзетулер енгізеді, мысалы, жаңбырлы ауа-райында бақылаулар жүргізілмейді; зерттеу аймағы көктем мен күз мезгілінде солтүстік-шығыс бағыттағы желдің ұдайы соғуымен сипатталады; Сырдария өзенінің жақындығына байланысты – қыс мезгілінде жиі тұман болып, есептердің жүруіне әсер етеді, себебі құстарды көру мүмкіндігі нашарлайды. Санақ өткізілетін уақыт бойынша және жүріп өткен маршрут қашықтығы бойынша есепке алудың көп бөлігін жазғы есептеулер алады, өйткені жылдың осы уақытында түрлердің әртүрлілігі мен даралар саны тұрақты. Көктем мен күзде әр санақтың ұзақтығы ауа-райына байланысты кем дегенде 2

сағатты құрайды. Қысқы кезеңде сандық есепке алу маршруттық әдіспен жүргізіледі, ал қалған уақытта маршруттық және алаңдық есепке алу

қолданылады. Оптикалық құралдардан 8 есе жақсұндататын дүрбі, фотоаппаратура пайдаланылатын болады.



1-сурет – Зерттеу аумағы: 1 – аз қабатты ескі тұрғын үй алаптары; 2 –көп қабатты жаңа тұрғын үй аудандары, 3 – жеке тұрғын-үй аймақтары, 4 – «жасыл аймақтар» (бақтар, саябақтар, гүлзарлар, саяжолдар, зират аумақтары), 5 – ашық кеңістіктер (электр тарату желілері, қала маңы), 6 – Сырдария жағалауы мен су айдыны

Материалды жинау сызықтық трансектілер (маршруттық есепке алу) және аумақтарды картаға түсіру (алаңдық есепке алу) әдістемесі негізінде жүргізіледі. Трансекта әдісі құстардың түрлік құрамы мен салыстырмалы тығыздығын анықтау мақсатында қолданылады [46-49]. Картаға түсіру әдісі қажет болған жағдайда белгілі бір учаскедегі түрлердің, даралардың нақты (немесе абсолюттіге жақын) санын белгілеу үшін басшылыққа алынды [46, 50].

1) маршруттық есептерді жүргізу кезінде әдістемелік негіз ретінде ашық кеңістікке түзе-

тумен А.С. Боголюбовтың [47], Ю. С. Равкиннің [46] жұмыстары қолданылды. Құстар қалалық биотоптарда тұрақты, бірақ қатаң бекітілмеген сызықтық маршруттарда арасына бір апта салып, қайталанып есептелді. Бақылаушының есептеудегі қозғалыс жылдамдығы сағатына 2,5 км, бақылаушы сағатына 2 км жылдамдықпен қозғалатын қысқы бақылауларды қоспағанда, маршруттың ең төменгі есептік километражы 5 км құрайды, сәйкесінше трансекта ұзындығы 4 км болып бекітіледі [46]. Маршрутта белгіленген барлық құстар бақылаушыға дейінгі түзу

сызық бойымен арақашықтықты анықтай отырып, кейіннен алаңға интервалдық әдіспен қайта есептей отырып тіркеледі.

Құстарды анықтау арақашықтығы төрт топқа бөлінеді:

- 1) басты жолақ – 0-ден 25 метрге дейін;
- 2) қосымша жолақ – 25-тен 100 метрге дейін;
- 3) үшінші жолақ – 100-ден 300 метрге дейін;
- 4) төртінші жолақ – 300-ден 1000 метрге дейін.

Құстардың популяция тығыздығы формула бойынша анықталады:

$$N_{\text{түр}} = \frac{40\text{бж} + 10\text{қж} + 3\text{үж} + 1\text{тж}}{\text{шқ.}}$$

мұндағы $N_{\text{түр}}$ – 1 шаршы шақырымға шаққандағы даралардың тығыздығы; бж – байқалған кезде басты жолақта тіркелген даралардың саны; қж – қосымша жолақ; үж – үшінші жолақ; тж – төртінші жолақ; 40, 10, 3 және 1 көрсеткіштері – қайта есептеу коэффициенттері, шқ – жүрілген жол, жүріп өткен шақырым қашықтық [47].

Түрлердің тығыздығын сипаттау кезінде молшылықтың 5 атаудан құралған баллдық шкаласы қабылданды [49]:

- 1) саны өте көп түрлер – 1 шаршы шақырымға 100-999 дара;
- 2) көп – 10-99 дара;
- 3) қалыпты – 1-9 дара;
- 4) сирек – 0,1-0,9 дара;
- 5) өте сирек – 0,01-0,09 дара.

Құстардың популяциясындағы түрдің қатысу үлесі мына формула бойынша есептеледі:

$$D = \frac{N_{\text{түр}} * 100\%}{N}$$

мұндағы N түр – белгілі бір түрдің дараларының тығыздығы; N – зерттеу аймағында тіркелген құстардың барлық түрлерінің дараларының тығыздығы.

А.П. Кузякин ұсынған үстемдік дәрежесінің градациясы [49] үш негізгі атауды қарастырады:

1. доминанттар – түрдің дараларының саны 10-нан 100%-ға дейін болды;
2. екінші дәрежелі – 1-9,9%;
3. үшінші дәрежелі – 0,1-0,9%.

Маршруттық есептерде тығыздық көрсеткіштері жіктеуден тыс болатын түрлердің болуы мүмкін болғандықтан, біз келесі топтарды қостық:

4. сирек – 0,01-0,09%;
5. өте сирек – 0,001-0,009%.

2) аумақтарды картаға түсіру әдісімен құстарды есепке алу күніне 2 рет: таңертең және кешке, негізгі учаске аумағын егжей-тегжейлі қарап, бірнеше рет бақылайтын және суретке түсіретін бекітілген алаңдарда жүргізіледі [50, 53]. Зерттеулер экологиялық жағдайларды ескере отырып жүргізіледі, олардың негізгілері – өсімдіктердің өсу дәрежесі, топырақтың ылғалдылығы, жарық режимі, басым желдер. Мұнан бөлек антропогендік жүктеме де белгілі бір рөл атқарады.

Авифаунаның фауналық-генетикалық құрылымының түрлері Б.К. Штегман [56], Т.К. Блинова, Ю.С. Равкин [57] бойынша келтірген.

Түрдің маусымдық кездесуі А.Ф. Ковшарь [58] бойынша жасалады және келесі әріптік белгілермен анықталады. «**R**» – Зерттеу аумағында жыл бойы кездесетін отырықшы түр; «**B**» – ұя салатын, бұл түрлердің ұясы, жұмыртқалары немесе балапандары табылған; «**b**» – кездейсоқ немесе өте сирек ұя салатын; «**W**» – қыстайтын, қыс мезгілінде өмір сүретін; «**w**» – жалғыз немесе кездейсоқ қысқы кездесулер; «**M**» – ұшып өтеді, көші-қон кезеңінде тіркелген; «**m**» – ұшып өтеді, қоныс аудару кезінде сирек немесе кездейсоқ кездеседі; «**v**» – ұшып өтудің өте сирек кездесетін жағдайы – бұл аумаққа тән емес түр; «**A**» – ұшып жүретін, Қызылорда шегінде жазғы кезеңді өткізеді; «**a**» – жазда байқалады, бірақ сирек кездеседі. Күмәнді жағдайда түр «?» белгісімен белгіленеді.

Құс түрлерінің орысша және латынша атаулары, сондай-ақ оларды орналастыру кезектілігі « Птицы Казахстана» көптомдығы бойынша А.Ф. Ковшарь (2012), В.К. Рябицев және т.б. (2014) әдебиеттері бойынша кейбір өзгерістер мен толықтырулармен келтірілген [3].

Материалдарды статистикалық өңдеу Microsoft Excel ақпараттық жүйесі арқылы жүзеге асырылады.

Картографиялық материалдар Интернет желісінің ашық көздерінен алынды. Зерттеу аумағын картаға түсіру Google Earth навигациялық бағдарламасында «белгілер», «атаулар», «сызғыш» және т.б. құралдарды пайдалана отырып жүргізіледі (Анопченко, 2010).

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Қызылорда қаласының құстар фаунасының сандық құрамы 22 түрден құралған 8 отрядтың өкілдері: Ciconiiformes, Falconiformes, Gruiformes, Charadriiformes, Columbiformes, Strigiformes, Coraciiformes, Passeriformes. Ал-

дын ала болжалғандай, авифауна құрылымының жартысы (50%) торғайтәрізділер.

Орнитофаунаның құрылымына қалалық экожүйенің орнитоценозы популяциясының сипатын анықтайтын құстардың екі тобы кіреді: ең көп түрлерден құралған негізгі топ – синантропты құстар, олардың тіршілік ету ортасы шөпті-бұталы кешендермен іргелес және антропогендік тектес құрылымдармен, яғни қоныстану ландшафттарымен байланысты; екінші топ – қаланың Сырдария өзенінің жағасында орналасуына байланысты сулы-батпақты мекендердің құстары.

Қызылорда қаласының авифаунасының экологиялық-фауналық кешендері шегінде құстардың таралуын қарастырайық

Қалалық қоныстану түрі

Аз қабатты ескі ғимараттардың учаскелері – *Columba livia*, *Streptopelia senegalensis*, *Hirundo rustica*, *Corvus corone*, *Passer domesticus*;

Көпқабатты жаңа тұрғын-үйлер учаскелері – *Columba livia*, *Corvus corone*, *Passer domesticus*;

Жеке тұрғын-үй аймақтары – *Ardea purpurea*, *Grus grus*, *Columba livia*, *Streptopelia senegalensis*,

Hirundo rustica, *Motacilla personata*, *Corvus corone*, *Saxicola caprata*, *Passer domesticus*;

Жасыл аймақтардың учаскелері – *Scolopax rusticola*, *Columba livia*, *Bubo bubo*, *Motacilla personata*, *Acridoteres tristis*, *Corvus frugilegus*, *Corvus corone*, *Corvus cornix*, *Bombycilla garrulus*, *Erithacus rubicula*, *Passer domesticus*;

Ашық кеңістіктер – *Merops apiaster*, *Pica pica*.

Сулы-су маңы учаскелерінің түрлері:

Сырдария жағалауы мен айдыны – *Circus aeruginosus*, *Fulica atra*, *Larus ridibundus*, *Larus canus*, *Columba livia*, *Corvus corone*, *Passer domesticus*.

Бір рет немесе өте сирек кездескен құстар (сыбырлақ аққу, барылдауық үйрек, қырғи, аққанат тоқылдақ) жіктеуге кірмейді.

Зерттеу барысында тіркелген құстардың көпшілігі (11 түрі) жасыл кеңістіктерді тәуір көретіні анықталды. Есептелген түрлердің саны бойынша субдоминантты жағдай жеке тұрғын-үйлер аймағына тән (9 түрі), әр түрлі қабатты ғимараттарды тіршілік ету ортасы ретінде әлдеқайда аз түрлер таңдайды. Ашық жерлерде құстардың саны аз болды – 2 түр (1-кесте).

1-кесте – Жіктеу схемасының таксондары бойынша құстар популяциясының сипаттамасы (түрлер саны / жалпы санының үлесі, %) Қызылорда, 01 желтоқсан 2019 – 30 маусым 2022 ж.

№	Түр, түрше	Жыл мезгілі				Барлығы
		көктем	жаз	күз	қыс	
1	Қоныстану белдеуі					18 / 81,8
2	аз қабатты ескі тұрғын-үй алаптары	1	3	1	-	5 / 22,7
3	көп қабатты жаңа тұрғын-үй аудандары	-	2	1	-	3 / 13,6
4	жеке тұрғын-үй аймақтары	3	6	2	2	9 / 41
5	«жасыл аймақтар» (саябақтар, гүлзарлар, саяжолдар, бақтар, зират аумақтары)	4	3	2	6	11 / 50
6	Ашық кеңістіктер (қала маңы, электр желілерінің сымдары)	1	1	-	-	2 / 9,1
7	Сулы-су маңы					
8	Сырдария жағалауы мен су айдыны	4	3	2	2	7 / 32

«Жасыл аймақтар» құстар үшін (түрлер саны бойынша) жыл бойы тартымды, Сырдария жағалауы мен айдынында – көктемде, ал тұрғын-үй алаптарында – негізінен жазда қоныстанады. Сырдарияда құстардың көпшілігі көктемгі ұшу кезінде кездеседі, ал ұя салу үшін мұндағы жағдайлар онша тартымды емес. Су маңындағы тіршілік ету ортасы ұшып келуші және көшпелі түрлердің едәуір бөлігіне сая болады. Жазда «жасыл аймақтар» учаскелері облигатты синантроптар үшін ұя салуға жағдай қалыптасуымен қолайлы, ал қыста – қоректің молдығымен көшпелі және

отырықшы түрлерге қолайлы. Көпқабатты жаңа тұрғын-үйлер мөлтекаудандарын мекен ететін түрлердің санының мардымсыз болуы – олардың антропогендік бұзылған топырақтарда орналасуымен және өсімдік жамылғысының аз немесе мүлдем болмауымен байланысты. Құстардың адамдар қоныстанған ландшафттарда өмір сүруі авифауна түрлерінің бейімделу мүмкіндіктеріне, оларға деген адамдардың көзқарасына және орнитофаунаның жаңа жағдайларда өзінің негізгі қажеттіліктерін, яғни, қоректену, көбею және т.б. қанағаттандыру қабілетімен анықталады.

Құстарды есепке алумен қатар Қызылорда қаласының құстар фаунасының электрондық деректер қорын қалыптастыру жүргізілуде. Бұл ресурсқа түрдің атауы орыс тілінде, ғылыми (латынша)

және қазақ тілінде, кездестіру күні мен орны, кездесу маусымдылығы, фотосуреттер және т.б. туралы ақпарат енгізіледі. Деректер қорының прототипінің үзіндісі 2-суретте көрсетілген.

№	Русское название	Казахское название	Научное название	Автор описания	Сезонность пребывания	Гнездование и характер пребывания	Тип фауны	Дата и место встречи вида на исследуемой территории
Ciconiiformes - Аистообразные								
1	Рыжая цапля	Қошкыл құтан	<i>Ardea purpurea</i>	Linnaeus, 1766	А	летующий, летняя кочевка	Средиземно-морская	06.06.2020, зоны индивидуальной застройки
Falconiformes - Хищные птицы								
2	Болотный лунь	Саз құладыны	<i>Circus aeruginosus</i>	Linnaeus, 1758	МА	гнездование	Транспалеаркт	25.03.2020, протока реки Сырдарья
Gruidiformes - Журавлеобразные								
3	Серый журавль	Сұр тырна	<i>Grus grus</i>	Linnaeus, 1758	М	пролет весенний	Транспалеаркт	10.04.2021, 40 особей, зоны индивидуальной застройки
4	Лысуха	Қасқалдақ	<i>Fulica atra</i>	Linnaeus, 1758	МА	пролет	Транспалеаркт	25.03.2020, протока реки Сырдарья
Charadriiformes - Ржанкообразные								
								29.10.2020, территория 5-го учебного корпуса

2-сурет – «Қызылорда қаласының құстар фаунасы» деректер қорының прототипі

Деректер қорын әзірлеудегі міндеттердің бірі – зерттеулерді жалғастыру нәтижесінде енгізілетін ақпаратты толықтыру және/немесе түзету мүмкіндігі болып табылады. Болашақта жоба авторлары «Қызылорда қаласының құстары» мамандандырылған мультифункционалды геоақпараттық жүйесінің прототипін іске асыру нұсқасын қарастыруда. Қалыптасқан геоқор негізінде алғаш рет Қызылорда қаласының авифаунасының таралуының қазіргі заманғы жағдайын сипаттайтын электрондық тақырыптық карталар жиынтығы жасалатын болады.

Қорытынды

Осылайша, құстардың таралуындағы әр-келкілік қала көлемінде жүргізілетін құрылыс дәрежесімен, жасыл аймақтарға рекреациялық жүктемемен және топырақтың ылғалдылық деңгейімен байланысты. Түрлердің мекен ету ортасын таңдауда қоректену жағдайларының өзгеруіне және ұя салу мүмкіндіктеріне байла-

нысты маусымдық айырмашылықтар байқалды. Құстардың көпшілігі жасыл-желек аумақтарын, аз бөлігі ашық жерлердегі тіршілік ету ортасын таңдайды. Жиі кездесетін түрлердің санының көбеюі биотоп ауданымен пропорционалды түрде байланысады. Ауданы шағын учаскелерде құстардың кездесетін түрлерінің саны мардымсыз. Әрине, ғылыми жұмыста келтірілген тізім Қызылорда қаласының құстар фаунасының толық тізбесі бола алмайды және осы бағыттағы жұмыстар жалғастырылатыны сөзсіз.

Мүдделер қақтығысы

Барлық авторлар мақаланың мазмұнын оқып, танысты және мүдделер қақтығысы жоқ.

Қаржыландыру көзі

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант ИРН22685801)

Әдебиеттер

1. Контрольный список птиц Кызылординской области [Электронды ресурс]: Avibase – Всемирная база данных птиц [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=KZqo> еркін. – Атауы экраннан
2. Птицы России [Электронды ресурс]: Позвоночные животные России [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: http://www.sevin.ru/vertebrates/index.html?pre_birds.html еркін. – Атауы экраннан
3. Долгушин И.А. Птицы Казахстана. Т.1, 2, 3, 4, 5. // Под общ. ред. И.А. Долгушина, А.Ф. Ковшарь. Алма-Ата: АН КазССР, 1962-1974.
4. Рябицев В.К., Ковшарь А.Ф., Ковшарь В.А., Березовиков Н.Н. Полевой определитель птиц Казахстана, – Алматы, 2014. – 512 с.
5. «Птицы Казахстана» [Электронды ресурс]: «Птицы Казахстана» [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <https://birds.kz/v2about.php?l=ru> еркін. – Атауы экраннан
6. Clergeau P., Jokimäki J., Savard J. P. L. Are urban bird communities influenced by the bird diversity of adjacent landscapes? // *Journal of applied ecology*. – 2001. – Т. 38. – №. 5. – С. 1122-1134.
7. Jokimäki J., Kaisanlahti-Jokimäki M. L. Spatial similarity of urban bird communities: a multiscale approach // *Journal of Biogeography*. – 2003. – Т. 30. – №. 8. – С. 1183-1193.
8. Evans K. L. et al. What makes an urban bird? // *Global Change Biology*. – 2011. – Т. 17. – №. 1. – С. 32-44.
9. Kang-Ting Tsai, Chien-Hung Tung, Ming-Jay Deng, Yu-Hao Lin. Identification of the relationship between urbanization and bird nest migration using buffer and similarity analyses // *Sustainable Cities and Society Volume 62*, 2020, 102426, ISSN 2210-6707, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102426>.
10. Donnelly R., Marzluff J. M. Importance of reserve size and landscape context to urban bird conservation // *Conservation Biology*. – 2004. – Т. 18. – №. 3. – С. 733-745.
11. Bolger D. T. Urban birds: population, community, and landscape approaches // *Avian ecology and conservation in an urbanizing world*. – Springer, Boston, MA, 2001. – P. 155-177.
12. Donnelly R., Marzluff J. M. Importance of reserve size and landscape context to urban bird conservation // *Conservation Biology*. – 2004. – Т. 18. – №. 3. – С. 733-745.
13. Fernandez-Juricic E., Jokimäki J. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europe // *Biodiversity & Conservation*. – 2001. – Т. 10. – №. 12. – P. 2023-2043.
14. Jokimäki J., Suhonen J. Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments // *Landscape and Urban Planning*. – 1998. – Т. 39. – №. 4. – P. 253-263.
15. La Sorte F. A. et al. Area is the primary correlate of annual and seasonal patterns of avian species richness in urban green spaces // *Landscape and Urban Planning*. – 2020. – Т. 203. – P. 103892.
16. Mirski P. Tree cover density attracts rare bird of prey specialist to nest in urban forest // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2020. – Т. 55. – P. 126836.
17. Leveau L. M., Isla F. I., Belloq M. I. From town to town: Predicting the taxonomic, functional and phylogenetic diversity of birds using NDVI // *Ecological Indicators*. – 2020. – Т. 119. – P. 106703.
18. Champness B. S., Palmer G. C., Fitzsimons J. A. Bringing the city to the country: relationships between streetscape vegetation type and bird assemblages in a major regional centre // *Journal of Urban Ecology*. – 2019. – Т. 5. – №. 1. – P. juz018.
19. Sandström U. G., Angelstam P., Mikusiński G. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space // *Landscape and urban planning*. – 2006. – Т. 77. – №. 1-2. – С. 39-53.
20. Möller A. P. Successful city dwellers: a comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic // *Oecologia*. – 2009. – Т. 159. – №. 4. – С. 849-858.
21. Bonier F., Martin P. R., Wingfield J. C. Urban birds have broader environmental tolerance // *Biology letters*. – 2007. – Т. 3. – №. 6. – P. 670-673.
22. Bonier F. Hormones in the city: endocrine ecology of urban birds // *Hormones and Behavior*. – 2012. – Т. 61. – №. 5. – p. 763-772.
23. Shochat E., Lerman S., Fernández-Juricic E. Birds in urban ecosystems: population dynamics, community structure, biodiversity, and conservation // *Urban ecosystem ecology*. – 2010. – Т. 55. – P. 75-86.
24. Visscher D. R. et al. Bird foraging is influenced by both risk and connectivity in urban parks // *Journal of Urban Ecology*. – 2018. – Т. 4. – №. 1. – P. juy020.
25. Hu Y., Cardoso G. C. Which birds adjust the frequency of vocalizations in urban noise? // *Animal Behaviour*. – 2010. – Т. 79. – №. 4. – С. 863-867.
26. Slabbekoorn H. Songs of the city: noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds // *Animal Behaviour*. – 2013. – Т. 85. – №. 5. – С. 1089-1099.
27. Slabbekoorn H., Peet M. Birds sing at a higher pitch in urban noise // *Nature*. – 2003. – Т. 424. – №. 6946. – С. 267-267.
28. Möller A. P. Flight distance of urban birds, predation, and selection for urban life // *Behavioral Ecology and Sociobiology*. – 2008. – Т. 63. – №. 1. – С. 63.
29. Arroyo-Solís A. et al. Experimental evidence for an impact of anthropogenic noise on dawn chorus timing in urban birds // *Journal of Avian Biology*. – 2013. – Т. 44. – №. 3. – P. 288-296.
30. Nemeth E., Brumm H. Birds and anthropogenic noise: are urban songs adaptive? // *The American Naturalist*. – 2010. – Т. 176. – №. 4. – P. 465-475.
31. Goose G., Duck W. Birds of Kazakhstan: new and interesting data // *Dutch Birding*. – 2008. – Т. 30. – С. 93-100.
32. Mamadaliyev S. M. et al. Avian influenza virus H5N1 subtype A diagnosed in sick and dead wild and domestic birds in Pavlodar oblast, Republic of Kazakhstan // *African Journal of Agricultural Research*. – 2007. – Т. 2. – №. 8. – С. 360-365.
33. Goose B. Birds of Kazakhstan: new and interesting data, part 6 // *Dutch Birding*. – 2015. – Т. 37. – С. 28-32.
34. Список видов птиц регионов России и сопредельных государств [Электронды ресурс]: База данных "Онлайн дневники наблюдений" [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <http://www.ru-birds.ru/checlisty-regionov?checklist=000000035> еркін. – Атауы экраннан

35. Программа «Птицы Москвы и Подмосковья» [Электронды ресурс]: База данных «Птицы Москвы и Подмосковья» [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <http://birdsmoscow.net.ru/> еркін. – Атауы экраннан
36. Атлас птиц Москвы [Электронды ресурс]: База данных «Птицы Москвы и Подмосковья» [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: (http://birdsmoscow.net.ru/proekt_atlas.html) еркін. – Атауы экраннан
37. Атлас птиц Московской области [Электронды ресурс]: База данных «Птицы Москвы и Подмосковья» [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: (<http://birdsmoscow.net.ru/atlas-pticz-moskovskoj-oblasti.html>) еркін. – Атауы экраннан
38. Птицы Подмосковья [Электронды ресурс]: База данных «Птицы Подмосковья» [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <https://ecoportal.info/pticy-podmoskovya/> еркін. – Атауы экраннан
39. Птицы Крыма [Электронды ресурс]: Птицы Крыма [страница в социальных сетях]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <https://vk.com/birdscrima> еркін. – Атауы экраннан
40. Рязанский клуб "Птицы" [Электронды ресурс]: Птицы Рязанской области [страница в социальных сетях]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: https://vk.com/pticy_ryazan еркін. – Атауы экраннан
41. Список птиц Лондона [Электронды ресурс]: Птицы Лондона [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <https://londonbirders.fandom.com/wiki/LondonList> еркін. – Атауы экраннан
42. Определитель птиц Нью-Йорка [Электронды ресурс]: Птицы Нью-Йорка [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <http://www.newyorkbirds.com/bird-identification/> еркін. – Атауы экраннан
43. Птицы Казахстана. Описания, названия и особенности птиц Казахстана [Электронды ресурс]: Животный мир. Сайт о животных [сайт]. – 26.08.2023 – Қосылу режимі: <https://givotniymir.ru/pticy-kazakhstan-opisaniya-nazvaniya-i-osobennosti-ptic-kazakhstan/> еркін. – Атауы экраннан
44. Новиков Г.А. Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных. - М.: Советская наука, 1949 г. - 601 с.
45. Романов В.В., Мальцев И.В. Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты: учеб. пособие // Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та., 2005. - С. 4-40.
46. Равкин Ю.С. К методике учета птиц лесных ландшафтов // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск: Наука, 1967. - С. 66-75
47. Боголюбов А.С. Изучение численности птиц различными методами: метод. пособие. - М.: Экосистема, 2002. - 14 с.
48. Медведев Н.В. Методы количественного учета птиц: учеб. пособие для студ. эколого-биол. фак. // Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. – 32 с.
49. Кузякин А.П. Зоогеография СССР // Ученые записки МОПИ им. Н.К. Крупской. 1962. Т. 109, вып. 1. - С. 55-59.
50. Martin T.E. et al. Bird records from the arid and semi-arid areas in southern Kazakhstan, 2009–2017. // Sandgrouse. – 40(1). – 2018. – С. 53-74.
51. Soloviev S.A., Vartapetov L.G. Ecological and Geographical Analysis of the Ornithocomplexes of the Tobol-Irtysh Forest Steppe and the Steppe of Western Siberia and Northern Kazakhstan in the Winter. // Contemporary Problems of Ecology. – 16(1). – 2023. – С. 30-35.
52. Voronova V. Assessing of impact of power lines on birds in Central Kazakhstan steppes. - 2012. – 450 с.
53. Fedorenko V., Zima Y. Current Distribution of the Turkestan White Stork (*Ciconia ciconia asiatica*) in Kazakhstan. // International Journal of Zoology. - 2024. – 1. – С. 5417855.
54. Akhmedenov K., Shpigelman M. New data on reptiles and birds in the North Ustyurt. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - Vol. 817. - No. 1. IOP Publishing, - 2021.
55. Sánchez-Zapata J.A. et al. Land use changes and raptor conservation in steppe habitats of Eastern Kazakhstan. // Biological Conservation. – 111(1). – 2003. – С. 71-77.
56. Штегман Б.К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Фауна СССР. Птицы. М.; Л., 1938. Т. 1, вып. 2. -156 с.
57. Блинова Т.К., Равкин Ю.С. Орнитофаунистическое районирование Северной Евразии // Сибирский экологический журнал, 1 (2008), - С. 101-121.
58. Ковшарь А.Ф. Ревизия орнитофауны и современный список птиц Казахстана // Орнитологический вестник Казахстана и Средней Азии. - Вып. 1. - 2012. - С. 51-70.

1.

References

1. Akhmedenov K., Shpigelman M. New data on reptiles and birds in the North Ustyurt. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - Vol. 817. - No. 1. IOP Publishing, - 2021.
2. Arroyo-Solís A. et al. (2013). Experimental evidence for an impact of anthropogenic noise on dawn chorus timing in urban birds // Journal of Avian Biology. – Vol. 44. – No. 3. – p. 288-296.
3. Atlas ptic Moskovskoj oblasti [Atlas of birds of the Moscow region] (2023). [Electronic resource]: Database "Birds of Moscow and Moscow region" [website]. – 08/26/2023 – Access mode: (<http://birdsmoscow.net.ru/atlas-pticz-moskovskoj-oblasti.html>) free. – Blank from the screen
4. Atlas ptic Moskvyy [Atlas of birds of Moscow] (2023). [Electronic resource]: Database "Birds of Moscow and Moscow region" [website]. – 08/26/2023 – Access mode: (http://birdsmoscow.net.ru/proekt_atlas.html) free. – Blank from the screen
5. Blinova T.K., Ravkin Y.S. (2008). Ornithofaunistic zoning of Northern Eurasia // Sibirskij jekologicheskij zhurnal, 1, - pp. 101-121.
6. Bogolyubov A.S. (2002). Izuchenie chislennosti ptic razlichnymi metodami: metod. posobie [Studying the number of birds by various methods: method. manual]. - M.: Ecosystem, - 14 p.
7. Bolger D.T. (2001). Urban birds: population, community, and landscape approaches // Avian ecology and conservation in an urbanizing world. – Springer, Boston, MA, – pp. 155-177.

8. Bonier F. (2012). Hormones in the city: endocrine ecology of urban birds // *Hormones and Behavior*. – Vol. 61. – No. 5. – p. 763-772.
9. Bonier F., Martin P.R., Wingfield J.C. (2007). Urban birds have broader environmental tolerance // *Biology letters*. – Vol. 3. – No. 6. – p. 670-673.
10. Champness B.S., Palmer G.C., Fitzsimons J.A. (2019). Bringing the city to the country: relationships between streetscape vegetation type and bird assemblages in a major regional centre // *Journal of Urban Ecology*. – Vol. 5. – No. 1. – R. juz018.
11. Clergeau P., Jokimäki J., Savard J.P.L. (2001). Are urban bird communities influenced by the bird diversity of adjacent landscapes? // *Journal of applied ecology*. – Vol. 38. – No. 5. – pp. 1122-1134.
12. Dolgushin I.A. (1962-1974). Pticy Kazahstana [Birds of Kazakhstan]. T.1, 2, 3, 4, 5. // Under the general editorship of I.A. Dolgushin, A.F. Kovshar. Alma-Ata: Academy of Sciences of the Kazakh SSR.
13. Donnelly R., Marzluff J. M. Importance of reserve size and landscape context to urban bird conservation // *Conservation Biology*. – 2004. – T. 18. – №. 3. – C. 733-745.
14. Donnelly R., Marzluff J.M. (2004). Importance of reserve size and landscape context to urban bird conservation // *Conservation Biology*. – Vol. 18. – No. 3. – pp. 733-745.
15. Evans K. L. et al. (2011). What makes an urban bird? // *Global Change Biology*. – Vol. 17. – No. 1. – pp. 32-44.
16. Fedorenko V., Zima Y. Current Distribution of the Turkestan White Stork (*Ciconia ciconia asiatica*) in Kazakhstan. // *International Journal of Zoology*. - 2024. – 1. – C. 5417855.
17. Fernandez-Juricic E., Jokimäki J. (2001). A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europe // *Biodiversity & Conservation*. – Vol. 10. – no. 12. – p. 2023-2043.
18. Goose B. (2015). Birds of Kazakhstan: new and interesting data, part 6 // *Dutch Birding*. – Vol. 37. – pp. 28-32.
19. Goose G., Duck W. (2008). Birds of Kazakhstan: new and interesting data // *Dutch Birding*. – Vol. 30. – pp. 93-100.
20. Hu Y., Cardoso G.C. (2010). Which birds adjust the frequency of vocalizations in urban noise? // *Animal Behavior*. – Vol. 79. – No. 4. – pp. 863-867.
21. Jokimäki J., Kaisanlahti-Jokimäki M. L. (2003). Spatial similarity of urban bird communities: a multiscale approach // *Journal of Biogeography*. – Vol. 30. – No. 8. – pp. 1183-1193.
22. Jokimäki J., Suhonen J. (1998). Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments // *Landscape and Urban Planning*. – Vol. 39. – No. 4. – p. 253-263.
23. Kang-Ting Tsai, Chien-Hung Tung, Ming-Jay Deng, Yu-Hao Lin. (2020). Identification of the relationship between urbanization and bird nest migration using buffer and similarity analyses // *Sustainable Cities and Society*, Volume 62, 102426, ISSN 2210-6707, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102426>.
24. Kontrol'nyj spisok ptic Kyzylordinskoj oblasti [Checklist of birds of the Kyzylorda region] (2023). [Electronic resource]: Avibase – World database of birds [website]. – 08/26/2023 – Access mode: <https://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=KZqo> is free. – Blank from the screen
25. Kovshar A.F. (2012). Revizija ornitofauny i sovremennyj spisok ptic Kazahstana [Revision of ornithofauna and the modern list of birds of Kazakhstan] // *Ornitologicheskij vestnik Kazahstana i Srednej Azii*. - Issue 1. - - pp. 51-70.
26. Kuzyakin A.P. (1962). Zoogeografija SSSR [Zoogeography of the USSR] // *Uchenye zapiski MOPI im. N.K. Krupskoj*. Vol. 109, issue 1. - pp. 55-59.
27. La Sorte F. A. et al. (2020). Area is the primary correlate of annual and seasonal patterns of avian species richness in urban green spaces // *Landscape and Urban Planning*. – Vol. 203. – p. 103892.
28. Leveau L. M., Isla F. I., Bellocq M. I. From town to town: Predicting the taxonomic, functional and phylogenetic diversity of birds using NDVI // *Ecological Indicators*. – 2020. – Vol. 119. – p. 106703.
29. Mamadaliyev S.M. et al. (2007). Avian influenza virus H5N1 subtype A diagnosed in sick and dead wild and domestic birds in Pavlodar region, Republic of Kazakhstan // *African Journal of Agricultural Research*. – Vol. 2. – No. 8. – pp. 360-365.
30. Martin T.E. et al. Bird records from the arid and semi-arid areas in southern Kazakhstan, 2009–2017. // *Sandgrouse*. – 40(1). – 2018. – C. 53-74.
31. Medvedev N.V. (2013). Metody kolichestvennogo ucheta ptic: ucheb. posobie dlja stud. jekologo-biol. fak. [Methods of quantitative accounting of birds: studies. manual for students. ecologo-biol. fac.] // Petrozavodsk: Publishing House of PetrSU, – 32 p.
32. Mirski P. (2020). Tree cover density attracts rare bird of prey specialist to nest in urban forest // *Urban Forestry & Urban Greening*. – Vol. 55. – p. 126836.
33. Møller A. P. (2008). Flight distance of urban birds, predation, and selection for urban life // *Behavioral Ecology and Sociobiology*. – Vol. 63. – No. 1. – p. 63.
34. Møller A.P. (2009). Successful city dwellers: a comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic // *Oecologia*. – Vol. 159. – No. 4. – pp. 849-858.
35. Nemeth E., Brumm H. (2010). Birds and anthropogenic noise: are urban songs adaptive? // *The American Naturalist*. – Vol. 176. – No. 4. – p. 465-475.
36. Novikov G.A. (1949). Polevye issledovanija jekologii nazemnyh pozvonochnyh zhivotnyh [Field studies of ecology of terrestrial vertebrates]. - M.: Soviet Science, - 601 p.
37. Opredeletel' ptic N'ju-Jorka [The determinant of the birds of New York] (2023). [Electronic resource]: Birds of New York [website]. – 08/26/2023 – Access mode: <http://www.newyorkbirds.com/bird-identification/> free. – Blank from the screen
38. Programma «Pticy Moskvy i Podmoskov'ja» [The program "Birds of Moscow and the Moscow region"] (2023). [Electronic resource]: Database "Birds of Moscow and the Moscow region" [website]. – 08/26/2023 – Access mode: <http://birdsmoscow.net.ru/> free. – Blank from the screen
39. Pticy Kazahstana [Birds of Kazakhstan] (2023). [Electronic resource]: "Birds of Kazakhstan" [website]. – 08/26/2023 – Access mode: <https://birds.kz/v2/about.php?l=ru> free. – Blank from the screen
40. Pticy Kazahstana. Opisanija, nazvanija i osobennosti ptic Kazahstana [Birds of Kazakhstan. Descriptions, names and features of birds of Kazakhstan] (2023). [Electronic resource]: Animal world. Website about animals [website]. – 08/26/2023 –

Access mode: <https://givotniymir.ru/pticy-kazaxstana-opisaniya-nazvaniya-i-osobennosti-ptic-kazaxstana/> free. – Blank from the screen

41. Pticy Kryma [Birds of the Crimea] (2023). [Electronic resource]: Birds of the Crimea [page in social networks]. – 08/26/2023 – Access mode: <https://vk.com/birdscrimea> free. – Blank from the screen
42. Pticy Podmoskov'ja [Birds of the Moscow region] (2023). [Electronic resource]: Database "Birds of the Moscow region" [website]. – 08/26/2023 – Access mode: <https://ecportal.info/pticy-podmoskovya/> free. – Blank from the screen
43. Pticy Rossii [Birds of Russia] (2023). [Electronic resource]: Vertebrate animals of Russia [website]. – 08/26/2023 – Access mode: http://www.sevin.ru/vertebrates/index.html?pre_birds.html free. – Blank from the screen
44. Ravkin Yu.S. (1967). K metodike ucheta ptic lesnyh landshaftov [To the methodology of accounting for birds of forest landscapes] // Nature of foci of tick-borne encephalitis in Altai. Novosibirsk: Nauka, - pp. 66-75
45. Rjazanskij klub "Pticy" [Ryazan club "Birds"] (2023). [Electronic resource]: Birds of the Ryazan region [page in social networks]. – 08/26/2023 – Access mode: https://vk.com/pticy_ryazan free. – Blank from the screen
46. Romanov V.V., Maltsev I.V. (2005). Metody issledovaniy jekologii nazemnyh pozvonocnyh zhivotnyh: kolichestvennyye uchety: ucheb. posobie [Methods of research of ecology of terrestrial vertebrates: quantitative accounting: textbook. the manual] // Vladimir: Publishing House of the Vladimir State University, - pp. 4-40.
47. Ryabitsev V.K., Kovshar A.F., Kovshar V.A., Berezovikov N.N. (2014). Polevoj opredelitel' ptic Kazahstana [Field determinant of birds of Kazakhstan], – Almaty, – 512 p.
48. Sánchez-Zapata J.A. et al. Land use changes and raptor conservation in steppe habitats of Eastern Kazakhstan. // Biological Conservation. – 111(1). – 2003. – С. 71-77.
49. Sandström U.G., Angelstam P., Mikusiński G. (2006). Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space //Landscape and urban planning. – Vol. 77. – no. 1-2. – pp. 39-53.
50. Shochat E., Lerman S., Fernández-Juricic E. (2010). Birds in urban ecosystems: population dynamics, community structure, biodiversity, and conservation //Urban ecosystem ecology. – Vol. 55. – p. 75-86.
51. Shtegman B.K. (1938). Osnovy ornitogeograficheskogo deleniya Palearktiki [Fundamentals of ornithogeographic division of the Palearctic] // Fauna SSSR. Birds. M.; L., Vol. 1, issue 2. -156 p
52. Slabbekoorn H. (2013). Songs of the city: noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds // Animal Behaviour. – Vol. 85. – No. 5. – pp. 1089-1099.
53. Slabbekoorn H., Peet M. (2003). Birds sing at a higher pitch in urban noise //Nature. – Vol. 424. – No. 6946. – pp. 267-267.
54. Soloviev S.A., Vartapetov L.G. Ecological and Geographical Analysis of the Tobol-Irtysh Forest Steppe and the Steppe of Western Siberia and Northern Kazakhstan in the Winter. // Contemporary Problems of Ecology. – 16(1). – 2023. – С. 30-35.
55. Spisok ptic Londona [List of birds of London] (2023). [Electronic resource]: Birds of London [website]. – 08/26/2023 – Access mode: <https://londonbirders.fandom.com/wiki/LondonList> free. – Blank from the screen
56. Spisok vidov ptic regionov Rossii i sopredel'nyh gosudarstv [List of bird species of the regions of Russia and neighboring states] (2023). [Electronic resource]: Database "Online observation diaries" [website]. – 08/26/2023 – Access mode: <http://www.ru-birds.ru/cheklisty-regionov?checklist=000000035> free. – Blank from the screen
57. Visscher D.R. et al. (2018). Bird foraging is influenced by both risk and connectivity in urban parks //Journal of Urban Ecology. – Vol. 4. – No. 1. – R. juy020.
58. Voronova V. Assessing of impact of power lines on birds in Central Kazakhstan steppes. - 2012. – 450 с.

Авторлар туралы мәліметтер:

Нургұл Сагиндыковна Сиханова; философия докторы (PhD); Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің «Электр энергетикасы, техносфералық қауіпсіздік және экология» кафедрасының аға оқытушысы, Қызылорда; sihanova.nurgul@mail.ru;

Ильгизар Ильясович Рахимов; профессор, биология ғылымдарының докторы; Қазан (Еділ бойы) федералды университетінің «Биоэкология, гигиена және қоғамдық денсаулық» кафедрасының меңгерушісі, Қазан, Ресей; rakhim56@mail.ru;

Дархан Даниярович Орынбеков; жаратылыстану ғылымдарының магистрі; Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің «Инженерлік технологиялар және экология» кафедрасының оқытушысы, Қызылорда; beknur_kz@bk.ru;

Ерлан Алимжанович Шынберген; философия докторы (PhD); Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің «Су шаруашылығы және жерге орналастыру» кафедрасының аға оқытушысы, Қызылорда; shynbergenov.erlan@mail.ru.

Information about authors:

Nurgul Sagindykovna Sihanova; PhD; Senior Lecturer at the Department of Electric power industry, technospheric safety and ecology of the Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda; sihanova.nurgul@mail.ru;

Ilgizar Ilyasovich Rakhimov; Professor, Doctor of Biological Sciences; Head of the Department of Bioecology, Hygiene and Public Health of Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia; rakhim56@mail.ru;

Darkhan Daniyarovich Orynbekov; Master of Natural Sciences; Lecturer of the Department of Engineering Technology and Ecology of the Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda; beknur_kz@bk.ru;



Yerlan Alimjanovich Shynbergenov; PhD; Senior Lecturer of the Department of Water Management and Land Use of the Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda; shynbergenov.erlan@mail.ru.

*Келіп түсті: 12 қантар 2023 жыл
Қабылданды: 20 мамыр 2024 жыл*

6-бөлім
БИОТЕХНОЛОГИЯ

Section 6
BIOTECHNOLOGY

Раздел 6
БИОТЕХНОЛОГИЯ

A.A. Nurzhanova¹ , V.V. Pidlisnyuk² , A.S. Nurmagambetova¹ ,

Zh. Zhumasheva¹ , and A.A. Mamirova^{3,*} 

¹Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

²Jan Evangelista Purkyně University, Czech Republic, Usti nad Labem

³Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: Aigerim.mamirova@mail.com

NOVEL PHYTO PLANT OF POP-PESTICIDES: ENERGY CROP *MISCANTHUS SINENSIS*

The collapse of agricultural infrastructure in Kazakhstan and other countries worldwide has resulted in the transfer of ownership or abandonment of plant protection chemicals storage facilities. Despite legislative measures and international conventions, the issue of persistent organic pollutants (POPs) remains unresolved. The measures to restore POP-pesticide-contaminated areas present limited options. Hence phytotechnology emerges as a promising strategy due to eco-friendliness and the absence of significant capital investments. One of the key aspects of technology is the search for novel plant species capable of accumulating and transforming these contaminants into less toxic compounds. Current study investigated the potential of the energy crop *Miscanthus sinensis* Anderson (*M. sinensis*) as a novel phyto plant for remediating POP-pesticide-contaminated soils. The experimental layout comprised cultivation of *M. sinensis* in POP-pesticide-contaminated (2,4-DDD, 4,4-DDD, 4,4-DDE, 4,4-DDT, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, and δ -HCH) soil. Biomass productivity, physiological parameters, and phytoremediation potential were assessed at harvest. Our findings revealed that POP-pesticides influenced productive and physiological parameters of *M. sinensis* differently, specifically: reduced aboveground biomass and chlorophyll pigments content by up to 23 and 37%, respectively, and increased root biomass by up to 17%. Furthermore, the plant exhibited a remarkable tolerance to severe POP-pesticide contamination, as evidenced by a tolerance index of 0.99. Evaluation of phytoremediation coefficients revealed that *M. sinensis* employed distinct strategies depending on POP-pesticide: phytoextraction and phytostabilisation. 4,4-DDT, β -HCH, and γ -HCH were accumulated in aboveground biomass with translocation factors of 1.18, 4.04, and 84.0, respectively. Whereas metabolite 4,4-DDE was accumulated in plant roots with a bioconcentration factor of 2.07. Study results suggest that *M. sinensis* holds great promise for use in POP-pesticides phytoremediation projects, particularly in Kazakhstan, owing to confirmed phytostabilisation activity concerning 4,4-DDE, the final metabolite of 4,4-DDT degradation. Therefore, further research should focus on optimizing *M. sinensis* phytostabilisation strategies for other POP-pesticides.

Key words: energy crop; *Miscanthus sinensis*; productivity; photosynthesis; phytoremediation; soil; POP-pesticides.

A.A. Нуржанова¹, V.V. Pidlisnyuk², A.C. Нурмагамбетова¹,
Ж. Жумашева¹, А.А. Мамирова^{3,*}

¹Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, Алматы қ.

²Ян Евангелиста Пуркине университеті, Чехия, Усти-над-Лабем қ.

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: Aigerim.mamirova@mail.com

ТОЛ-пестицидтерге арналған жаңа фиторемедиант: *Miscanthus Sinensis* энергетикалық өсімдік

Қазақстан және басқа да көптеген елдерде ауыл шаруашылық инфрақұрылымының ыдырауына байланысты өсімдіктерді қорғауға арналған химиялық заттарды сақтайтын қоймалар, сондай-ақ оларда сақталатын препараттардың қалдықтары жеке меншікке өтті немесе иесіз болып қалды. Заңнамалық актілерге және халықаралық конвенцияларға қарамастан, ескірген пестицидтер, оның ішінде тұрақты органикалық ластаушы заттардың (ТОЛ) мәселесі толық шешілмеген. ТОЛ-пестицидтерімен ластанған аумақтарды қалпына келтіру шаралары шектеулі, сондықтан фитотехнология өзінің экологиялық тазалығы мен күрделі қаржы жұмсалымының болдырмауына байланысты болашағы зор технология болып табылады. Технологияның маңызды кезеңдерінің бірі – пестицидтерді жинақтап, аз уытты қосылыстарға айналдыра алатын жаңа өсімдік түрлерін табу. Мақалада ТОЛ-пестицидтерімен ластанған топырақты қалпына келтіру

үшін жаңа дақыл ретінде *Miscanthus sinensis* Anderson (*M. sinensis*) энергетикалық дақылының потенциалы қарастырылды. Эксперименттік жоба ТОЛ-пестицидтерімен (2,4-ДДД, 4,4-ДДД, 4,4-ДДЕ, 4,4-ДДТ, α -ГХЦГ, β -ГХЦГ, γ -ГХЦГ және δ -ГХЦГ) ластанған топырақта *M. sinensis*-ті өсіруді қамтиды. Вегетациялық кезең аяқталғаннан кейін биомассаның өнімділігі, физиологиялық параметрлері және фиторемедиациялық потенциалы бағаланды. Алынған нәтижелер бойынша ТОЛ-пестицидтер *M. sinensis*-тің өнімділігімен физиологиялық көрсеткіштерге: жер үсті биомассасының мен хлорофилл пигменттерінің құрамы төмендеуі, 23 және 37%-ге дейін сәйкесінше, тамыр жүйесінің биомассасы 17%-ға дейін өскенін көрсетті. Өсімдік ТОЛ-пестицидтермен ластануға төзімділігін көрсетті, төзімділік индексі 0.99 құрады. Фиторемедиация көрсеткіштерін бағалау кезінде *M. sinensis* ТОЛ-пестицидтің түріне байланысты ластанған топырақты қалпына келтірудің екі стратегиясын қолданғаны анықталды: фитоаккумуляция және фитотұрақтандыру. 4,4-ДДТ және β -ГХЦГ және γ -ГХЦГ изомерлері ластанған топырақтан жерүсті бөлігінде жинақталды, транслокация коэффициенті 1.18, 4.04 және 84.0, сәйкесінше; 4,4-ДДЕ метаболиті тамыр жүйесінде жинақталды, биоконцентрация коэффициенті 2.07. Бұл зерттеудің нәтижелері, фитотұрақтандырғыш белсенділігімен 4,4-ДДТ ыдырауының соңғы метаболиті 4,4-ДДЕ улы метаболиттің өзара байланыстың расталғандықтан *M. sinensis*-тің ТОЛ-пестицидтерін фиторемедиациялау жобаларында қолдану, әсіресе Қазақстанда, үлкен потенциалға ие екенін көрсетеді. Сондықтан, одан әрі зерттеулерде *M. sinensis* фитотұрақтандыру стратегиясын оңтайландыру басқа ТОЛ-пестицидтерге қарсы бағытталуы керек.

Түйін сөздер: энергетикалық өсімдік; *Miscanthus sinensis*; өнімділік; фотосинтез; фиторемедиация; топырақ; ТОЛ-пестицидтер.

А.А. Нуржанова¹, V.V. Pidlisnyuk², А.С. Нурмагамбетова¹,
Ж. Жумашева¹, А.А. Мамирова^{3,*}

¹Институт биологии и биотехнологии растений, Казахстан, г. Алматы

²Университет Яна Евангелисты Пуркине, Чехия, г. Усти-над-Лабем

³Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: Aigerim.mamirova@mail.com

Новый фиторемедиант СОЗ-пестицидов: энергетическое растение *Miscanthus Sinensis*

С развалом сельскохозяйственной инфраструктуры в Казахстане и во многих других странах хранилища химических средств защиты растений, как и хранящиеся в них остатки препаратов, перешли в частное владение, либо оказались бесхозными. Несмотря на законодательные акты и международные конвенции проблема стойких органических загрязнителей (СОЗ) до конца не решена. Меры восстановления территорий, загрязненных СОЗ-пестицидами, ограничены, в связи с этим фитотехнология является многообещающей благодаря экологичности и отсутствию крупных капиталовложений. Одним из ключевых моментов технологии является поиск новых видов растений, способных накапливать и трансформировать пестициды в менее токсичные соединения. В статье рассматривается потенциал энергетической культуры *Miscanthus sinensis* Anderson (*M. sinensis*), как новой культуры, для восстановления почв, загрязненных СОЗ-пестицидами. Дизайн эксперимента включает культивирование *M. sinensis* на загрязненной СОЗ-пестицидами (2,4-ДДД, 4,4-ДДД, 4,4-ДДЕ, 4,4-ДДТ, α -ГХЦГ, β -ГХЦГ, γ -ГХЦГ и δ -ГХЦГ) почве. Продуктивность биомассы, физиологические параметры и фиторемедиационный потенциал оценивали по окончании вегетационного периода. Результаты показали, что СОЗ-пестициды оказывали влияние на продуктивные и физиологические показатели *M. sinensis*: снижали наземную биомассу и содержание пигментов хлорофилла до 23 и 37%, соответственно, и повышали биомассу корневой системы до 17%. Растение продемонстрировало устойчивость к загрязнению СОЗ-пестицидами, индекс толерантности составил 0.99. При оценке фиторемедиационных показателей выявлено, что *M. sinensis* в зависимости от вида СОЗ-пестицида использовал две стратегии восстановления загрязненной почвы: фитоэкстракцию и фитостабилизацию. 4,4-ДДТ и изомеры β -ГХЦГ и γ -ГХЦГ аккумулировались в наземной биомассе, коэффициенты транслокации – 1.18, 4.04 и 84.0, соответственно; метаболит 4,4-ДДЕ накапливался в корневой системе, коэффициент биоконцентрации – 2.07. Результаты исследования позволяют предположить, что *M. sinensis* имеет большие перспективы для использования в проектах по фиторемедиации СОЗ-пестицидов, особенно в Казахстане, благодаря подтвержденной фитостабилизирующей активности в отношении токсичного 4,4-ДДЭ, конечного метаболита разложения 4,4-ДДТ. Поэтому дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на оптимизации стратегии фитостабилизации *M. sinensis* в отношении других СОЗ-пестицидов.

Ключевые слова: энергетическое растение; *Miscanthus sinensis*; продуктивность; фотосинтез; фиторемедиация; почва; СОЗ-пестициды.

Introduction

Persistent Organic Pollutants (POPs), particularly organochlorine pesticides (OCPs), are a long-lasting concern in environmental matrices worldwide. The danger posed by POPs led to the adoption of the Stockholm Convention in 2001, which Kazakhstan signed on May 23, 2001, and ratified on June 7, 2007. The convention aims to reduce the production and use of POPs, recognized for their harmful effects on humans and their ability to travel long distances. Initially, the convention listed 12 chemicals, including 9 pesticides (DDT, aldrin, dieldrin, endrin, chlordane, heptachlor, mirex, toxaphene, and HCB). By 2013, this list had expanded to include 13 OCPs, with additions in 2009 such as chlordecone, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, and pentachlorobenzene [1].

Kazakhstan's recognition of the POP-pesticide problem started with identifying numerous anthropogenic activities leading to historical pollution. In 2008, around 10,000 tons of banned obsolete pesticides unsuitable were registered [2]. By 2012, 1,500 tons of obsolete pesticides and their mixtures across the country along with 602 pesticide storage facilities were recorded [3,4]. Nowadays, according to the annual environmental monitoring of the Republic of Kazakhstan, different environmental matrices are regularly being identified as contaminated with pollutants of diverse origin [5]. Recent inventories revealed 727 pesticide storage facilities and 5 operating landfills containing approximately 2,101 tons of obsolete pesticides in Kazakhstan [6,7].

A critical characteristic shared by all POP-pesticides is their pronounced lipophilicity, leading to their biomagnification in organs like the liver and adipose tissue and causing significant detrimental effects on human health [8–10]. In Kazakhstan, prevalent POP-pesticides in soil are classified into three categories: dichlorodiphenylethanes, chlorinated benzenes and cyclohexanes, and chlorinated cyclodienes [11]. The most common POP-pesticides in soils near former pesticide storage facilities include DDT, its metabolites, and HCH isomers.

Hence, there is a pressing need for ecologically benign remediation approaches [12], with phytoremediation emerging as a promising solution that applies plants to uptake, accumulate, and detoxify contaminants from environmental matrices [9,11,13–16]. Energy crops have emerged as exceptionally promising tools for phytoremediation,

offering a dual benefit of environmental cleanup and economic revenue generation through biomass production [17–19]. Their biomass serves as a valuable resource for biofuel production, as well as raw materials for various industries, including construction, insulation, and paper production. One energy crop that has gained significant recognition for its phytoremediation prowess is *Miscanthus × giganteus* Greef et Deu [20,21]. It thrives on marginal soils for extended periods, typically spanning 20–25 years. However, it has a notable limitation when it comes to tolerance for POP-pesticides, maxing out at just twice the Maximum Permissible Concentration (MPC), equivalent to $\sim 200 \mu\text{g kg}^{-1}$ [13]. In the quest for a more robust phytoremediation solution, attention has turned to *Miscanthus sinensis* Anderson, a perennial C_4 energy crop with remarkable productivity, yielding biomass at rates of up to $36.6 \text{ t DM ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ [22]. More importantly, the crop was found to tolerate superior POP-pesticide contamination, up to $62 \times \text{MPC}$ [13,14]. Given its ability to grow in organically contaminated soil, *M. sinensis* emerges as a promising candidate for the remediation of POP-pesticides contaminated soils, especially in Kazakhstan, being not indigenous and having the potential for large-scale recultivation.

Thus, the current study aimed to investigate the biomass productivity and phytoremediation potential of *M. sinensis* grown in historically POP-pesticides contaminated soil collected in the vicinity of a former pesticide storage facility.

Materials and methods

2.1 Soil collection

Two distinct soil types were employed in the experiment, specifically: POP-pesticides contaminated soil collected in the vicinity of a former obsolete pesticide storage facility in Kyzylkairat village (GPS $43^\circ 17' 58.7'' \text{ N } 77^\circ 11' 39.6'' \text{ E}$), district, Almaty region, Kazakhstan; and a background, hereafter referred as “control soil”, collected at the base of Peak Talgar (GPS $43^\circ 16' 36'' \text{ N } 77^\circ 12' 37'' \text{ E}$), Talgar district, Almaty region, Kazakhstan. Soil collection was performed following ISO 18400-205:2018 [23], in particular the ‘envelope’ method: five soil samples were taken from a $5 \times 5 \text{ m}$ test square at a depth of 0–0.6 m. Subsequently, the soil samples were sieved ($d = 3 \text{ mm}$) to remove plant debris and stones, thoroughly homogenized, air-dried, sampled for agrochemical

and chemical analyses [24,25], and stored at a temperature of 4°C until the experiment establishment.

According to the World Reference Base for Soil Resources classification [26], research soils belong to chernozem with a density of 1.44 g cm⁻³.

According to the soil agrochemical profile (Table 1), POP-pesticides contaminated soil demonstrated significantly higher concentrations of mobile phosphorus and potassium compared to control soil. Whereas control soil was rich in organic matter and nitrogen content (Table 1).

Table 1 – Agrochemical profiles of the research soils.

Parameter	Unit	Control soil	Contaminated soil	Measuring standard
Organic matter, C	%	34.0 ± 1.45 a	6.10 ± 0.02 b	Tyurin method [27,28]
pH (H ₂ O)	-	7.34 ± 0.08 b	7.85 ± 0.02 a	GOST 26423-85 [29]
Total N	mg kg ⁻¹	432 ± 5.51 a	96.7 ± 7.20 b	Tyurin & Kononova method [30]
P ₂ O ₅	mg kg ⁻¹	230 ± 10.0 b	400 ± 5.00 a	Machigin method in CINAO modification [31]
K ₂ O	mg kg ⁻¹	440 ± 40.0 b	885 ± 25.0 a	
Ca	mEq/100 g	58.3 ± 2.45 a	20.8 ± 0.75 b	Arinushkin method in Grabarov modification
Mg	mEq/100 g	8.37 ± 0.45 a	3.70 ± 0.23 b	
Na	mEq/100 g	0.28 ± 0.01 b	0.38 ± 0.01 a	Antipov-Karataev & Mametov method in Grabarov modification
K	mEq/100 g	0.27 ± 0.01 b	1.04 ± 0.03 a	

Notes: different letters within one parameter indicate a statistical difference at $p < 0.05$.

Table 2 – POP-pesticides concentrations (µg kg⁻¹) in historically contaminated soil.

POP-pesticide	MPC		Contaminated soil
	KZ [32]	EU [33]	
DDT and metabolites			
2,4-DDD	-	-	14 072 ± 5 239
4,4-DDD	-	-	11 434 ± 7 302
4,4-DDE	-	-	778 ± 292
4,4-DDT	-	-	10 023 ± 2 471
∑ DDTs	100	10.0	36 307
HCH isomers			
α-HCH	-	220	89.2 ± 0.0
β-HCH	-	92.0	25.5 ± 16.4
γ-HCH	-	0.01	488 ± 152
δ-HCH	-	-	67.4 ± 13.7
∑ HCHs	100	-	670

2.2 Experimental layout

To assess the biomass productivity and phytoremediation potential of *Miscanthus sinensis* Andersson in POP-pesticide contaminated soil, a controlled pot experiment was conducted in greenhouse conditions.

The preparatory phase of the experiment commenced on November 13, 2019, entailing a structured process for filling the pots. Initially, 1 kg of keramzite was placed at the base of each pot, serving as an effective drainage layer. This was followed by a second layer of 1 kg of sand. The third

layer consisted of 2 kg of soil, differentiated across pots as either POP-pesticides contaminated soil or control soil. To mitigate soil desiccation, a final thin layer of sand was uniformly applied atop each pot. In total, the experimental design incorporated 6 (six) pots, arranged to facilitate 2 (two) experimental variants, each replicated thrice.

On November 14, 2019, *M. sinensis* rhizomes were planted in prepared pots to facilitate plant acclimatization and adaptation during the winter period. The rhizomes were sourced from the plantation located on the premises of the Institute of Plant Biology and Biotechnology (GPS 43°13'38.161"N, 76°54'59.443"E; Almaty, Kazakhstan).

Plant physiological parameters, including plant height, length, width, and number of leaves, were measured monthly. Soil moisture was adjusted to 50% by irrigation every third day.

At the end of the vegetation season (September 15, 2020) when leaves turned yellow, *M. sinensis* biomass was harvested. The collection of soil and plant samples, comprising both roots and aboveground biomass (AGB), was performed following GOST 17.4.4.02-2017 [24] and ISO 18589-2:2022 [34]. The soil samples were dried and sieved ($d = 2$ mm). The roots of *M. sinensis* were thoroughly cleansed under running tap water to eliminate residual soil particles. Then, plant samples were dried at a temperature of 105 °C until a constant weight was achieved. The dried roots and AGB samples were finely using the IKA A11 basic analytical mill and stored at room temperature in labelled zip-lock bags until chemical analysis.

2.3 Chlorophyll pigments content

The content of chlorophyll pigments, specifically chlorophyll *a* (*Chl a*), chlorophyll *b* (*Chl b*), and carotenoids (*Car*), in the leaves of *M. sinensis* was determined according to Gavrilenko et al. [35]. 30 g of fresh leaves were finely ground in 2 mL of

cooled 96% ethanol. Then, the produced homogenate was subjected to centrifugation at 7,000 rpm for 10 min. The supernatant was carefully transferred into a test tube. The absorbance levels of photosynthetic pigments within the supernatant were measured using an Evolution 60 spectrophotometer (Thermo Scientific, USA) at wavelengths of 440.5, 649, and 665 nm. The concentrations of *Chl a*, *Chl b*, and *Car* were calculated employing eq. 1-4:

$$\begin{aligned} Chl_a (mg L^{-1}) &= \\ &= 11.63 \times D_{665} - 2.39 \times D_{649} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} Chl_b (mg L^{-1}) &= \\ &= 20.11 \times D_{649} - 5.18 \times D_{665} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} Chl_{a+b} (mg L^{-1}) &= \\ &= 6.45 \times D_{665} + 17.72 \times D_{649} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} Car (mg L^{-1}) &= \\ &= 4.695 \times D_{440.5} - 0.268 \times Chl_{a+b} \end{aligned} \quad (4)$$

2.4 Chemical analysis

The concentrations of target POP-pesticides in soil and plant samples were measured by gas chromatography with an electron capture detector (Gas Chromatography Agilent Technologies 6890N) equipped with the autosampler Combi-PAL (CTC Analytics AG, Switzerland) in accordance with standards ST RK 2131-2011 [25] and ST RK 2011-2010 [36], respectively. A detailed description of the procedure was published earlier [14,15,37].

2.5 Phytoremediation potential

In order to evaluate the resilience of *M. sinensis* to POP-pesticide contamination as well as its phytoremediation potential, tolerance index (TI), bioconcentration factor (BCF), and translocation factor (TLF) were calculated following eq. 5-7 [38–41].

$$TI = \frac{[Plant\ growth\ parameter]\ in\ contaminated\ soil}{[Plant\ growth\ parameter]\ in\ control\ soil} \quad (5)$$

$$BCF = \frac{POP - pesticide\ concentration\ in\ plant\ tissue\ (\mu g\ kg^{-1})}{POP - pesticide\ concentration\ in\ soil\ (\mu g\ kg^{-1})} \quad (6)$$

$$TLF = \frac{POP - pesticide\ concentration\ in\ aboveground\ biomass\ (\mu g\ kg^{-1})}{POP - pesticide\ concentration\ in\ roots\ (\mu g\ kg^{-1})} \quad (7)$$

2.6 Statistical analysis

The data analysis was conducted using RStudio software (version 2023.06.0 Build 421, RStudio PBC, 2023). Tukey HSD tests were performed for the pairwise comparisons of the means, while ANOVA was used to confirm statistical significance. Subsequently, the treatments were categorised by letter in descending order, and graphs were generated. Significance was declared at $p < 0.05$.

Results and discussion

3.1 Influence of POP-pesticide contamination on *M. sinensis* biomass productivity

M. sinensis plants underwent a complete developmental cycle in both control and POP-pesticides contaminated soils. In March 2020, seedlings in control and contaminated soils exhibited average heights of 16.3 ± 0.5 and 16.0 ± 1.2 cm, respectively ($p = 0.68$). At harvest, the plants had attained heights of 48.2 ± 0.3 cm in control soil

and 45.8 ± 0.5 cm in contaminated soil, with a slight but still significant ($p < 0.01$) decrease observed for plants grown in contaminated soil (Fig. 1a). Furthermore, a notable increase of 10.8 ($p < 0.001$) and 16.9% ($p < 0.01$) was observed in the roots' length and weight of *M. sinensis* grown in contaminated soil, respectively (Fig. 1b, c). Conversely, AGB DW of plants cultivated in POP-pesticides contaminated soil showed a substantial decrease of 23.1% ($p < 0.001$).

Consequently, the mean TI of *M. sinensis* when cultivated in POP-pesticides contaminated soil was computed to be 0.99. In particular, individual TI values were calculated to be as follows: the height TI – 0.95; AGB DW – 0.77; roots DW – 1.17; and roots length – 1.11. Thus, the ability of *M. sinensis* to maintain nearly normal growth and even enhanced root development under severe POP-pesticide contamination in soil cumulatively evidence the remarkable resilience of *M. sinensis* and its potential to be utilized as a promising phyto-agent in remediation projects.

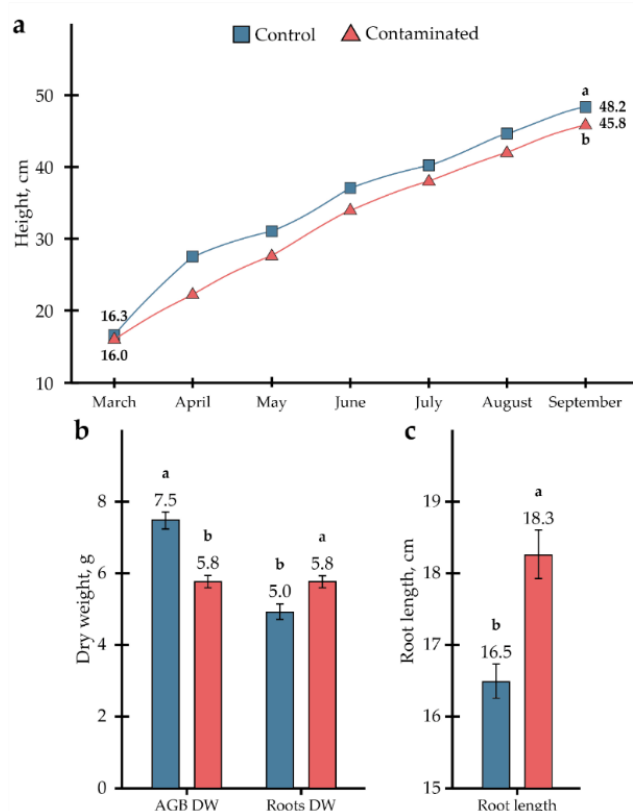


Figure 1 – Biomass productivity of *M. sinensis* grown in control and POP-pesticides contaminated soils: a) growth dynamic; b) AGB and roots DW; c) root length. Different letters within one parameter indicate a significant difference between values

3.2 Influence of POP-pesticide contamination on chlorophyll pigments content

Currently, research into indicators of plant tolerance to contaminants, identifying resilient plant species, and discovering species capable of accumulating toxic substances for phytoremediation is crucial. Hence, certain plant physiological parameters have emerged as essential bioindicators of abiotic stress caused by anthropogenic activities. These parameters include a decrease in the *Chl a/b* ratio and an increase in the *Chl (a+b)/Car* ratio. A notable reduction in the key photosynthetic pigment, *Chl a*, in response to an increase in auxiliary

pigments such as *Chl b* and *Car*, indicates an adaptive response to xenobiotic stress [42].

In our study, the stress response of *M. sinensis* grown in POP-pesticides contaminated soil was evident in the reduction of *Chl a*, *Chl b*, and *Car* content by 30%, 37%, and 29%, respectively (Fig. 2a). This reduction suggests an adaptation of the plant's photosynthetic apparatus to severe POP-pesticide contamination. Consequently, we can infer that alterations in chlorophyll pigment ratios may serve as reliable indicators of the photosynthetic apparatus's adaptation to POP-pesticide exposure.

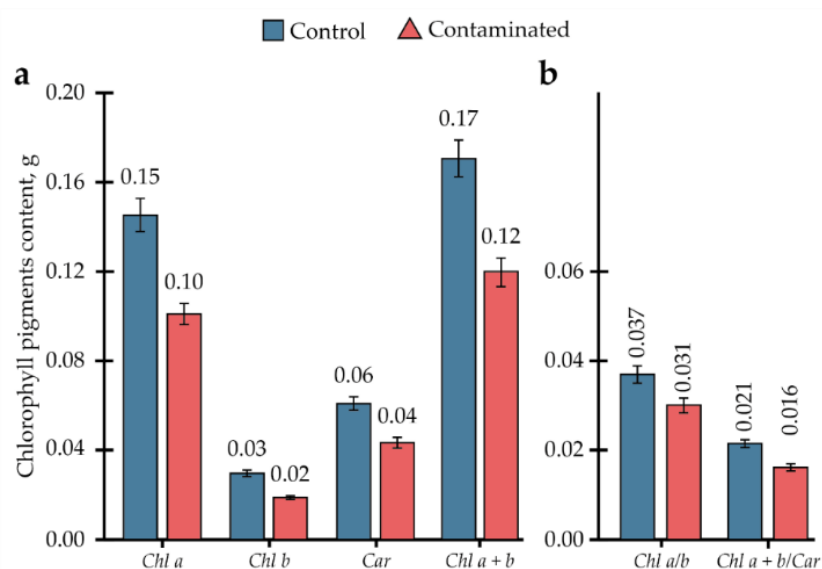


Figure 2 – Chlorophyll pigments content in leaves of *M. sinensis* grown in POP-pesticides contaminated soil: a) pigments mass; b) non-unit ratio indicators

3.3 Phytoremediation potential of *M. sinensis* concerning POP-pesticides

The molecular weights (M_r) of DDT & metabolites range from 318.0 to 354.5 g mol⁻¹. Notably, among DDT metabolites, 4,4-DDT exhibited the highest hydrophobicity coefficient ($\log K_{ow}$) of 6.91 and the largest M_r at 354.5 g mol⁻¹. The $\log K_{ow}$ for 4,4-DDE was slightly lower at 6.51, with an M_r of 318.0 g mol⁻¹. The lowest hydrophobicity coefficient was observed for 2,4-DDD ($\log K_{ow} = 5.87$) with a M_r of 320.0 g mol⁻¹, even though the $\log K_{ow}$ for 4,4-DDD was higher at 6.02.

The accumulation of DDT & metabolites in *M. sinensis* tissues demonstrated a clear pattern: both 2,4-DDD and 4,4-DDD showed minimal

concentration in the biomass, with bioconcentration factors (BCF) for AGB and roots being below 1 (Fig. 3a). This indicates a lack of significant accumulative capability in the plant for these pesticides. In contrast, the highest BCF was observed for 4,4-DDE, particularly in the root system, with a BCF of 2.07, while its BCF for AGB was 1.02 (Fig. 3a). According to the translocation factor (TLF) values, *M. sinensis* predominantly accumulated 4,4-DDE in the roots evidencing phytostabilization potential in relation to this POP-pesticide (Fig. 3b). Conversely, a slight phytoextraction potential was observed for 4,4-DDT (Fig. 3b).

Therefore, it can be inferred that *M. sinensis* is able to bioconcentrate both 4,4-DDE and 4,4-DDT (BCF

>1), activating phytostabilization ($TLF < 1$) and phytoextraction ($TLF > 1$) strategy, respectively (Fig. 3a, b).

The M_r of HCH isomers (α -, β -, δ -, and γ -) range from 290.8 to 296.9 g mol^{-1} . Within this group, δ -HCH exhibits the highest hydrophobicity coefficient ($\log K_{ow} = 4.14$), while γ -HCH has the lowest (3.72), even though M_r of these isomers are identical.

The accumulation of HCH isomers in *M. sinensis* tissues predominantly followed the phytoextraction strategy: three out of four isomers were more concentrated in AGB than in the root system, with α -HCH being evenly distributed throughout the plant (Fig. 4a, b). However, BCF

values indicate that *M. sinensis* cannot concentrate α - and δ -HCH ($BCF < 1$). Among these POP-pesticides, the highest accumulation was observed for β -HCH, which had a BCF of 6.55 in the AGB and 1.62 in the root system, accompanied by a TLF of 4.04. On the other hand, γ -HCH, due to its lower hydrophobicity, predominantly migrated from the roots to the AGB ($TLF = 84$), resulting in significant accumulation in the latter. Consequently, *M. sinensis* demonstrated a capacity to bioconcentrate the less toxic isomer (β -HCH) in considerable quantities, whereas for the more toxic γ -HCH, the bioconcentration was relatively lower (~ 1).

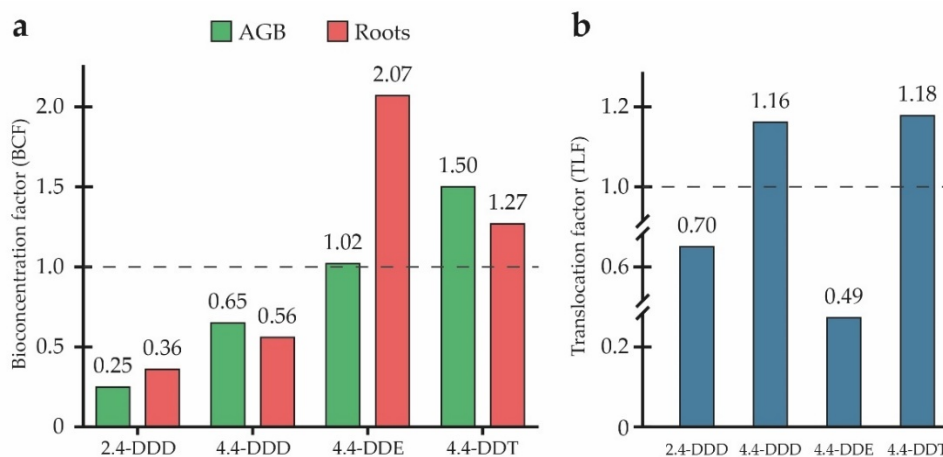


Figure 3 – *M. sinensis* phytoremediation potential concerning DDT & metabolites: a) BCF; b) TLF

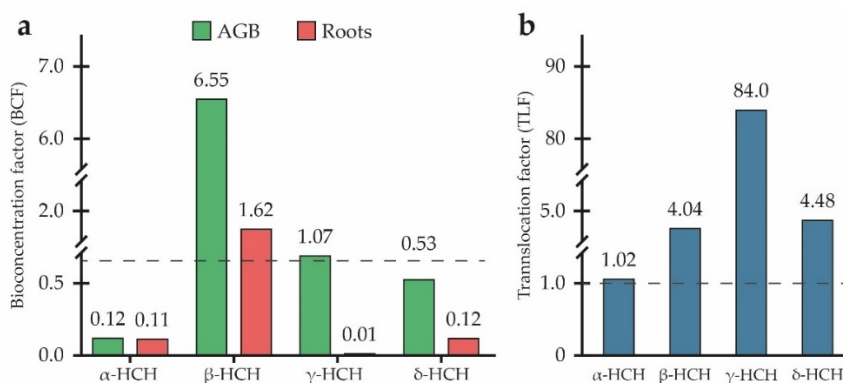


Figure 4 – *M. sinensis* phytoremediation potential concerning HCH isomers: a) BCF; b) TLF

Investigation of *M. sinensis* phytoremediation potential evaluating solely POP-pesticides concentrations data presents certain limitations. In general, POP-pesticides distribution in *M. sinensis*

tissues correlates with their $\log K_{ow}$ values: higher hydrophobicity ($\log K_{ow}$) typically leads to reduced accumulation. However, this trend did not hold for two substances: 2,4-DDD and β -HCH.

Indeed, low concentrations of 2,4-DDD in the plant biomass could be attributed to its transient state during the anaerobic degradation of DDT, eventually forming 2,2-bis(4-chlorophenyl)-acetic acid [43]. Furthermore, the correlation anomaly for DDD might be due to its high octanol-air partition coefficient ($\log K_{OA} = 10.1$, compared to 9.82 for 4,4-DDT and 9.68 for 4,4-DDE). Organic compounds with low $\log K_{ow}$ but high $\log K_{OA}$ values could not typically accumulate in plant tissues [44]. Further, the peculiar behaviour of 2,4-DDD could be linked to its metabolically activated nature and potential breakdown into two metabolites: *o.p'*-DDA and *o.p'*-DDE [45].

To understand the behaviour of β -HCH, its $\log K_{OA}$ value should be taken into account. This coefficient is crucial for understanding the dynamics of organic compounds between air and environmental matrices such as soil, vegetation, and aerosol particles. For β -HCH, the $\log K_{OA}$ is equal to 8.1, while for γ -HCH, it is 9.7, which accounts for the lower accumulation of the latter. Moreover, contaminants with low $\log K_{ow}$ and high $\log K_{OA}$, as in the case of β -HCH, were reported to be unable to significant bioaccumulation [44].

Thus, the phytoremediation potential of *M. sinensis* in relation to POP-pesticides detected in research soil is summarized in Table 3.

Table 3 – Summary of *M. sinensis* phytoremediation potential in relation to studied POP-pesticides.

POP-pesticide	BCF >1			TLF > 1	Phytoremediation potential
	AGB	Roots	Mean		
DDT and metabolites					
2,4-DDD	–	–	–	–	No potential
4,4-DDD	–	–	–	+	No potential
4,4-DDE	+	+	+	–	Phytostabilization
4,4-DDT	+	+	+	+	Phytoextraction
HCH isomers					
α -HCH	–	–	–	+	No potential
β -HCH	+	+	+	+	Phytoextraction
γ -HCH	+	–	–	+	Phytoextraction
δ -HCH	–	–	–	+	No potential

Conclusion

The investigation into the potential of *M. sinensis* as a tool for POP-pesticides-contaminated soils has yielded promising results. This novel phyto plant has exhibited robust growth, showcasing its resilience and adaptability in POP-pesticides-contaminated environments. Furthermore, our study has confirmed its ability to effectively accumulate the studied POP-pesticides. The process of POP-pesticide accumulation within *M. sinensis* was found to be influenced by several key factors, including pesticide hydrophobicity, molecular weight, and concentration in soil. These variables played a crucial role in determining the extent and efficiency of contaminant translocation within the plant. Importantly, our findings revealed that POP-pesticide accumulation mostly occurred uniformly across both aboveground biomass and roots.

Furthermore, *M. sinensis* has also demonstrated remarkable adaptability by employing distinct phytoremediation strategies depending on the specific POP-pesticides present in the contaminated soil. Our observations have revealed that *M. sinensis* exhibits phytoextraction capabilities concerning 4,4-DDT, β -HCH, and γ -HCH, achieving TLF of up to 84. Conversely, the plant displayed phytostabilization activity when encountering 4,4-DDE, a critical compound that marks the final degradation product of DDT, the primary POP-pesticide found in Kazakhstan. Given the hydrophobic nature of 4,4-DDE ($\log K_{ow}$ of 6.51), *M. sinensis* effectively stabilizes this compound within its roots.

In conclusion, *M. sinensis* ability to apply distinct phytoremediation strategies depending on the specific contaminant present in soil positions it as an asset in addressing soil contamination while

simultaneously offering the prospect of producing clean biomass for various applications. Further research on optimizing the efficacy of phytoremediation using *M. sinensis* for POP-pesticide contaminated soils is necessary to expand the range of POP-pesticides that *M. sinensis* can effectively manage through phytostabilization.

Acknowledgements

The research was conducted within the framework of the project AP19679273 supported by the Committee of Science, Ministry of Science and Higher Education, the Republic of Kazakhstan.

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Weber R. et al. The Need for Better Management and Control of POPs Stockpiles // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015. Vol. 22, № 19. P. 14385–14390.
2. UNEP. Global International Waters Assessment Indian Ocean Islands, GIWA Regional assessment 45b. Kalmar, Sweden: University of Kalmar, 2004.
3. Астанина Л., Дылевская С., Корнеева З. Реализация Стокгольмской, Роттердамской и Базельской конвенций в Казахстане (Обзор), Алматы. Казахстан: Аналитическое экологическое агентство “Greenwomen,” 2018. 53 с.
4. FAO. Obsolete Pesticides: Inventory and Environmental Risk Assessment: Online. Food and Agriculture Organization, 2014.
5. EcoGosFond. Информационные бюллетени о состоянии окружающей среды. Единый экологический интернет-ресурс, 2024.
6. Kazakhstan.un.org. FAO Conducts a Series of Trainings to Address Obsolete Pesticides and Contaminated Soils in Kazakh Agriculture | United Nations in Kazakhstan [Electronic resource] // United Nations – Kazakhstan. 2023. URL: <https://kazakhstan.un.org/en/236335-fao-conducts-series-trainings-address-obsolete-pesticides-and-contaminated-soils-kazakh> (accessed: 20.01.2024).
7. FAO. Managing pesticide wastes, supporting green crop production in Central Asia and Türkiye: Situation in Kazakhstan [Electronic resource] // FAO UN. 2023. URL: <https://www.fao.org/in-action/pesticides-central-asia/countries/kazakhstan/en> (accessed: 20.01.2024).
8. Mit N. et al. Ecological Risk Assessment and Long-Term Environmental Pollution Caused by Obsolete Undisposed Organochlorine Pesticides // *J. Environ. Sci. Health – Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes.* Taylor & Francis, 2021. Vol. 56, № 5. P. 490–502.
9. Eqani S.A.-M.-A.-S. et al. Uptake of Organochlorine Pesticides (OCPs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by River Water Fish: The Case of River Chenab // *Sci. Total Environ.* 2013. Vol. 450–451. P. 83–91.
10. Idowu G. Organochlorine Pesticide Residues in Nigeria. 2018.
11. Ren Y. et al. Research Progress on Remediation of Organochlorine Pesticide Contamination in Soil // *Environ. Geochem. Health.* 2024. Vol. 46, № 1. P. 25.
12. Baubekova A. et al. Evaluation of Environmental Contamination by Toxic Trace Elements in Kazakhstan Based on Reviews of Available Scientific Data // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021. Vol. 28, № 32. P. 43315–43328.
13. Nurzhanova A. et al. Phytoremediation of Military Soil Contaminated by Metals and Organochlorine Pesticides Using *Miscanthus* // *Commun Agric Appl Biol Sci.* 2017. Vol. 82. P. 61–68.
14. Mamirova A. et al. Phytoremediation Potential of *Miscanthus sinensis* And. in Organochlorine Pesticides Contaminated Soil Amended by Tween 20 and Activated Carbon // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021. Vol. 28, № 13. P. 16092–16106.
15. Mamirova A. et al. Phytoremediation of Soil Contaminated by Organochlorine Pesticides and Toxic Trace Elements: Prospects and Limitations of *Paulownia tomentosa* // *Toxics. Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 2022. Vol. 10, № 8. P. 465.
16. Bakshi P. et al. Advanced Technologies for the Remediation of Pesticide-Contaminated Soils // *Handbook of Assisted and Amendment: Enhanced Sustainable Remediation Technology.* John Wiley & Sons, Ltd, 2021. P. 331–353.
17. Pandey V.C., Bajpai O. Chapter 1 – Phytoremediation: From Theory Toward Practice // *Phytomanagement of Polluted Sites* / ed. Pandey V.C., Baudhdh K. Elsevier, 2019. P. 1–49.
18. Pidlisnyuk V. et al. Potential Phytomanagement of Military Polluted Sites and Biomass Production Using Biofuel Crop *Miscanthus* × *giganteus* // *Environ. Pollut.* 2019. Vol. 249. P. 330–347.
19. Evangelou M.W.H. et al. Phytomanagement: Phytoremediation and the Production of Biomass for Economic Revenue on Contaminated Land // *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 1* / ed. Ansari A.A. et al. Cham: Springer International Publishing, 2015. P. 115–132.
20. Al Souki K.S. et al. Response of Three *Miscanthus* × *giganteus* Cultivars to Toxic Elements Stress: Part 2, Comparison between Two Growing Seasons // *Plants. Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 2022. Vol. 11, № 7. P. 945.
21. Pidlisnyuk V. et al. *Miscanthus* × *giganteus* Phytoremediation of Soil Contaminated with Trace Elements as Influenced by the Presence of Plant Growth-Promoting Bacteria // *Agronomy. Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, 2022. Vol. 12, № 4. P. 771.
22. Mamirova A., Pidlisnyuk V. Phytotechnology with Energy Crops Biomass Production // *Key Questions on Climate Change and Sustainability. Toward the Make-or-Break Years* / ed. Pidlisnyuk V. Kyiv, Ukraine: Printeko, 2021. P. 115–120.
23. ISO 18400-205:2018. Soil quality — Sampling — Part 205: Guidance on the Procedure for Investigation of Natural, Near-Natural and Cultivated Sites: ICS: 13.080.05. 2018. 15 p.

- 24.ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы Отбора и Подготовки Проб для Химического, Бактериологического, Гельминтологического Анализа. Москва, Россия: Стандартинформ, 2019. 12 с.
- 25.СТ РК 2131-2011. Качество почвы. Определение содержания хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов. Газохроматографический метод с электрозахватным детектором. МГС: 71.040.50. Астана, Казахстан, 2012. 23 с.
- 26.IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. 4th ed. Vienna, Austria: International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. 234 p.
- 27.ГОСТ 26213–2021. Почвы. Методы определения органического вещества. МГС: 13.080. Москва, Россия: Российский Институт Стандартизации, 2022. 11 с.
- 28.СТ РК 3477-2019. Почвы. Определение гумуса по методу И.В. Тюрина. МГС: 17.020. Астана, Казахстан, 2019.
- 29.ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. МГС13.080.20. Москва, Россия: Стандартинформ, 2011. 7 с.
- 30.Радов А., Пустовой И., Корольков А. Определение гидролизуемого азота в почве по методу Тюрина и Кононовой // Практикум по агрохимии / под ред. Радов А. Москва, Россия: Колос, 1965. С. 158–164.
- 31.ГОСТ 26205–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. МГС: 13.080.10. Москва: Комитет Стандартизации и Метрологии СССР, 1993. 10 с.
- 32.МЗ и МООС РК. Норматив предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву. Совместный приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 30 января 2004 года № 99 и Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 27 января 2004 года № 21-п. 2004.
- 33.Crommentuijn T. et al. Maximum Permissible and Negligible Concentrations for Some Organic Substances and Pesticides // J. Environ. Manage. 2000. Vol. 58, № 4. P. 297–312.
- 34.ISO 18589-2:2022. Measurement of Radioactivity in The Environment — Soil — Part 2: Guidance for the Selection of The Sampling Strategy, Sampling and Pre-Treatment of Samples: ICS: 17.240; 13.080.01. 2022. 28 p.
- 35.Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: Учебное пособие для студентов биологических специальностей университетов / Под ред. Б.А. Рубина. – Москва: Высшая школа, 1975. – 392 с.
- 36.СТ РК 2011–2010. Вода, продукты питания, корма и табачные изделия. Определение хлорорганических пестицидов хроматографическими методами. МГС: 13.060.01; 67.040; 65.120; 65.020.20. Астана, Казахстан, 2021. 66 с.
- 37.Nurzhanova A. et al. Comparative Assessment of Using *Miscanthus* × *Giganteus* for Remediation of Soils Contaminated by Heavy Metals: A Case of Military and Mining Sites // Environ. Sci. Pollut. Res. 2019. Vol. 26, № 13. P. 13320–13333.
- 38.Turner R.G., Marshall C. The Accumulation of Zinc by Subcellular Fractions of Roots of *Agrostis tenuis* Sibth. in Relation to Zinc Tolerance // New Phytol. 1972. Vol. 71, № 4. P. 671–676.
- 39.Wilkins D.A. The Measurement of Tolerance to Edaphic Factors by Means of Root Growth // New Phytol. 1978. Vol. 80, № 3. P. 623–633.
- 40.Zayed A., Gowthaman S., Terry N. Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants: I. Duckweed // J. Environ. Qual. 1998. Vol. 27, № 3. P. 715–721.
- 41.Yanqun Z. et al. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in Herbaceous Grown on Lead–Zinc Mining Area in Yunnan, China // Environ. Int. 2005. Vol. 31, № 5. P. 755–762.
- 42.Meysurova A.F., Notov A.A., Pungin A.V. Photosynthetic Pigments in Hypogymnia Physodes with Different Metal Contents // J. Appl. Spectrosc. 2018. Vol. 84, № 6. P. 1037–1043.
- 43.Aislabie J., Lloyd-Jones G. A Review of Bacterial-Degradation of Pesticides // Soil Res. Cairo Publishing, 1995. Vol. 33, № 6. P. 925–942.
- 44.Gobas F.A.P.C., Kelly B.C., Arnot J.A. Quantitative Structure Activity Relationships for Predicting the Bioaccumulation of POPs in Terrestrial Food-Webs // QSAR Comb. Sci. 2003. Vol. 22, № 3. P. 329–336.
- 45.Andersen A., Kasperlik-Zaluska A.A., Warren D.J. Determination of Mitotane (o,p'-DDD) and its Metabolites o,p'-DDA and o,p'-DDE in Plasma by High-Performance Liquid Chromatography // Ther. Drug Monit. 1999. Vol. 21, № 3. P. 355.

References

1. Aislabie J., Lloyd-Jones G. A Review of Bacterial-Degradation of Pesticides // *Soil Res.* Cairo Publishing, 1995. Vol. 33, № 6. P. 925–942.
2. Al Souki K.S. et al. Response of Three *Miscanthus* × *giganteus* Cultivars to Toxic Elements Stress: Part 2, Comparison between Two Growing Seasons // *Plants.* Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022. Vol. 11, № 7. P. 945.
3. Andersen A., Kasperlik-Zaluska A.A., Warren D.J. Determination of Mitotane (o,p'-DDD) and its Metabolites o,p'-DDA and o,p'-DDE in Plasma by High-Performance Liquid Chromatography // *Ther. Drug Monit.* 1999. Vol. 21, № 3. P. 355.
4. Astanina L., Dylevskaya S., Korneeva Z. Realizatsiya Stokgolmskoy, Rotterdamskoy i Bazel'skoy konventsii v Kazakhstane (Obzor) [Implementation of the Stockholm, Rotterdam, and Basel Conventions in Kazakhstan (overview)]. Almaty, Kazakhstan: Analiticheskoe ekologicheskoe agensvo "Greenwomen," 2018. 53 s.
5. Bakshi P. et al. Advanced Technologies for the Remediation of Pesticide-Contaminated Soils // *Handbook of Assisted and Amendment: Enhanced Sustainable Remediation Technology.* John Wiley & Sons, Ltd, 2021. P. 331–353.
6. Baubekova A. et al. Evaluation of Environmental Contamination by Toxic Trace Elements in Kazakhstan Based on Reviews of Available Scientific Data // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021. Vol. 28, № 32. P. 43315–43328.

7. Crommentuijn T. et al. Maximum Permissible and Negligible Concentrations for Some Organic Substances and Pesticides // *J. Environ. Manage.* 2000. Vol. 58, № 4. P. 297–312.
8. EcoGosFond. Informatsionnye byulleteni o sostoyanii okruzhayushchey sredy [State of the Environment Fact Sheets]. Yediny ekologicheskiy internet-resurs, 2024.
9. Evangelou M.W.H. et al. Phytomanagement: Phytoremediation and the Production of Biomass for Economic Revenue on Contaminated Land // *Phytoremediation: Management of Environmental Contaminants, Volume 1* / ed. Ansari A.A. et al. Cham: Springer International Publishing, 2015. P. 115–132.
10. Eqani S.A.-M.-A.-S. et al. Uptake of Organochlorine Pesticides (OCPs) and Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by River Water Fish: The Case of River Chenab // *Sci. Total Environ.* 2013. Vol. 450–451. P. 83–91.
11. FAO. Managing pesticide wastes, supporting green crop production in Central Asia and Türkiye: Situation in Kazakhstan [Electronic resource] // FAO UN. 2023. URL: <https://www.fao.org/in-action/pesticides-central-asia/countries/kazakhstan/en> (accessed: 20.01.2024).
12. FAO. Obsolete Pesticides: Inventory and Environmental Risk Assessment: Online. Food and Agriculture Organization, 2014.
13. Gavrilenko V.F., Ladygina M.E., Khandobina L.M. Bol'shoy praktikum po fiziologii rasteniy. Fotosintez. Dykhanie: Uchebnoe posobie dlya studentov biologicheskikh spetsial'nostey universitetov [Large workshop on Plant Physiology. Photosynthesis. Respiration. Textbook for university students of biological specialties] / Pod red. B.A. Rubina. – Moskva: Vysshaya shkola, 1975. – 392 s.
14. Gobas F.A.P.C., Kelly B.C., Arnot J.A. Quantitative Structure Activity Relationships for Predicting the Bioaccumulation of POPs in Terrestrial Food-Webs // *QSAR Comb. Sci.* 2003. Vol. 22, № 3. P. 329–336.
15. GOST 17.4.4.02-2017. Okhrana prirody. Pochvy. Metody Otbora i Podgotovki Prob dlya Khimicheskogo, Bakteriologicheskogo, Gel'mintologicheskogo Analiza [Nature protection. Soils. Methods for Sampling and Preparation of Soil for Chemical, Bacteriological, and Helminthological Analysis]. Moskva, Rossiya: Standartinform, 2019. 12 s.
16. GOST 26205–91. Pochvy. Opredelenie podviznykh soedineniy fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikatsii TSINAO [Soils. Determination of Mobile Compounds of Phosphorus and Potassium by Machigin Method Modified by CINAO]. MGS: 13.080.10. Moskva: Komitet Standartizatsii i Metrologii SSSR, 1993. 10 s.
17. GOST 26213–2021. Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva [Soils. Methods for Determination of Organic Matter] MGS: 13.080. Moskva, Rossiya: Rossiyskiy Institut Standartizatsii, 2022. 11 s.
18. GOST 26423-85. Pochvy. Metody opredeleniya udel'noy elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytazhki [Methods for Determination of Specific Electric Conductivity, pH, and Solid Residue of Water Extract]. MGS 13.080.20. Moskva, Rossiya: Standartinform, 2011. 7 s.
19. Idowu G. Organochlorine Pesticide Residues in Nigeria. 2018.
20. ISO 18400-205:2018. Soil quality — Sampling — Part 205: Guidance on the Procedure for Investigation of Natural, Near-Natural and Cultivated Sites: ICS: 13.080.05. 2018. 15 p.
21. ISO 18589-2:2022. Measurement of Radioactivity in The Environment — Soil — Part 2: Guidance for the Selection of The Sampling Strategy, Sampling and Pre-Treatment of Samples: ICS: 17.240; 13.080.01. 2022. 28 p.
22. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources. International Soil Classification System for Naming Soils and Creating Legends for Soil Maps. 4th ed. Vienna, Austria: International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022. 234 p.
23. Kazakhstan.un.org. FAO Conducts a Series of Trainings to Address Obsolete Pesticides and Contaminated Soils in Kazakh Agriculture | United Nations in Kazakhstan [Electronic resource] // United Nations – Kazakhstan. 2023. URL: <https://kazakhstan.un.org/en/236335-fao-conducts-series-trainings-address-obsolete-pesticides-and-contaminated-soils-kazakh> (accessed: 20.01.2024).
24. Mamirova A. et al. Phytoremediation Potential of *Miscanthus sinensis* And. in Organochlorine Pesticides Contaminated Soil Amended by Tween 20 and Activated Carbon // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021. Vol. 28, № 13. P. 16092–16106.
25. Mamirova A., Pidlisnyuk V. Phytotechnology with Energy Crops Biomass Production // Key Questions on Climate Change and Sustainability. Toward the Make-or-Break Years / ed. Pidlisnyuk V. Kyiv, Ukraine: Printeko, 2021. P. 115–120.
26. Mamirova A. et al. Phytoremediation of Soil Contaminated by Organochlorine Pesticides and Toxic Trace Elements: Prospects and Limitations of *Paulownia tomentosa* // *Toxics*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022. Vol. 10, № 8. P. 465.
27. Meysurova A.F., Notov A.A., Pungin A.V. Photosynthetic Pigments in Hypogymnia Physodes with Different Metal Contents // *J. Appl. Spectrosc.* 2018. Vol. 84, № 6. P. 1037–1043.
28. Mit N. et al. Ecological Risk Assessment and Long-Term Environmental Pollution Caused by Obsolete Undisposed Organochlorine Pesticides // *J. Environ. Sci. Health – Part B Pestic. Food Contam. Agric. Wastes*. Taylor & Francis, 2021. Vol. 56, № 5. P. 490–502.
29. MZ i MOOS RK. Normativ predel'no dopustimyykh konsentratsiy vrednykh veshchestv, vrednykh mikroorganizmov i drugikh biologicheskikh veshchestv, zagryaznyayushchikh pochvu [Standard for maximum permissible concentrations of harmful substances, harmful microorganisms and other biological substances that contaminate the soil]. Sovmestnyy prikaz Ministra zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 30 yanvarya 2004 goda № 99 i Ministra okhrany okruzhayushchey sredy Respubliki Kazakhstan ot 27 yanvarya 2004 goda № 21-p. 2004.
30. Nurzhanova A. et al. Phytoremediation of Military Soil Contaminated by Metals and Organochlorine Pesticides Using *Miscanthus* // *Commun Agric Appl Biol Sci.* 2017. Vol. 82. P. 61–68.
31. Nurzhanova A. et al. Comparative Assessment of Using *Miscanthus* × *Giganteus* for Remediation of Soils Contaminated by Heavy Metals: A Case of Military and Mining Sites // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2019. Vol. 26, № 13. P. 13320–13333.
32. Pandey V.C., Bajpai O. Chapter 1 – Phytoremediation: From Theory Toward Practice // *Phytomanagement of Polluted Sites* / ed. Pandey V.C., Baudh K. Elsevier, 2019. P. 1–49.

33. Pidlisnyuk V. et al. Potential Phytomanagement of Military Polluted Sites and Biomass Production Using Biofuel Crop *Miscanthus × giganteus* // *Environ. Pollut.* 2019. Vol. 249. P. 330–347.
34. Pidlisnyuk V. et al. *Miscanthus × giganteus* Phytoremediation of Soil Contaminated with Trace Elements as Influenced by the Presence of Plant Growth-Promoting Bacteria // *Agronomy*. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022. Vol. 12, № 4. P. 771.
35. Radov A., Pustovoy I., Korolkov A. Opredelenie gidrolizuemogo azota v pochve po metodu Tyurina i Kononovoy [Determination of Hydrolysable Nitrogen in the Soil According to the Method of Tyurin and Kononova] // *Praktikum po agrokhimii / pod red. Radov A.* Moskva, Rossiya: Kolos, 1965. S. 158–164.
36. Ren Y. et al. Research Progress on Remediation of Organochlorine Pesticide Contamination in Soil // *Environ. Geochem. Health.* 2024. Vol. 46, № 1. P. 25.
37. ST RK 2011–2010. Voda, produkty pitaniya, korma i tabachnye izdeliya. Opredelenie khlororganicheskikh pestitsidov khromatograficheskimi metodami [Water, Food, Feed and Tobacco. Determination of Organochlorine Pesticides by Chromatographic Methods]. MGS: 13.060.01; 67.040; 65.120; 65.020.20. Astana, Kazakhstan, 2021. 66 s.
38. ST RK 2131-2011. Kachestvo pochvy. Opredelenie sodержaniya khlororganicheskikh pestitsidov i polikhlorirovannykh bifenilov. Gazokhromatograficheskii metod s elektronozakhvatnym detektorom [Soil quality — Determination of Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls — Gas Chromatographic Method with Electron Capture Detection (MOD)]. MGS: 71.040.50. Astana, Kazakhstan, 2012. 23 s.
39. ST RK 3477-2019. Pochvy. Opredelenie gumusa po metodu I.V. Tyurina [Soils. Determination of Organic Matter by Tyurin Method]. MGS: 17.020. Astana, Kazakhstan, 2019.
40. Turner R.G., Marshall C. The Accumulation of Zinc by Subcellular Fractions of Roots of *Agrostis tenuis* Sibth. in Relation to Zinc Tolerance // *New Phytol.* 1972. Vol. 71, № 4. P. 671–676.
41. UNEP. Global International Waters Assessment Indian Ocean Islands, GIWA Regional assessment 45b. Kalmar, Sweden: University of Kalmar, 2004.
42. Weber R. et al. The Need for Better Management and Control of POPs Stockpiles // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2015. Vol. 22, № 19. P. 14385–14390.
43. Wilkins D.A. The Measurement of Tolerance to Edaphic Factors by Means of Root Growth // *New Phytol.* 1978. Vol. 80, № 3. P. 623–633.
44. Yanqun Z. et al. Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in Herbaceous Grown on Lead–Zinc Mining Area in Yunnan, China // *Environ. Int.* 2005. Vol. 31, № 5. P. 755–762.
45. Zayed A., Gowthaman S., Terry N. Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants: I. Duckweed // *J. Environ. Qual.* 1998. Vol. 27, № 3. P. 715–721.

Information about authors:

Nurzhanova Asil – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Associate Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology CS MHSE RK (Almaty, Kazakhstan, email: gen_asil@mail.ru)

Pidlisnyuk Valentina – Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Environmental Chemistry & Technology, Faculty of the Environment, Jan Evangelista Purkyně University (Usti nad Labem, Czech Republic, email: Valentyna.Pidlisniuk@ujep.cz)

Nurmagambetova Asiya – Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology CS MHSE RK (Almaty, Kazakhstan, email: asiyanurm@mail.ru)

Zhumasheva Zhadyra – Junior Researcher of the Laboratory of Plant Physiology and Biochemistry of the Institute of Plant Biology and Biotechnology CS MHSE RK (Almaty, Kazakhstan, email: zhoomash.zh@mail.ru)

Mamirova Aigerim (corresponding author) – PhD, Senior Researcher at the Department of Biotechnology, Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan, email: aigerim.mamirova@mail.com)

Авторлар туралы мәлімет:

Нуржанова Асиль Аруновна – биология ғылымдарының докторы, профессор, ШЖҚ РМК "Өсімдіктердің биология және биотехнология институты" ҚР ҒжЖБМ ҒК Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы зертханасының бас ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: gen_asil@mail.ru)

Пидлиснюк Валентина – химия ғылымдарының докторы, Ян Евангелиста Пуркине университетінің Қоршаған орта факультетінің Қоршаған орта химиясы және технологиясы кафедрасының профессоры (Усти над Лабем, Чехия, email: Valentyna.Pidlisniuk@ujep.cz)



Нурмагамбетова Асия Сериковна – ШЖҚ РМК "Өсімдіктердің биология және биотехнология институты" ҚР ҒжЖБМ ҒК Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы зертханасының ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: asiyanurm@mail.ru)

Жумашева Жадыра – ШЖҚ РМК "Өсімдіктердің биология және биотехнология институты" ҚР ҒжЖБМ ҒК Өсімдіктер физиологиясы және биохимиясы зертханасының кіші ғылыми қызметкері (Алматы, Қазақстан, email: zhoomash.zh@mail.ru)

Мамирова Айгерим Аманжоловна (корреспондент автор) – PhD, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ биология және биотехнология факультетінің Биотехнология кафедрасының аға ғылыми қызметкері. (Алматы, Қазақстан, email: aigerim.mamirova@mail.com)

Received: January 25, 2024

Accepted: May 20, 2024

M.M. Kaverina¹ , R.M. Ualiyeva^{1*} , A.I. Syso² ,
A.U. Tuyakbayeva³ , S.B. Zhangazin³ 

¹Toraighyrov University, Kazakhstan, Pavlodar

²Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Russia, Novosibirsk

³Eurasian National University named after. L.N. Gumilyov, Kazakhstan, Astana

*e-mail: ualiyeva.r@gmail.com

MORPHOMETRIC PARAMETERS AND LEAF ASH CONTENT OF TREE PLANTS: INDICATION OF TECHNOGENIC LOAD IN THE CONDITIONS OF AN INDUSTRIAL REGION

This article is dedicated to studying the influence of ash element distribution in the tissues of woody plants` foliar organs on the fluctuating asymmetry of leaf blades in industrial areas. The research goal is a comprehensive study of the trends in the relationship between ash content and fluctuation of morphometric parameters of leaf blades under conditions of increased anthropogenic impact, using Pavlodar as an example. The research hypothesis states that the increase in ash element content in the tissues of leaf blades is directly proportional to significant variations in morphometric parameters within the sample and serves as an indicator of environmental pollution. The research objects are leaves of *Populus balsamifera*, *Betula pendula*, *Acer negundo*. According to the location of industrial emission sources, they were divided into three zones: northern, eastern, and central. The leaves were collected at the end of the 2023 growing season, with subsequent measurements of the length and width of the leaf blade and calculation of the standard deviation. The significance of differences between samples was assessed based on the results of variance analysis. Ash content determination was carried out by the dry ashing method of leaves in a muffle furnace. It was found that the maximum concentration of ash elements is characteristic of *Populus balsamifera* and *Acer negundo*, with the highest degree of atmospheric air pollution identified for the Alumina Plant, consistent with the significant results of the range of variation in morphometric indicators within the sample. An increase in mineral accumulation in leaf blades from southeast to northwest within the central and eastern industrial zones (excluding the Alumina plant) was noted. The obtained results confirm a direct proportional relationship between significant fluctuations in morphometric parameters as ash content increases, which can be used as an indicative method of anthropogenic pollution in industrial regions.

Key words: bioindication, fluctuating asymmetry, technogenic pollution, industrial zone.

М.М. Каверина¹, Р.М. Уалиева^{1*}, А.И. Сысо², А.У. Тұякбаева³, С.Б. Жангазин³

¹Торайғыров университеті, Қазақстан, Павлодар қ.

²РФА СБ Топырақтану және агрохимия институты, Ресей, Жаңасібір қ.

³Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.

*e-mail: ualiyeva.r@gmail.com

Ағаш өсімдіктері жапырақтарының морфометриялық параметрлері мен күлділігі: өнеркәсіптік аймақтағы техногендік жүктеменің индикациясы

Бұл мақала ағаш өсімдіктерінің жапырақ мүшелерінің тіндеріндегі күл элементтерінің таралуының өнеркәсіптік аймақтардағы жапырақ алақандарының тербелмелі асимметриясына әсерін зерттеуге арналған. Зерттеудің мақсаты – Павлодар қаласының мысалында техногендік әсердің жоғарылауы жағдайында күл шамасының жапырақ алақандарының морфометриялық параметрлерінің ауытқуымен өзара байланысының тенденцияларын кешенді зерттеу. Зерттеу гипотезасы – жапырақ алақандарының тіндеріндегі күл элементтерінің көбеюі үлгі шегіндегі морфометриялық параметрлердің айтарлықтай өзгеруіне тікелей пропорционалды және қоршаған ортаның техногендік ластануының көрсеткіші болып табылады. Зерттеу нысандары – *Populus balsamifera*, *Betula pendula*, *Acer negundo* жапырақтары. Өнеркәсіптік шығарындылар көздерінің аумақтық орналасуына сәйкес олар үш аймаққа бөлінді: солтүстік, шығыс және орталық. Жапырақтары 2023 жылдың вегетациялық кезеңінің соңында жиналды, содан кейін жапырақ алақанының ұзындығы мен ені өлшенді және орташа квадраттық ауытқуы есептелді. Үлгілер арасындағы айырмашылықтардың маңыздылығын бағалау дисперсиялық талдау нәтижелері бойынша анықталды. Күлдің құрамын анықтау мұфелі пешіндегі жапырақтарды құрғақ күлдендіру

әдісімен жүзеге асырылды. Күл элементтерінің максималды концентрациясы *Populus balsamifera* және *Acer negundo*-ға тән екені анықталды, соған сәйкес Алюминий зауыты үшін атмосфералық ауаның ластануының ең жоғары дәрежесі анықталды, бұл үлгі ішіндегі морфометриялық көрсеткіштердің өзгеру диапазонының маңызды нәтижелеріне сәйкес келеді. Орталық және шығыс өнеркәсіп аймағы (Алюминий зауытын қоспағанда) шегінде қаланың оңтүстік-шығысынан солтүстік-батысына қарай жапырақ алақандарында минералдардың жинақталуының өсуі байқалды. Алынған нәтижелер күл көрсеткіштері өскен сайын морфометриялық параметрлердің айтарлықтай ауытқуының тікелей пропорционалды байланысын растайды, оны өнеркәсіптік аймақ жағдайында техногендік ластанудың индикациялық әдісі ретінде пайдалануға болады.

Түйін сөздер: биоиндикация, тербелмелі асимметрия, техногендік ластану, өндірістік аймақ.

М.М. Каверина¹, Р.М. Уалиева^{1*}, А.И. Сысо², А.У. Туякбаева³, С.Б. Жангазин³

¹Торайғыров университет, Қазақстан, г. Павлодар

²Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Россия, г. Новосибирск

³Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Қазақстан, г. Астана

*e-mail: ualiyeva.r@gmail.com

Морфометрические параметры и зольность листьев древесных растений: индикация техногенной нагрузки в условиях промышленного региона

Данная статья посвящена изучению влияния распределения зольных элементов в тканях фоллиарных органах древесных растений на флуктуационную асимметрию листовых пластин в условиях промышленных зон. Цель исследования – комплексное изучение тенденций взаимосвязи величины зольности с флуктуацией морфометрических параметров листовых пластинок в условиях повышенного техногенного воздействия на примере города Павлодар. Гипотеза исследования – рост содержания зольных элементов в тканях листовых пластин прямо пропорционален значительной вариации морфометрических параметров в пределах выборки и является индикатором техногенного загрязнения окружающей среды. Объекты исследования – листья *Populus balsamifera*, *Betula pendula*, *Acer negundo*. Согласно территориальному расположению промышленных источников выбросов, они были разделены на три зоны: северная, восточная и центральная. Листья отобраны в конце вегетационного периода 2023 года с последующим измерением длины и ширины листовой пластинки и расчетом среднеквадратического отклонения. Оценка значимости различий между выборками определена по результатам дисперсионного анализа. Определение содержания золы осуществляли методом сухого озоления листьев в муфельной печи. Выявлено, что максимальная концентрация зольных элементов характерна для *Populus balsamifera* и *Acer negundo*, в соответствии с чем наибольшая степень загрязнения атмосферного воздуха выявлена для Алюминиевого завода, что согласуется со значимыми результатами диапазона варьирования морфометрических показателей внутри выборки. Отмечен рост накопления минеральных веществ в листовых пластинках в направлении с юго-востока на северо-запад города в пределах центральной и восточной промзоны (за исключением Алюминиевого завода). Полученные результаты подтверждают прямо пропорциональную взаимосвязь значительной флуктуации морфометрических параметров по мере роста показателей зольности, что может использоваться в качестве индикационного метода техногенного загрязнения в условиях промышленного региона.

Ключевые слова: биоиндикация, флуктуационная асимметрия, техногенное загрязнение, промышленная зона.

Introduction

One of the most promising indicators of plant susceptibility to changes in the environment, particularly the composition of atmospheric air, is the accumulation of ash-forming elements by plants, which form a mineral residue. The content of these elements is reflected in the ash residue that remains after the removal of organic substances.

The concentration of ash-forming elements in the tissues of leaf blades of woody plants is determined by several factors, among which the most

characteristic ones are the quality of the environment and genotypic features of plant predisposition. Equally important in forming the ash composition of plants are environmental conditions such as temperature, acidity, and soil salinity, as well as moisture levels and shading [1, 2]. Leaf ash content indicators can reflect the degree of technogenic load on atmospheric air within a region, characterising the assimilation capacity of plant organisms and serving as a phytosignaling indicator of air pollution levels, although the relationship between these indicators is not always confirmed in practice [3]. The study

of ash content indicators plays an important role not only in terms of their importance for plant organisms but also from the perspective of the migration of these elements into other components of the ecosystem. Equally important is the aspect related to the influence of ash-forming elements on plant vitality, where excessive accumulation of such elements affects plant growth retardation, disrupts nutrient balance [4], cell structure, damages proteins and lipids, stimulates the accumulation of active oxygen forms [5], inhibits enzyme activity, disrupts respiratory and photosynthetic processes, damages stomatal function and structure [6, 7], and inhibits vital processes [8, 9].

It is important to note that one of the directions in the field of phytointication today is studying the variation of morphometric parameters of plants or their organs [3]. Methods for phytointication of technogenic pollution [10] based on assessing the asymmetry of leaf blade parameters (length and width) are being widely implemented, which is particularly relevant for industrial centres in the country [11, 12].

Currently, many regions of the Republic of Kazakhstan face the issue of air pollution from various emission sources [1]. Pavlodar is a city of regional significance and one of the significant industrial centres of the Republic of Kazakhstan. This role subjects the city to a substantial level of negative impact due to emissions of pollutants into the atmosphere by industrial enterprises. The seriousness of this problem is further compounded by mobile sources of pollution (transport). Materials collected near factories were studied as part of the research since these infrastructure objects constitute a significant portion of pollution sources.

According to the national report on the environment state in the Republic of Kazakhstan, 26% of all emissions into the atmosphere are attributed to the city of Pavlodar. The main contribution to the city's pollution comes from fuel and energy complexes, which account for 66.2% of emissions. Just under a quarter (23.5%) of emissions come from enterprises engaged in metallurgical activities [13].

According to the data from the Department of Ecology of the Pavlodar Region of the Committee for Environmental Regulation and Control of the Ministry of Ecology, Geology, and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan, emissions from first category industrial enterprises in 2023 amounted to 182.932 thousand tons, while emissions from stationary sources of the second and third categories totaled 9.851 thousand tons. In comparison, similar figures in 2022 comprised

199.145 thousand tons and 1.2 thousand tons (including the fourth category), respectively. The decrease in emissions from industrial sources of the first category is compensated by an increase in the share of emissions from sources belonging to categories II and III. The main proportion of pollutants released into the atmosphere is attributed to carbon monoxide (exceeding MPC in 783 cases), hydrogen sulfide (exceeding MPC in 640 cases), and nitrogen dioxide (exceeding MPC in 566 cases). Nitrogen oxide concentrations (exceeding MPC 32 times) and suspended particles (exceeding MPC 36 times) also play a significant role. The share of airborne particles in the form of dust was 1.8 MPC. The study of air quality using the Air quality index (AQI) equal to 4 characterised it as a low level; Standard Index (SI=7.6) indicated a high level of pollution; and the assessment based on Maximum Repeatability (MR=9%) demonstrated an elevated level [14, 15]. Despite various measures aimed at reducing industrial emissions, the overall quality of air according to different evaluated parameters does not show a consistently low level. This emphasises the relevance of the research based on the selected parameters and research methods.

In accordance with this, the research goal is defined as a comprehensive study of the relationship between ash content and fluctuation of morphometric parameters of woody plants' leaf blades under conditions of increased anthropogenic impact in the city of Pavlodar (one of the industrial centers of regional and national importance). According to the stated goal, the research hypothesis is determined: the increase in ash content in leaf tissue of woody plants is directly proportional to significant variation in morphometric parameters within the sample and serves as an indicator of environmental pollution.

Materials and methods

The objects of the study were leaves of some trees, which are most common near industrial facilities: *Populus balsamifera*, *Betula pendula*, *Acer negundo*. Leaf selection was carried out on the territory of seven industrial enterprises in the northern, eastern, and central industrial zones of Pavlodar (according to varying levels of technogenic load).

Considering the locations of industrial facilities, they were divided into three zones: northern (Pavlodar Oil Chemistry Refinery LLP (POCR), CHP-3), eastern (CHP-1, Pavlodar Alumina Plant (Aluminium of Kazakhstan JSC), Kazakhstan Electrolysis Plant JSC) and central (Pavlodar Machine-Building Plant JSC and Pavlodar Plant of Pipeline Fittings LLP).

Leaves were collected at the end of the growing season (from October 1 to October 7, 2023) from individual trees (at least five for each point, at a height of 1.5-2 metres) approximately of the same age. Twenty maximally healthy, well-developed, and undamaged leaves were selected from each tree. The length and width of the leaf blade were measured for each selected leaf sample, as well as the standard deviation for each parameter, reflecting the degree of dispersion of random variable values relative to their mean. To assess the significance of differences between samples, the obtained data underwent analysis of variance.

The ash content was determined by the method of dry ashing of leaves in the muffle furnace. The experiment was conducted in three replicates for each sample. Ash content was calculated using the formula [16]:

$$\text{Ash content (\%)} = \frac{m_{\text{ash (g)}} * 100}{m_{\text{dry sample (g)}}} \quad (1)$$

where:

m_{ash} – mass of ash;

$m_{\text{dry sample}}$ – mass of dry sample.

The mathematical processing of the obtained data was carried out in Microsoft Excel 2019.

Results and discussion

The most sensitive organisms constantly exposed to pollutants in the atmosphere are plants, where woody plants are of particular interest. The leaves of woody plants are the assimilation organs that come into contact with the atmospheric air, accumulating various pollutants (which enter from the atmosphere) on the surface and in their tissues. The influence of these pollutants begins after interacting with plant organs and often being absorbed by leaf blades [17]. Toxic substances can accumulate in photosynthetic organs during the process of performing their assimilation role by absorbing toxicants from the surrounding environment [18].

Different levels of technogenic impact affect the development of foliar organs, which is reflected in the formation of their morphometric parameters [19, 20]. Table 1 presents the main morphometric parameters of leaf blades of woody plants under industrial conditions in Pavlodar city.

Table 1 – Main morphometric parameters of woody plants' leaf blades under industrial conditions in Pavlodar city

Type of tree	Morphometric parameter	Pavlodar Oil Chemistry Refinery LLP (POCR), CHP-3	Kazakhstan Electrolysis Plant JSC	Pavlodar Machine-Building Plant JSC, Pavlodar Plant of Pipeline Fittings LLP	CHP-1	Pavlodar Alumina Plant (Aluminium of Kazakhstan JSC)
<i>Populus balsamifera</i>	length, cm	8,20±1,91	7,38±1,92	7,78±0,91	7,74±0,63	8,40±1,24
	width, cm	8,12±0,76	4,34±0,9	6,74±1,56	5,64±0,48	7,78±1,20
	standard deviation, σ					
<i>Betula pendula</i>	length, cm	5,36±0,55	5,38±0,28	6,20±0,64	5,36±0,87	6,62±0,66
	width, cm	4,38±0,65	4,60±0,63	4,80±0,63	4,56±0,66	5,66±0,41
	standard deviation, σ					
<i>Acer negundo</i>	length, cm	7,60±0,53	7,82±1,63	8,76±0,72	7,48±0,72	6,42±1,12
	width, cm	4,6±0,56	3,68±0,60	5,00±1,28	3,86±0,57	3,38±0,35
	standard deviation, σ					
<i>Note: standard deviation parameters of length are represented in the numerator, and width – in the denominator</i>						

The data presented in Table 1 indicates that the length parameters of poplar leaf blades exhibit dominant values in samples collected in the northern and eastern parts of the industrial zone (near the Pavlodar Alumina Plant). The central industrial zone and

CHP-1 show slightly lower values for leaf blade parameters, which may be attributed to the emissions from these facilities and the cumulative impact of neighbouring stationary sources due to air mass migration. The reduction in leaf parameters of trees

growing near the Kazakhstan Electrolysis Plant is explained by the mass emissions of pollutants from this facility, as well as the proximity to the Pavlodar Alumina Plant and CHP-1.

Morphometric parameters of birch and maple in the central industrial zone and areas furthest from the city's stationary sources (Pavlodar Oil Chemistry Refinery, CHP-3 and Kazakhstan Electrolysis Plant) exhibited similar variability. Overall, parameters within the same species fluctuated insignificantly, but more developed foliar organs were found within the boundaries of the Pavlodar Machine-Building Plant and Pavlodar Plant of Pipeline Fittings, which may be due to lower environmental impact from these facilities and smaller production volumes compared to the industrial giants in Pavlodar (Pavlodar Oil Chemistry Refinery and Kazakhstan Electrolysis Plant). Similar trends were observed for leaf width parameters in the studied areas, except for maple growing near the Electrolysis Plant (average leaf width was 20% smaller compared to samples from the Pavlodar Oil Chemistry Refinery, CHP-3, and more than 25% smaller than those from the central industrial zone), which can be attributed to weaker leaf blade development influenced by abiotic conditions and significant atmospheric pollution.

The length and width parameters of birch and maple samples from CHP-1 and Pavlodar Alumina Plant showed an inversely proportional relationship. The difference between similar leaf blade parameters of birch samples collected near the Pavlodar Alumina Plant and CHP-1 was 20% in favour of the former. The investigated parameters of maple in these territories prevailed by approximately 15% in samples from CHP-1 compared to those from the Pavlodar Alumina Plant.

The analysis of the standard deviation of length and width for assimilation organs demonstrated significant fluctuations in length within the sample of *Populus balsamifera* from territories of the Pavlodar Oil Chemistry Refinery, CHP-3, Kazakhstan Electrolysis Plant, and Pavlodar Alumina Plant (ranging from 1.00 to 1.55). Considerable variation in width was observed for Alumina Plant, Machine-Building Plant and Plant of Pipeline Fittings samples (ranging from 0.97 to 1.26). This indicates a substantial dependence of leaf blade parameters on the degree of technogenic load. Moreover, a difference in standard deviation of 0.03 was observed between leaf blade parameters of samples from the Alumina Plant, indicating relatively unstable morphometric indicators within the obtained samples. This suggests that the emissions from this plant manifest in a more significant variation of these two main parameters within the sample. Significant fluctuations with

a similar tendency are characteristic of *Acer negundo* samples collected near the Electrolysis and Alumina Plants (length parameters) and in the central industrial zone (width parameters). The variation in these parameters indicates that emissions from the Electrolysis and Alumina Plants primarily affect the length of *Acer negundo* leaf blades, while pollutants released into the atmosphere by facilities in the central industrial zone impact the width parameters of this plant species. *Betula pendula* showed a minor range of variations in morphometric parameters compared to each other, which may be related to the physiological characteristics of leaf blades and a low susceptibility to pollutants.

Therefore, the results of morphometric analysis indicate that the main fluctuations in parameters are characteristic of *Populus balsamifera*, which may be a result of strong technogenic impact, as well as the predisposition of this tree species to accumulate chemical elements. In other cases, significant roles may also be played by some other abiotic factors.

The assessment of the reliability of differences between morphometric parameters of woody plants' leaf blades near sources of anthropogenic emissions in industrial zones was carried out based on the results of dispersion analysis presented in Table 2 and Figure 1. To ensure the objectivity of the relationship between indicators and location of plants, the results are territorially distributed by zones.

The obtained results of analysis of dispersion complexes, including the length and width of leaf organs, demonstrate an excess of the F-criterion value for the length parameter of *Betula pendula* in three industrial zones compared to the F-critical. A similar situation was observed for the F-criterion of the leaf blade's width of *Populus balsamifera* in the northern and eastern industrial zones. The degree of technogenic load is clearly reflected within the eastern industrial zone for all parameters and tree species, except for the length of the leaf blade of *Populus balsamifera*. The overall assessment of indicators across all industrial enterprises demonstrated a statistically significant difference in parameters of the studied assimilation organs under the influence of technogenic pollutants in various magnitudes. This confirms that this criterion objectively determines the influence of atmospheric pollution on the formation of morphometric characteristics of leaf blades, which can be used in practice as an objective method of indication.

The average indicators for leaf blade ash content are presented in Table 3 and in Figure 2 (the distribution of indicators is indicated from Pavlodar Oil Chemistry Refinery to Pavlodar Oil Chemistry Refinery according to the sequence in Table 3).

Table 2 – Results of dispersion analysis of averaged parameters of foliar organs' length and width (three industrial zones of Pavlodar)

Plant species under study	Fisher–Snedecor test		
	Length	Width	$F_{crit.} (p \leq 0,05)$
Northern industrial zone			
<i>Populus balsamifera</i>	0,77	4,76	$f_{crit.} (1;18)=4,41$
<i>Betula pendula</i>	7,47	0,21	$f_{crit.} (1;26)=4,22$
<i>Acer negundo</i>	0,32	2,39	$f_{crit.} (1;26)=4,22$
Eastern industrial zone			
<i>Populus balsamifera</i>	2,26	61,57	$f_{crit.} (2;27)=3,35$
<i>Betula pendula</i>	25,55	21,59	$f_{crit.} (2;24)=3,40$
<i>Acer negundo</i>	5,67	3,60	$f_{crit.} (2;33)=3,27$
Central industrial zone			
<i>Populus balsamifera</i>	0,06	0,23	$f_{crit.} (1;20)=4,35$
<i>Betula pendula</i>	6	0,72	$f_{crit.} (1;18)=4,41$
<i>Acer negundo</i>	3,97	0,16	$f_{crit.} (1;18)=4,41$
General indicators for three industrial zones			
<i>Populus balsamifera</i>	0,61	16,88	$f_{crit.} =2,87$
<i>Betula pendula</i>	7,15	5,29	
<i>Acer negundo</i>	5,15	5,86	

Note: when $f_{exp} < f_{critical}$ group mean values of the sample differ insignificantly (marked in green); when $f_{exp} > f_{critical}$ – they differ significantly (marked in blue).

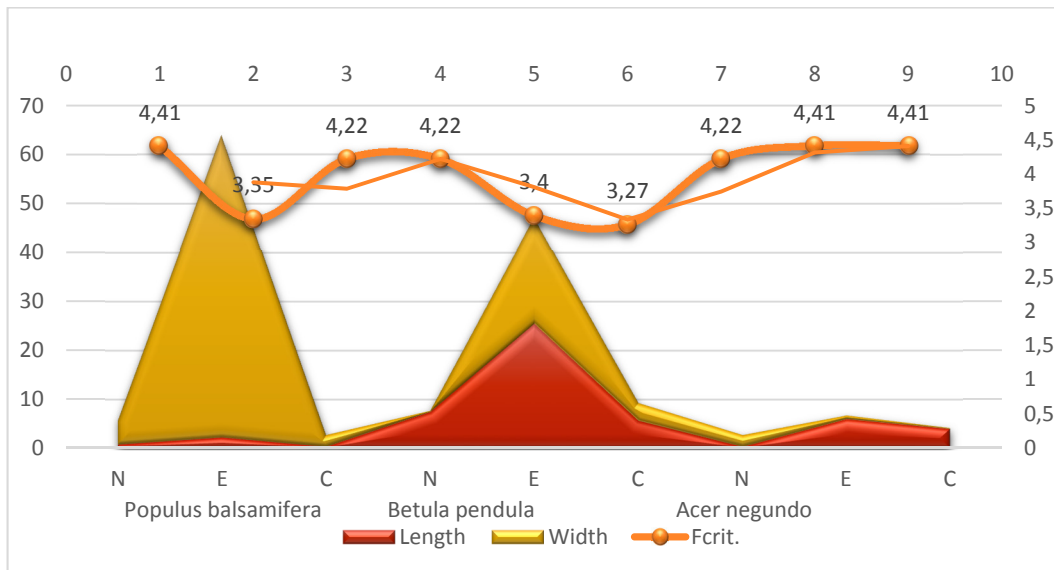
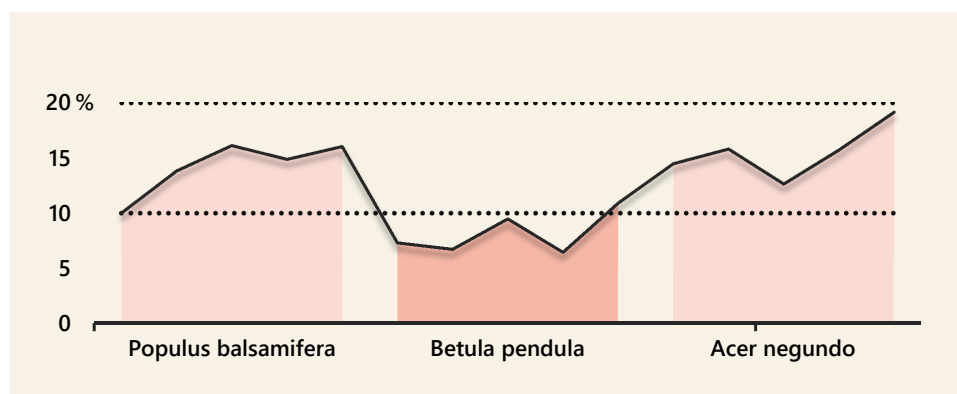


Figure 1 – Distribution of Fisher's criterion values for morphometric parameters of foliar organs of woody plants in three industrial zones of Pavlodar city (N – Northern industrial zone, E – Eastern industrial zone, C – Central industrial zone)

Table 3 – Average ash content indicators of leaf blades of trees in industrial zones of Pavlodar (average results for three replicates), %

Type of tree	Industrial plants					Average by type of woody plant
	Pavlodar Oil Chemistry Refinery LLP (POCR), CHP-3	Kazakhstan Electrolysis Plant JSC	Pavlodar Machine-Building Plant JSC, Pavlodar Plant of Pipeline Fittings LLP	CHP-1	Pavlodar Alumina Plant (Aluminium of Kazakhstan JSC)	
<i>Populus balsamifera</i>	10,01	13,80	16,09	14,85	16,00	14,1
<i>Betula pendula</i>	7,32	6,74	9,48	6,47	10,90	8,2
<i>Acer negundo</i>	14,45	15,78	12,62	15,69	19,10	15,5
Enterprise average	10,6	12,1	12,7	12,3	15,3	12,6

**Figure 2** – Average ash content of trees' leaf blades in industrial zones of Pavlodar (in 3 replicates), %

According to the obtained data, it has been revealed that the ash content of *Populus balsamifera* and *Acer negundo* is higher compared to *Betula pendula* in all selected samples, regardless of the industrial plant's location, which is confirmed by the research of other scientists [2, 21-22]. Meanwhile, the ash content of birch in all territories was below 10%, except for the Pavlodar Alumina Plant area (10.90%). The ash content of poplar and maple samples did not decrease below 10%. The maximum level of mineral residue was observed in leaf samples of trees growing within the Alumina Plant area. High levels of mineral accumulation are also characteristic of poplar and birch growing near the central industrial zone plants. Other ash content indicators varied depending on the sampling point and the species of the studied tree.

The study of average ash content by tree species and industrial plants allowed us to establish that the maximum level of ash content is characteristic of maple (15.5%), while the mineral residue of birch samples was almost half as much (8.2%) compared to poplar. At the same time, the ash content of poplar did

not vary significantly compared to maple and was 1.4% lower. The highest indicators of technogenic load were characteristic of the Alumina Plant, with an average ash content value for all studied tree samples of 15.3%. The minimum average indicators were associated with Pavlodar Oil Chemistry Refinery and CHP-3 (10.6%). The results obtained for the central industrial zone plants and the eastern industrial zone (excluding the Pavlodar Alumina Plant) ranged from 12.1% to 12.7% from southeast to northwest of the city. Overall, the total average ash content for all samples of the studied trees and all industrial plants was 12.6%.

It should be noted that the increase in ash content indicators correlates positively with a wide range of variation in morphometric parameters, manifested in the predominance of the Fisher's criterion value over the F-critical value. This demonstrates the reliability of the determined ash content indicators and their direct relationship with the parameters of the studied phytocomplex (in the course of investigating atmospheric pollution), as well as the possibility of using these indicators in assessing the degree of technogenic pollution.

Conclusion

Modern conditions of man-made loads, particularly in an industrial region of the country, require diverse approaches to assessing the degree of air pollution and the environment as a whole. One of the most obvious factors showing the consequences of industrial load on the environment can be the indicators of growth and development of woody plants, where the objective result of a specific vegetation period is the parameters of foliar organs' development.

A study of the morphometric parameters of leaf blades of three woody plant species and the proportion of mineral content (ash content) in them revealed that a significant level of influence from man-made emissions leads to fluctuations in the length and width of leaves over a wide range, sometimes with suppression of the development of these parameters. It was found that the highest degree of air pollution is characteristic of the Pavlodar Alumina Plant, which is reflected in a significant range of variation in morphometric indicators within the sample and relatively small differences in the case of each individual sample. The average ash content indicators for the central and eastern industrial zone factories (excluding the Alumina

Plant) varied between 12.1% and 12.7% from the southeast to the northwest of the city. The minimum average indicators were recorded in samples taken from the Pavlodar Oil Chemistry Refinery, CHP-3 (10.6%). The highest level of deposition of mineral substances in tissues is characteristic of *Populus balsamifera* and *Acer negundo* (all zones). The results demonstrate a positive correlation between a wide range of fluctuations in morphometric parameters and an increase in ash content in the corresponding samples, which may be a manifestation of further consequences inhibiting the development of the entire woody plant as a whole.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Acknowledgment

We express our gratitude to the scientists of the Soil Biogeochemistry Laboratory at the Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, for their valuable consultations in conducting research on bioindication of technogenic impact in industrial region.

References

1. Есенжолова А.Ж., Панин М.С. Листья древесных и кустарниковых растений как биоиндикаторы загрязнения города Темиртау свинцом и цинком // Материалы VII международной научной конференции молодых ученых «наука и образование – 2011» II часть. Астана, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. – 2011. – С. 208-210.
2. Ишимова А.Е. Зольность листьев, хвои и коры древесных растений как индикаторный признак загрязнения воздушного бассейна г. Семей // Труды XVI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири. – 2012. – С. 547-549.
3. Fedorova D.G., Ukenov B.S. Fluctuating asymmetry of leaves of mountain ash (*Sorbus aucuparia* L.) as a bioindicator of aerotechnogenic pollution of the city of Orenburg // Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University Series Natural and Medical Sciences. – 2023. – No 4. – P. 103–114. <https://doi.org/10.5922/gikbfu-2023-4-8>
4. Islam F., Yasmeen T., Ali Q., Ali S., Arif M.S., Hussain S., et al. Influence of *Pseudomonas aeruginosa* as PGPR on oxidative stress tolerance in wheat under Zn stress // Ecotoxicol Environ. Saf. – 2014. – No 104. – C. 285-293. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.03.008>
5. Ahammed G.J., Wu M.-J., Wang Y.-Q., Yan Y.-R., Mao Q. Ren J.-J., et al. Melatonin alleviates iron stress by improving iron homeostasis, antioxidant defense and secondary metabolism in cucumber // Sci. Hortic. – 2020. – No 265. – P. 109–205. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109205>
6. Genchi G., Sinicropi M.S., Lauria G., Carocci A., Catalano A. The effects of cadmium toxicity // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – No 17 (11). – P. 3782. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>
7. Guo Z.-L., Gao Y.-H., Yuan X.-Q., Yuan M.-X., Huang L., Wang S.-C., et al. Effects of heavy metals on stomata in plants: A review // Int. J. Mol. Sci. – 2023. – No 24 (11). – P. 9302. <https://doi.org/10.3390/ijms24119302>
8. Rahman S.U., Nawaz M.F., Gul S., Yasin G., Hussain B., Li Y.-L., et al. State-of-the-art OMICS strategies against toxic effects of heavy metals in plants: A review // Ecotoxicol Environ. Saf. – 2022. – No 242. – P. 113952. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113952>
9. Clemens S. Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants // Biochimie. – 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.07.003>
10. Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States // Urban Forestry and Urban Greening. – 2006. – No 4(3-4). – P. 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
11. Zakharov V.M., Trofimov I.E. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress // Emerg. Top. Life Sci. – 2022. – No 6 (3). – P. 295 – 301. <https://doi.org/10.1042/ETLS20210274>
12. Mendes G., Boaventura M.G., Cornelissen T. Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Environmental Stress Caused by Pollution in a Pioneer Plant Species. // Environ Entomol. – 2018. – No 47 (6). – P. 1479 – 1484. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy147>

13. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2022 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2023/12/NDSOS-2022-RUS-gotov1-1.pdf>
14. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды по Павлодарской области. 2023 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy/2023>
15. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды по Павлодарской области. 2022 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy/2022>
16. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
17. Fuhrer J., Bungener P. Effects of air pollutants on plants // *Analisis*. John Wiley and Sons Inc. – 1999. – No 27(4). – P. 355–362. <https://doi.org/10.1051/analisis:1999270355>
18. Hrygorchuk I., Optasyuk O., Lyubinska L., Plakhtiy P. Analysis of phytoindication properties of Robinia pseudoacacia l. in the conditions of kamyanets-podilsky // *Biology & ecology*. – 2022. – №7. – P. 68–75. <https://doi.org/10.33989/2021.7.2.261550>
19. Neposhyvailenko N., Hrytsan Y., Petryk Y., Huba O. Application of fluctuating asymmetry methods for environmental monitoring in Kamianska // *Collection of Scholarly Papers of Dniprovsk State Technical University (Technical Sciences)*. – 2023. – No 2(43). – P. 155–169. <https://doi.org/10.31319/2519-2884.43.2023.17>
20. Salt D.E., Blaylock M., Kumar N.P.B.A., Dushenkov V., Ensley B.D., Chet I., Raskin I. Phytoremediation: A novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants // *Nature Biotechnology*. – 1995. – No 13(5). – P. 468–474. <https://doi.org/10.1038/nbt0595-468>
21. Terekhina N.V., Ufimtseva M.D. Leaves of trees and shrubs as bioindicators of air pollution by particulate matter in Saint Petersburg // *Geography, Environment, Sustainability*. – 2020. – No 13(1). – P. 224–232. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2019-65>
22. Hrotkó K., Gyeveiki M., Sütöriné D.M., Magyar L., Mészáros R., Honfi P., Kardos L. Foliar dust and heavy metal deposit on leaves of urban trees in Budapest (Hungary) // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2021. – No 43(5). – P. 1927–1940. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00769-y>
23. Tsagaan B., Ganbaatar O., Darizav T., Byambaa, K. Content and distribution of some chemical elements in the poplar leaves (*Populus laurifolia*) in Ulaanbaatar // *Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences*. – 2020. – P. 18–27. <https://doi.org/10.5564/pmas.v60i4.1502>
24. Hrdlička P., Kula E. Changes in element content of birch leaves (*Betula Pendula* Roth) in polluted air // *Polish Journal of Environmental Studies*. – 2011. – No 20(3). – P. 661–670.
25. Gololobova A., Legostaeva Y. An Assessment of the Impact of the Mining Industry on Soil and Plant Contamination by Potentially Toxic Elements in Boreal Forests // *Forests*. – 2023. – No 14(8). <https://doi.org/10.3390/f14081641>

References

1. Ahammed G.J., Wu M.-J., Wang Y.-Q., Yan Y.-R., Mao Q. Ren J.-J., et al. (2020) Melatonin alleviates iron stress by improving iron homeostasis, antioxidant defense and secondary metabolism in cucumber. *Sci. Hort.*, no. 265, pp. 109205. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109205>
2. Clemens S. (2006) Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. *Biochimie*. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2006.07.003>
3. Esenzholova A.Zh., Panin M.S. (2011) List'ya drevesnykh i kustarnikovykh rasteniy kak bioindikatory zagryazneniya goroda Temirtau svintom i tsinkom [Leaves of trees and shrubs as bioindicators of lead and zinc pollution in the city of Temirtau]. *Materialy VII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchennykh «nauka i obrazovaniye – 2011» II chast'*. Astana, Eurasian National University. L.N. Gumilyov, pp. 208–210.
4. Fedorova A.I., Nikol'skaya A.N. (2001) *Praktikum po ekologii i okhrane okruzhayushchey sredy* [Workshop on ecology and environmental protection]. M., Humanit. Ed. VLADOS Center, 288 p.
5. Fedorova D.G., Ukenov B.S. (2014) Fluctuating asymmetry of leaves of mountain ash (*sorbus aucuparia* l.) as a bioindicator of aerotechnogenic pollution of the city of Orenburg. *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University Series Natural and Medical Sciences*, no. 4, pp. 103–114. <https://doi.org/10.5922/gikbfu-2023-4-8>
6. Fuhrer J., Bungener P. (1999) Effects of air pollutants on plants. *Analisis*. John Wiley and Sons Inc., no. 27(4), pp. 355–362. <https://doi.org/10.1051/analisis:1999270355>
7. Genchi G., Sinicropi M.S., Lauria G., Carocci A., Catalano A. (2020) The effects of cadmium toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, no. 17(11), pp. 3782. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>
8. Gololobova A., Legostaeva Y. (2023). An Assessment of the Impact of the Mining Industry on Soil and Plant Contamination by Potentially Toxic Elements in Boreal Forests. *Forests*, pp. 14(8). <https://doi.org/10.3390/f14081641>
9. Guo Z.-L., Gao Y.-H., Yuan X.-Q., Yuan M.-X., Huang L., Wang S.-C., et al. (2023) Effects of heavy metals on stomata in plants: A review. *Int. J. Mol. Sci.*, no. 24 (11), pp. 9302. <https://doi.org/10.3390/ijms24119302>
10. Hrdlička P., Kula E. (2011). Changes in element content of birch leaves (*Betula Pendula* Roth) in polluted air. *Polish Journal of Environmental Studies*, no. 20(3), pp. 661–670.
11. Hrotkó K., Gyeveiki M., Sütöriné D.M., Magyar L., Mészáros R., Honfi P., Kardos L. (2021) Foliar dust and heavy metal deposit on leaves of urban trees in Budapest (Hungary). *Environmental Geochemistry and Health*, no. 43(5), pp. 1927–1940. <https://doi.org/10.1007/s10653-020-00769-y>
12. Hrygorchuk I., Optasyuk O., Lyubinska L., Plakhtiy P. (2022). Analysis of phytoindication properties of Robinia pseudoacacia l. in the conditions of kamyanets-podilsky. *Biology & ecology*, no. 7, pp. 68–75. <https://doi.org/10.33989/2021.7.2.261550>
13. Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii okruzhayushchey sredy po Pavlodarskoy oblasti. 2023 god [Information bulletin on the state of the environment in the Pavlodar region. 2023] [Electronic resource]. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayuschey-sredy/2023>

14. Informatsionnyy byulleten' o sostoyanii okruzhayushchey sredy po Pavlodarskoy oblasti. 2022 god [Information bulletin on the state of the environment in the Pavlodar region. 2022] [Electronic resource]. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informatsionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy/2022>
15. Ishimova A.E. (2012) Zol'nost' list'yev, khvoi i kory drevesnykh rasteniy kak indikatornyy priznak zagryazneniya vozdushnogo basseyna g. Semey [Ash content of leaves, needles and bark of woody plants as an indicator of air pollution in Semey]. Trudy XVI Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodykh uchennykh, posvyashchennogo 110-letiyu so dnya osnovaniya gorno-geologicheskogo obrazovaniya v Sibiri, pp. 547-549.
16. Islam F., Yasmeen T., Ali Q., Ali S., Arif M. S., Hussain S., et al. (2014) Influence of *Pseudomonas aeruginosa* as PGPR on oxidative stress tolerance in wheat under Zn stress. *Ecotoxicol Environ. Saf.*, no. 104, pp. 285-293. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.03.008>
17. Mendes G., Boaventura M.G., Cornelissen T. (2018) Fluctuating Asymmetry as a Bioindicator of Environmental Stress Caused by Pollution in a Pioneer Plant Species. *Environ Entomol.*, no. 47 (6), pp. 1479-1484. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy147>
18. Natsional'nyy doklad o sostoyanii okruzhayushchey sredy i ob ispol'zovanii prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan za 2022 god [National report on the state of the environment and the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2022] [Electronic resource]. URL: <https://ecogofond.kz/wp-content/uploads/2023/12/NDSOS-2022-RUS-gotov1-1.pdf>
19. Neposhyvailenko N., Hrytsan Y., Petryk Y., Huba O. (2023) Application of fluctuating asymmetry methods for environmental monitoring in Kamianske. Collection of Scholarly Papers of Dniprovsk State Technical University (Technical Sciences), no. 2(43), pp. 155-169. <https://doi.org/10.31319/2519-2884.43.2023.17>
20. Nowak D.J., Crane D.E., Stevens J.C. (2006) Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry and Urban Greening*, no. 4(3-4), pp. 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>
21. Rahman S.U., Nawaz M.F., Gul S., Yasin G., Hussain B., Li Y.-L., et al. (2022) State-of-the-art OMICS strategies against toxic effects of heavy metals in plants: A review. *Ecotoxicol Environ. Saf.*, no. 242, pp. 113952. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113952>
22. Salt D.E., Blaylock M., Kumar N.P.B.A., Dushenkov V., Ensley B.D., Chet I., Raskin I. (1995) Phytoremediation: A novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Nature Biotechnology*, no. 13(5), pp. 468-474. <https://doi.org/10.1038/nbt0595-468>
23. Terekhina N.V., Ufimtseva M.D. (2020) Leaves of trees and shrubs as bioindicators of air pollution by particulate matter in Saint Petersburg. *Geography, Environment, Sustainability*, no. 13(1), pp. 224-232. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2019-65>
24. Tsagaan B., Ganbaatar O., Darizav T., Byambaa K. (2020). Content and distribution of some chemical elements in the poplar leaves (*Populus laurifolia*) in Ulaanbaatar. Proceedings of the Mongolian Academy of Sciences, pp. 18-27. <https://doi.org/10.5564/pmas.v60i4.1502>
25. Zakharov V.M., Trofimov I.E. (2022) Fluctuating asymmetry as an indicator of stress // *Emerg. Top. Life Sci.*, no. 6 (3), pp. 295-301. <https://doi.org/10.1042/ETLS20210274>

Information about authors:

Kaverina Mariya Mikhailovna – PhD-student of group DB-22 of the Department of Biology and Ecology, NJSC “Toraighyrov University” (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: mkaverina97@gmail.com).

Ualiyeva Rimma Meyramovna (corresponding author) – Doctor of Philosophy (PhD) in Biology, Professor of the Department of Biology and Ecology, Deputy Dean for Research at the Faculty of Natural Sciences, NJSC “Toraighyrov University” (Pavlodar, Kazakhstan, e-mail: ualiyeva.r@gmail.com).

Syso Alexander Ivanovich – Doctor of Biological Sciences, Head of the Research Direction, Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS (Novosibirsk, Russia, e-mail: syso@issa-siberia.ru).

Tuyakbayeva Akmaral Userkhanovna – Candidate Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Microbiology, NJSC “Eurasian National University named after. L.N. Gumilyov” (Astana, Kazakhstan, email: akmaral.t@inbox.ru).

Zhangazin Sayan Berikovich – Doctor of Philosophy (PhD) in Biology, Associate Professor, Deputy Dean for Scientific Work of the Faculty of Natural Sciences, NJSC “Eurasian National University named after. L.N. Gumilyov” (Astana, Kazakhstan, email: zhangazin_sayan@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Каверина Мария Михайловна – Биология және экология кафедрасының ДБ-22 тобының докторанты, «Торайғыров университеті» КеАҚ (Павлодар, Қазақстан, e-mail: mkaverina97@gmail.com).

Уалиева Римма Мейрамовна (корреспонденттік автор) – Биология мамандығы бойынша философия докторы (PhD), Биология және экология кафедрасының профессоры, жаратылыстану ғылымдары факультеті деканының ғылыми жұмыс жөніндегі орынбасары, «Торайғыров университеті» КеАҚ (Павлодар, Қазақстан, e-mail: ualiyeva.r@gmail.com).

Сысо Александр Иванович – биология ғылымдарының докторы, ғылыми бағыттың жетекшісі, РФА СБ Топырақтану және агрохимия институты (Жаңасібір, Ресей, e-mail: syso@issa-siberia.ru).

Тұякбаева Акмарал Усерхановна – биология ғылымдарының кандидаты, Биотехнология және микробиология кафедрасының доцент м.а., «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КеАҚ (Астана, Қазақстан, email: akmaral.t@inbox.ru).

Жангазин Саян Берикович – биология мамандығы бойынша философия докторы (PhD), қауымдастырылған профессор, Жаратылыстану ғылымдары факультеті деканының ғылыми жұмыс жөніндегі орынбасары, «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті КеАҚ» (Астана, Қазақстан, email: zhangazin_sayan@mail.ru).

Received: December 25, 2024

Re-uploaded: May 13, 2024

Accepted: May 20, 2024

ШОЛУ МАҚАЛАЛАР



REVIEW ARTICLES



ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

Г.Т. Ситпаева , Л.М. Грудзинская* 

Институт ботаники и фитоинтродукции, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: kazwelsh@mail.ru

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КОЛЛЕКЦИОННЫХ ФОНДОВ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА (г. Алматы)

Дан обзор истории и динамики формирования живых коллекций Главного ботанического сада с момента его образования до сегодняшних дней. Обсуждается распределение таксонов по экспозициям и коллекционным участкам, систематическая принадлежность, количественный состав в разные периоды существования ГБС, особенности онтогенеза у разных групп таксонов.

Объединенный живой коллекционный фонд ГБС включает 3225 таксонов высших растений в составе 150 семейств, 667 родов, 1853 видов, 343 формы и 1076 сортов растений, представляющих отечественную и мировую флору из различных регионов земного шара. Наиболее представительны семейства Asteraceae, Lamiaceae, Rosaceae и Fabaceae; однако, большинство семейств (78) представлены только 1-2 видами. По числу видов выделяются рода *Allium* и *Crataegus* (по 43 вида), *Iris* (36), *Pinus* (23), *Acer* (21), *Betula* (20). По сортовому разнообразию наиболее представительны *Rosa* – 175 сортов, *Syringa vulgaris* – 126 сортов, *Hemerocallis hybrida* – 102 сорта, ирисы (82 сорта), *Narcissus hybrida* (72 сорта). Представительны сортовые коллекции *Tulipa hybrida* (41 сорт) и *Hosta hybrida* (38 сортов).

Жизненное состояние большинства растений вполне удовлетворительное, около половины коллекционных растений в условиях предгорной зоны Заилийского Алатау проходят полный цикл онтогенетического развития и продуцируют вполне жизнеспособные семена. Еще около 30% коллекционных растений достаточно активно цветут, но размножаются только вегетативно.

Ключевые слова: живые коллекции, экспозиции, таксоны, виды растений, онтогенез.

G.T. Sitpayeva, L.M. Grudzinskaya*

Institute of botany and phytointroduction, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: kazwelsh@mail.ru

History of formation and analytical review of collection funds of the main botanical garden (Almaty)

An overview of the dynamics of the quantitative composition of the Main Botanical Garden's (MBG) living collections from the time it was formed to the present day is given. The distribution of taxa by expositions and collection sites, their systematic affiliation, peculiarities of the formation of collections in different periods of the existence of MBG, and features of ontogeny in different groups of taxa are discussed.

The combined living collection fund of the MBG includes 3225 taxa of higher plants in 150 families, 667 genera, 1853 species, 343 forms, and 1076 plant varieties representing domestic and worldwide flora from different regions of the globe. The most represented families are Asteraceae, Lamiaceae, Rosaceae, and Fabaceae however, most families (78) are represented by only 1-2 species. The genera *Allium* and *Crataegus* (by 43 species each), *Iris* (36), *Pinus* (23), *Acer* (21), and *Betula* (20) are distinguished by the number of species. By varietal diversity the most representatives are *Rosa* – 175 varieties, *Syringa vulgaris* – 126 varieties, *Hemerocallis hybrida* – 102 varieties, irises (82 varieties), *Narcissus hybrida* (72 varieties). The varietal collections *Tulipa hybrida* (41 varieties) and *Hosta hybrida* (38) are also representative.

The vital state of most plants is quite satisfactory; under our conditions, about half of the collection plants pass the full ontogenetic development cycle and produce completely viable seeds. Another 30% of the collection plants are highly active in flowering but breed only vegetative.

Key words: living collections, exposition, taxa, plant species, ontogenesis.

Г.Т. Ситпаева, Л.М. Грудзинская*

Ботаника және фитоинтродукция институты, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: kazwelsh@mail.ru

Бас ботаникалық бақтың коллекциялық қорларының қалыптасу тарихы және аналитикалық шолуы (Алматы қ.)

Бас ботаникалық бақтың құрылған кезінен бастап бүгінгі күнге дейінгі тірі коллекцияларының сандық құрамының динамикасына шолу жасалды. Таксондардың экспозициялар мен коллекциялық жер телімі бойынша таралуы, олардың жүйелі байланысы, БББ өмір сүруінің әртүрлі кезеңдеріндегі коллекциялардың қалыптасу ерекшеліктері, таксондардың әртүрлі топтарындағы онтогенез ерекшеліктері талқыланады.

БББ бірлескен тірі коллекциялық қорына 3225 жоғары өсімдік таксондары құрамына 150 тұқымдас, 667 туыс, 1853 түр, 343 форма және әлемнің әртүрлі аймақтарынан отандық және әлемдік флораны білдіретін 1076 өсімдік сорттары кіреді. *Asteraceae*, *Poaceae*, *Rosaceae* және *Fabaceae* тұқымдасы ең көп; дегенмен, тұқымдастардың көпшілігі (78) тек 1-2 түрден тұрады. Түрлердің саны бойынша *Allium* және *Crataegus* (әрқайсысы 43 түр), *Iris* (36), *Pinus* (23), *Acer* (21), *Betula* (20) тұқымдары ерекшеленеді. Сорттық әртүрлілігі бойынша *Rosa* – 175 сорт, *Syringa vulgaris* – 126 сорт, *Heimerocallis hybrida* – 102 сорт, ирис (82 сорт), *Narcissus hybrida* (72 сорт) ең өкілді. *Tulipa hybrida* (41 сорт) және *Hosta hybrida* (38 сорт) сорттық топтамалары ұсынылған.

Көптеген өсімдіктердің тіршілік жағдайы қанағаттанарлық, біздің жағдайымыздағы коллекциялық өсімдіктердің жартысына жуығы онтогенетикалық дамудың толық циклынан өтіп, өміршең тұқымдар шығарады. Коллекциялық өсімдіктердің тағы 30% – ы белсенді түрде гүлдейді, бірақ тек вегетативті жолмен көбейеді.

Түйін сөздер: тірі коллекциялар, экспозициялар, таксондар, өсімдік түрлері, онтогенез.

Сокращения и обозначения:

ГБС – Главный ботанический сад; ИУИ – Индекс успешности интродукции.

Введение

В современном мире нельзя переоценить значение ботанических садов как научно-просветительских, культурных и рекреационных объектов, их глобальную роль как в жизнедеятельности человеческого общества, так и для дикой природы. Именно поэтому во все исторические времена, любое зрелое общество приходило к необходимости создания внутри своей локации центров концентрации растительных объектов, называя их садами, парками, дендрариями и т.п. Важнейшей миссией ботанических садов, напрямую направленных на выполнение целевой установки Глобальной стратегии сохранения растений (ГССР), является сохранение и развитие коллекционных фондов живых растений *ex-situ*, гербарных коллекций, банков семян.

Цель настоящей работы – проследить динамику и закономерности формирования живого коллекционного фонда Главного ботанического сада, расположенного в предгорной зоне Заилийского Алатау.

Объекты исследования – живые растения мировой флоры на экспозициях и участках ГБС, привлеченные в коллекции в разные годы.

Анализировались: систематическая принадлежность образца, жизненная форма, год и пункт привлечения в коллекцию, успешность интродукции в конкретной экспозиции. Систематика растений дана в соответствии с системой APG IV (Angiosperm Phylogeny Group) [1, 2]. Общий список коллекционного фонда живых растений сформирован в алфавитном порядке по латинскому названию таксона, выверен и систематизирован по международной веб-системе “Plants of the World Online” [3].

При анализе интродукционных данных используется такой показатель как «Индекс успешности интродукции» (ИУИ), который характеризует жизненное состояние таксона и позволяет сравнивать интродукционные особенности растений разных жизненных форм, систематической принадлежности и др. [4].

Результаты и обсуждение

В 1932 году в Казахстане был организован Алмаатинский ботанический сад, который в разные периоды существования повышал свой статус до Центрального, Республиканского и Глав-

Л. начала формироваться в 1953-1954 гг., когда были привлечены сразу 26 сортов сиреней. Таким образом, основной видовой фонд дендрологических коллекций формировался в 50–70-е годы прошлого столетия и многие патриархи растительного мира (*Ulmus glabra* Huds., *Acer monspessulanum* L., *Quercus macranthera* Michx. и др.) существуют в составе экспозиций до сегодняшнего времени.

В настоящее время объединенный живой коллекционный фонд ГБС включает 3225 таксонов высших растений в составе 150 семейств, 667 родов, 1853 видов, 343 формы и 1076 сортов растений, представляющих отечественную и мировую флору из различных регионов земного шара.

По количеству родов в числе первых 10-ти выделяются семейства *Asteraceae* (55 родов),

Rosaceae (42), *Lamiaceae* (38), *Fabaceae* (28), *Asparagaceae* (26), *Cactaceae* (22), *Ranunculaceae* (18), *Araceae* (17), *Apiaceae* (15), *Poaceae* (14). По количеству видов преобладают те же 6 из 10-ти вышеперечисленных семейств, но в другом порядке (таблица 1). Наибольшим количеством сортов отличаются семейства *Oleaceae* (133 сорта), *Iridaceae* (84), *Asphodelaceae* (80) и *Rosaceae* (более 200). Формовое разнообразие обеспечено, преимущественно, селекционными работами с плодово-ягодными растениями природной флоры Казахстана и характерно для семейств *Rosaceae* – 263 формообразца (*Armeniaca vulgaris* Lam. (65), *Malus sieversii* (Ledeb.) M.Roem. (160 ф/обр.), *Prunus sogdiana* Vassilcz. (27 ф/обр.) и других розоцветных) и семейства *Juglandaceae* (59 форм *Juglans regia* L.), отобранных в горах Южного и Юго-Восточного Казахстана.

Таблица 1 – Соотношение количества таксонов (по родам, видам, сортам, формам) в объеме 10-ти ведущих семейств

Семейство	Количество родов	Семейство	Количество видов	Семейство	Количество сортов	Семейство	Количество форм
<i>Asteraceae</i>	55	<i>Rosaceae</i>	213	<i>Oleaceae</i>	133	<i>Rosaceae</i>	263
<i>Rosaceae</i>	42	<i>Lamiaceae</i>	117	<i>Iridaceae</i>	84	<i>Juglandaceae</i>	59
<i>Lamiaceae</i>	38	<i>Asteraceae</i>	115	<i>Asphodelaceae</i>	80	<i>Betulaceae</i>	5
<i>Fabaceae</i>	28	<i>Asparagaceae</i>	90	<i>Rosaceae</i>	78	<i>Asteraceae</i>	4
<i>Asparagaceae</i>	26	<i>Pinaceae</i>	65	<i>Hydrangeaceae</i>	57	<i>Asparagaceae</i>	3
<i>Cactaceae</i>	22	<i>Amaryllidaceae</i>	56	<i>Amaryllidaceae</i>	51	<i>Lamiaceae</i>	3
<i>Ranunculaceae</i>	18	<i>Fabaceae</i>	55	<i>Asparagaceae</i>	46	<i>Fabaceae</i>	2
<i>Araceae</i>	17	<i>Ranunculaceae</i>	53	<i>Liliaceae</i>	41	<i>Ranunculaceae</i>	2
<i>Apiaceae</i>	15	<i>Oleaceae</i>	50	<i>Asteraceae</i>	36	<i>Ixioliriaceae</i>	1
<i>Poaceae</i>	14	<i>Iridaceae</i>	47	<i>Berberidaceae</i>	36	<i>Poaceae</i>	1

В коллекционном фонде живых растений представлено 788 древесных таксонов (24%), 1012 кустарников (31%), 57 древесных и травянистых лиан (0,2%), 1316 многолетних (41%) и 52 (1,6%) однолетних травянистых растений. В составе коллекций выращиваются 378 (12%) видов растений казахстанской флоры, в том числе – 55 видов, занесенных в Красную книгу Республики Казахстан: *Adiantum capillus-veneris* L., *Alcea froloviana* (Litv.) Iljin, 3 вида *Allium*, *Aquilegia vitalii* Gamajun, *Atraphaxis muschketowii* Krasn., *Celtis caucasica* Willd., *Fritillaria pallidiflora* Schrenk, *Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach, *Ikonnikovia kaufmanniana* (Regel) Lincz., *Incarvillea semiretschenskia* (B.Fedtsch.) Grierson, 6 видов *Iris*, *Jurinea robusta* Schrenk, *Lonicera il-*

iensis Pojark., *Paeonia anomala* L., *Paris quadrifolia* L., 2 вида *Rheum*, *Spiraeanthus schrenkianus* (Fisch. & C.A.Mey.) Maxim., 8 видов *Tulipa* и др. [5].

В условиях ГБС РК апробирован и весьма эффективен метод родовых комплексов Ф.Н.Русанова [6]. По числу видов среди древесных таксонов выделяются рода *Crataegus* (43 вида), *Pinus* (23), *Acer* (21), *Betula* (20), *Quercus* (18), *Malus* (17), *Fraxinus* и *Picea* (по 15), *Tilia* (14) и *Juglans* (13 видов). Среди кустарниковых таксонов выделяются рода: *Spiraea* и *Syringa* (по 23), *Berberis* (22), *Rosa* (20), *Philadelphus* (16), *Viburnum* (15), *Cotoneaster* и *Lonicera* (по 14), *Cornus* и *Euonymus* (по 12), *Amelanchier*, *Dracaena* и *Prunus* (по 11 видов).

Среди травянистых таксонов многовидовых родов значительно меньше, чем у древесно-кустарниковых, поскольку у цветочно-декоративных растений предпочтение при интродукции отдается сортовому материалу. Родовыми комплексами представлены *Allium* (43 вида), *Iris* (36), *Tulipa* (15), *Eremurus* (7) в коллекции альпийских растений; *Hosta* (15), *Scutellaria*, *Sedum*, *Thymus* (по 8), *Artemisia* (7 видов) в коллекциях лекарственных и цветочных растений открытого грунта; *Euphorbia* (11), *Agave* и *Mammillaria* (по 8), *Aloe* (7) в коллекциях оранжерейно-тепличного комплекса.

По сортовому разнообразию наиболее представительны *Rosa* – 175 сортов, *Syringa vulgaris* L. – 126 сортов, внушительно сортовое разнообразие у *Berberis thunbergii* DC. – 35 сортов, *Spiraea japonica* L. – 30 сортов, *Hydrangea paniculata* Siebold – 29 сортов. Среди травянистых многолетников наибольшим разнообразием отличаются лилейники *Heimerocallis x hybrida hort.* – 102 сорта, ирисы (*Iris ensata* Thunb. – 5 сортов, *Iris x hybrida hort.* – 68 сортов, *Iris sibirica* L. – 6 сортов, *Iris reticulata* M. Bieb. – 3 сорта), *Narcissus x hybrida hort.* (72 сорта). Представительны сортовые коллекции *Tulipa x hybrida hort.* (41 сорт) и *Hosta x hybrida hort.* (38 сортов). 11-14 сортами представлены астильбы, гиацинты и флоксы (*Astilbe* – 11, *Hyacinthus orientalis* L. – 14, *Phlox paniculata* L. – 12 сортов).

Формирование коллекций ботанического сада началось с момента его организации. В первом Путеводителе по Алма-Атинскому ботаническому саду, изданном в 1945 году, указано, что среди древесных и кустарниковых пород испытано 550 таксонов, прижились 360 таксонов, цветут и плодоносят – более половины из них, даны краткие описания 79 наиболее успешных видов [7]. Среди декоративных цветочных культур открытого грунта указаны 150 сортов роз, 30 сортов пионов, 40 сортов ирисов, лилии, нарциссы, гиацинты, тюльпаны, около 40 сортов декоративных многолетников. В коллекциях оранжерейных культур упоминаются алоэ, пальмы, бегонии, амариллисы, цитрусовые, кактусы, драцены и др. таксоны. Отдел полезных травянистых растений имеет в своем составе 1020 видов и форм технических, лекарственных, пищевых, кормовых, газонных и селективных культур, в значительной части привлеченных из дикой природы. Самым крупным по площади является отдел плодоводства, где представлены 202 сорта яблони, 37 сортов винограда, 5 сортов

абрикоса, 10 сортов вишни, 5 сортов сливы, 30 сортов ягодных культур. Начаты селекционные работы по отбору местного «урюка», наиболее перспективные сорто-образцы передаются для производственного испытания. Создан участок природной флоры Казахстана, где одновременно посеяно и высажено около 100 видов растений, в числе которых эфедра, ирисы, эремурусы, злаки и др.

Второй Путеводитель по Государственному Республиканскому ботаническому саду АН КазССР вышел в 1951 году [8]. Из цифровых показателей коллекционного фонда упоминаются 1500 таксонов (около 400 видов) кормовых растений, около 150 таксонов технических растений, свыше 150 видов лекарственных и эфирно-масличных растений, 350 видов растений природной флоры Казахстана. В секторе плодово-ягодных культур собраны коллекции из 101 сорта яблони, 12 сортов груш, 3 сортов абрикоса, 10 сортов сливы, 25 сортов винограда, 15 сортов малины, 15 сортов смородины, 35 сортов земляники, а также сортов вишни, черешни, ежевики, ирги и др. По коллекционным участкам древесно-кустарниковых культур приводятся краткие описания 91 вида растений. Коллекция тропических растений расширилась до 200 таксонов, а цветочных растений открытого грунта – до 800 таксонов.

Путеводитель по Центральному ботаническому саду АНКазССР [9] более информативен в представлении количественного состава живых коллекций: экспозиции Флоры Казахстана представляют 230 видов деревьев и кустарников; пять экспозиций отдела древесных растений содержат в общей сложности 970 видов и форм; коллекционный розарий – более 1500 сортов; сирингарий – 23 вида – 120 сортов; систематический участок – около 500 видов; участок лекарственных растений – 175 видов; участок газонных трав – 87 видов; участок декоративных цветочных растений – 146 видов и 190 сортов; участок луковичных и клубнелуковичных растений – 103 вида и 347 сортов; экспозиционная оранжерея – более 700 видов; партерная часть – 20 сортов роз и 19 сортов сирени. Математический подсчет таксонов дает в общей сложности цифру в 5130 видов, форм и сортов, однако при таком подсчете не учитывается нередкое дублирование одних и тех же таксонов различными коллекционными структурами, которое может достигать десятка и более процентов.

В сводке Е.Х. Узенбаева и др. «Ботанические сады Казахстана» [10] приводится краткий анализ количественного состава коллекционного фонда Республиканского ботанического сада, насчитывающего к концу 1958 года свыше 6000 тысяч видов, форм и сортов, причем только за период 1953-1958 гг. коллекции пополнились 3500 таксонами.

Итоговая сводка по состоянию живого коллекционного фонда приведена в юбилейном сборнике «Главный ботанический сад» [11], где обобщены основные данные по движению живых коллекций за 50 лет интродукционной деятельности ГБС (1932-1982 гг.). К этому времени на экспозициях и коллекционных участках Флоры Казахстана произрастало 710 видов и форм древесных, кустарниковых и травянистых растений; коллекции отдела древесных растений насчитывали 1433 таксона; коллекционный фонд декоративных цветочных растений насчитывал более 2000 видов и сортов; в оранжерее и теплицах содержалось более 1000 таксонов тропических и субтропических растений; началось восстановление коллекций плодово-ягодных культур, выпад которых в неблагоприятные 50-е годы составил более 60%. Примерный общий коллекционный фонд живых растений ГБС в этот период составлял 5143 таксона.

Накопления основного коллекционного фонда ГБС позволили провести интродукционные обзоры отдельных коллекций, экспозиций и даже более крупных растительных объединений. Так, в конце 70-х – 80-х годов прошлого столетия обобщены данные по интродукции в предгорной зоне Заилийского Алатау европейских [12] и североамериканских [13] видов деревьев и кустарников, коллекций хвойных пород [14], сиреней [15], лиан [16] и др; дан обстоятельный эколого-географический обзор интродукционных особенностей цветочных растений открытого [17] и закрытого грунта [18]. Позже были даны аналитические обзоры коллекций лекарственных [19] и плодовых растений, на основе которого разработана структура генофонда диких плодовых растений Казахстана [20], дана оценка современного состояния коллекции редких и эндемичных растений [21]. Анализ количества и состояния общего коллекционного фонда ГБС приводится в обзорных статьях Г.Т. Ситпаевой [22].

Последовавшие в 90-х годах изменения социально-экономических условий Республики Казахстан привели к снижению эффективности интродукционных исследований и сокращению

основных коллекционных фондов ботанического сада, некоторое оживление и пополнение которых началось только в конце первого 10-летия нового столетия. По итогам инвентаризации живых коллекций был составлен полный перечень коллекционного фонда растений открытого и закрытого грунта, произрастающих в Главном ботаническом саду Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК. По состоянию на 2014 год он включал 2343 таксона, объединенных в 154 семейства [23]. Для удобства интродукционного анализа включены такие показатели, как: жизненная форма, происхождение и состояние растения.

Последний каталог коллекционного фонда живых растений Главного ботанического сада [24] собран по итогам инвентаризации 2021 года и содержит 3225 таксонов из 150 семейств. Данные для каталога представлены в виде таблицы, отражающей систематическую принадлежность образца, жизненную форму, год и пункт привлечения в коллекцию, успешность интродукции и экспозицию, где конкретный таксон содержится.

В составе современных коллекций выращиваются 378 видов растений казахстанской флоры, в том числе – 55 видов, занесенных в Красную книгу Казахской ССР [24] и в Красную книгу Казахстана [5]. Из них только в составе коллекции лекарственных растений выращивается 22 вида, в том числе: *Alcea froloviana* (Litv.) Iljin, *Armeniaca vulgaris* Lam., *Arum korolkovii* Regel, *Astragalus glycyphyllos* L., *Convallaria majalis* L., *Corylus avellana* L., *Crocus alatavicus* Regel et Semen, *Eminium lehmannii* (Bunge) Kuntze, *Gymnospermium altaicum* (Pall.) Spach, *Iris alberti* Regel, *Lilium martagon* L., *Lonicera iliensis* Pojark., *Paeonia anomala* L., *Paeonia hybrida* Pall., *Paris quadrifolia* L., *Pulsatilla patens* (L.) Mill., *Rhaponticum carthamoides* (Willd.) Iljin, *Rheum compactum* L., *Rheum wittrockii* C.K. Lindstr., *Spiraeanthus schrenkianus* (Fisch. & C.A. Mey.) Maxim., *Tulipa greigii* Regel, *Tulipa kaufmanniana* Regel.

В рабочую таблицу данного каталога введен такой показатель как «Индекс успешности интродукции» (ИУИ), который характеризует жизненное состояние таксона и позволяет сравнивать интродукционные особенности растений разных жизненных форм, систематической принадлежности и др. [4]. Анализ этого показателя свидетельствует о том, что более 17% таксонов, произрастающих в коллекциях, имеют растянутый цикл онтогенетического развития, дли-

тельное время (иногда десятилетия) находясь в стадии вегетативного роста (ИУИ=2). При этом, около 0,3% таких растений (*Dracaena suffruticosa* (N.E.Br.) Byng & Christenh., *Hedera helix* L., *Helxine soleirolii* Req., *Ophiopogon japonicus* Ker Gawl., *Saxifraga sarmentosa* L. f., *Acorus calamus* L. и др.) активно распространяются вегетативно и нередко сорничают (ИУИ=2(5)). Около 30% коллекционных растений хорошо растут в наших условиях, достаточно активно и продолжительное время цветут (ИУИ=3), но никогда не дают семян по самым разным причинам. Обычно, это оранжерейные культуры или сортовые цветочные и декоративные травянистые растения, интродукционные популяции которых поддерживаются вегетативно. Среди них также встречаются 0,4% растений, которые достаточно активно распространяются вегетативно (ИУИ=3(5): *Albuca spiralis* L., *Aloe aristata* Haw., *Dracaena pethera* var. *pulchra* (N.E.Br.) Byng & Christenh., *Drimiopsis botryoides* Baker, *Eucomis bicolor* Baker, *Hoya bella* Hook., *Ophiopogon jaburan* (Siebold) G.Lodd., *Orbea variegata* (L.) Haw. и др.

Почти половина коллекционных растений (48%) – цветет и плодоносит с разной интенсивностью, продуцируя вполне жизнеспособные семена (ИУИ=4); 7,5% коллекционного фонда Главного ботанического сада могут быть потенциально агрессивными видами (ИУИ=5): *Achillea millefolium* L., *Allium longicuspis* Regel, *Amorpha fruticosa* L., *Aquilegia vulgaris* L., *Centaureum erythraea* Rafn, *Genista tinctoria* L., *Lonicera tatarica* L., *Papaver rhoeas* L., *Populus tremula* L., *Rosa acicularis* Lindl. и мн. др. В большинстве своем – это растения декоративных травянистых или лекарственных коллекций, многие из них являются представителями казахстанской флоры.

Заключение

Объединенный живой коллекционный фонд ГБС включает 3225 таксонов высших растений в составе 150 семейств, 667 родов, 1853 видов, 343 формы и 1076 сортов растений, представляющих отечественную и мировую флору из различных регионов земного шара. В коллекционном фонде живых растений представлено 788 древесных таксонов, 1012 кустарников, 57 древесных и травянистых лиан, 1316 многолетних и 52 однолетних травянистых растений. В составе коллекций выращиваются 378 видов растений казахстанской флоры, в том числе – 55 видов, занесенных в Красную книгу Казахской ССР и в Красную книгу Казахстана.

Формирование живого коллекционного фонда в разные периоды существования ботанического сада происходило с различной интенсивностью, достигнув максимума в 70–80-е годы прошлого столетия (около 6000 таксонов).

Жизненное состояние большинства растений вполне удовлетворительное, около половины коллекционных растений в предгорной зоне Заилийского Алатау проходят полный цикл онтогенетического развития и продуцируют вполне жизнеспособные семена. Еще около 30% коллекционных растений достаточно активно цветут, но размножаются только вегетативно.

Источник финансирования

Анализ живых коллекций ГБС выполнен в рамках научно-технической программы: BR10264557 «Кадастровая оценка современного экологического состояния флоры и растительных ресурсов Алматинской области как научная основа для эффективного управления ресурсным потенциалом» (2021–2023 гг.).

Литература

1. APG IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants // Bot. Journal of the Linnean Society. 2016. 181. С. 1-20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
2. Гельтман Д.В. Современные системы цветковых растений // Бот. журн. 2019. 104(4). С. 503–527
3. Plants of the World Online / Kew Science (2021): <https://powo.science.kew.org/>
4. Грудзинская Л.М., Тажкулова Н. Интродукция растений семейства Fabaceae LINDL. в ботаническом саду // Известия НАН РК, сер.биол. 2009. № 6. С. 48-53
5. Красная книга Казахстана. Т. 2. Растения. 2014. Астана. 452 с.
6. Русанов Ф. Н. (1971) Метод родовых комплексов в интродукции растений и его дальнейшее развитие. // Бюл. ГБС АН СССР. 1971. М. Вып. 81. С. 15-20
7. Путеводитель по Алма-Атинскому ботаническому саду. 1945 Алма-Ата. 30 с
8. Путеводитель по Государственному республиканскому ботаническому саду Академии наук Казахской ССР. 1951. Алма-Ата. 96 с.
9. Центральный ботанический сад Академии наук Казахской ССР (краткий путеводитель). 1971. Алма-Ата. 78 с.

10. Узенбаев Е.Х., Винтерголлер Б.А., Джадайбаев Ж.М. Ботанические сады Казахстана. 1973. Алма-Ата. 104 с.
11. Главный ботанический сад (история образования, структура, итоги научной деятельности). 1982. Алма-Ата. 96 с.
12. Рубаник В.Г., Жеронкина Т.А. Интродукция деревьев и кустарников Европы в Казахстане. Алма-Ата. Наука. 1980. 193с.
13. В.Г. Рубаник, И.Н. Солонинова. Интродукция североамериканских древесных растений на юго-востоке Казахстана. Алма-Ата: «Наука», 1989. – 172 с.
14. Рубаник В.Г. Интродукция голосеменных в Казахстане. Алма-Ата. Наука. 1974. 271с.
15. Рубаник В.Г., Мельник А.Ф., Паршина З.И. Сирень. Алма-Ата. Кайнар. 1977. 104с.
16. Белинская Н.К. Лианы. Алма-Ата. Кайнар. 1979. 96с.
17. Бессчетнова М.В., Исаева Б.К., Уварова Е.И., Ларионова Н.И., Малдыбекова К.С., Кокорев А.А. Интродукция многолетних и однолетних цветочных растений. Алма-Ата. Наука. 1989. 144 с.
18. Даулбаева Г.С., Мурзова Т.В., Садыкова Д.Д. Коллекция тропических и субтропических растений Института ботаники и фитоинтродукции //Растительный мир и его охрана. Мат.межд. науч. конф., посвящ. 80-летию Института ботаники и фитоинтродукции. Алматы, 5-7 сентября 2012г. С. 236-237
19. Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Арысбаева Р.Б., Рамазанова М., Садакменде Т. КОЛЛЕКЦИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ГЛАВНОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИБФ МОН РК //Вестник Совета ботанических садов Казахстана (СБСК) . Вып.5. Алматы. 2017. С. 3-59
20. Г.С. Муканова, А.Г. Санкайбаева, Л.Ш. Шадманова, М.К.Смаилова, М.Масимжан, Ш.Н.Куджабергеннова, А.Ж. Акбаев. Генофонд диких плодовых растений Казахстана //Изучение, сохранение и рациональное использование растительного мира Евразии. Мат. Межд. конф., посвященной 85-летию Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК. Алматы. 2017. С. 548-550
21. Ситпаева Г.Т., Отрядных И.Г., Съедина И.А. Коллекция редких видов растений Казахстана в условиях ботанического сада г. Алматы //Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2021. Том 20, № 1. С.404-408
22. Ситпаева Г.Т. О научном значении коллекционных фондов Института ботаники и фитоинтродукции КН МОН РК // Сб. Международной научной конференции «Роль ботанических садов и дендрариев в сохранении, изучении и устойчивом использовании разнообразия растительного мира», посвященной 85-летию Центрального ботанического сада НАН РБ. Минск. 2017. С. 505-507
23. КОЛЛЕКЦИОННЫЕ ФОНДЫ ЖИВЫХ РАСТЕНИЙ ГЛАВНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИБФ КН МОН РК //Вестник Совета ботанических садов Казахстана. 2015. Выпуск 3. Алматы. 88 с.
24. Каталог коллекционного фонда живых растений Главного ботанического сада. 2021. Алматы. 116 с.
25. Красная книга Казахской ССР. Ч. 2: Растения. 1981. Алма-Ата. 260 с.

References

1. APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Bot. Journal of the Linnean Society*. 181: 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
2. Belinskaya N.K. (1979). Lianas. Alma-Ata. Kainar, 96 s.
3. Beschetnova M.V., Isaeva B.K., Uvarova E.I., Larionova N.I., Maldybekova K.S., Kokorev A.A. (1989). Introduction of perennial and annual flowering plants. Alma-Ata. The science, 144 s.
4. Central Botanical Garden of the Academy of Sciences of the Kazakh SSR (short guide). (1971). Alma-Ata, 78 p.
5. COLLECTION FUNDS OF LIVING PLANTS OF THE MAIN BOTANICAL GARDEN IB&F KN MES RK (2015). *Bulletin of the Council of Botanical Gardens of Kazakhstan*, Issue 3, 88 s.
6. Daulbaeva G.S., Murzova T.V., Sadykova D.D. (2012). Collection of tropical and subtropical plants of the Institute of Botany and Phytointroduction. *Plant World and its Protection: Math. int. scientific conf., dedicated 80th anniversary of the Institute of Botany and Phytointroduction*. Almaty, September 5-7, ss. 236-237.
7. Geltman D.V. (2019). Modern systems of flowering plants. *Bot. magazine*, 104(4), s. 503–527.
8. Grudzinskaya L.M., Tazhkulova N. (2009). Introduction of plants of the family Fabaceae LINDL. in the botanical garden. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, biol., No. 6, s. 48-53.
9. Grudzinskaya L.M., Gemedzhieva N.G., Arysbaeva R.B., Ramazanova M., Sadakmende T. (2017). COLLECTION OF MEDICINAL PLANTS IN THE MAIN BOTANICAL GARDEN OF IBP MES RK. *Bulletin of the Council of Botanical Gardens of Kazakhstan (SBSK)*. Issue 5, s. 3-59.
10. Каталог коллекционного фонда живых растений Главного ботанического сада. (2021). Алматы, 116 с.
11. Krasnaya kniga Kazahstana. (1981). T. 2: Rasteniya. Alma-Ata, 260 s.
12. Krasnaya kniga Kazahstana. (2014). P. 2: Rasteniya. Astana, 452 s.
13. Main Botanical Garden (history of formation, structure, results of scientific activity). (1982). Alma-Ata, 96 s.
14. Mukanova G.S., Sankaybaeva A.G., Shadmanova L.Sh., Smailova M.K., M.Masimzhan, Sh.N.Kudzhabergenova, A.Zh. Akbaev. (2017). Gene pool of wild fruit plants of Kazakhstan. *Study, conservation and rational use of the flora of Eurasia: Mat. Int. Conf. dedicated to the 85th anniversary of the Institute of Botany and Phytointroduction of the CS MES RK*. Almaty, s. 548-550.
15. Plants of the World Online / Kew Science. (2021). <https://powo.science.kew.org/>
16. Putevoditel' po Alma-Atinskому ботаническому саду. (1945). Alma-Ata, 30 s.
17. Putevoditel' po Gosudarstvennomu respublikanskomu ботаническому саду Akademii nauk Kazahskoj SSR. (1951). Alma-Ata, 96 s.

18. Uzenbaev E.Kh., Wintergoller B.A., Jadaibaev Zh.M. (1973). Botanical gardens of Kazakhstan. Alma-Ata, 104 s.
19. Rubanik V.G., Zheronkina T.A. Introduction of trees and shrubs of Europe in Kazakhstan. (1980). Alma-Ata, The science. 193 s.
20. Rubanik V.G., Soloninova I.N. (1989). Introduction of North American woody plants in the southeast of Kazakhstan. Alma-Ata, "Science", 172 s.
21. Rubanik V.G. (1974). Introduction of gymnosperms in Kazakhstan. Alma-Ata. The science, 271 s.
22. Rubanik V.G., Melnik A.F., Parshina Z.I. (1977). Lilac. Alma-Ata, Kainar, 104 s.
23. Rusanov F.N. (1971). The method of generic complexes in the introduction of plants and its further development. *Bul. GBS AS USSR*, Issue 81, s. 15-20.
24. Sitpaeva G.T., Otradnykh I.G., Sedina I.A. (2021). Collection of rare plant species of Kazakhstan in the conditions of the botanical garden of Almaty. *Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia*, volume 20, No. 1. – s. 404-408.
25. Sitpaeva G.T. (2017). On the scientific significance of the collection funds of the Institute of Botany and Phytointroduction of the SC MES RK.: Sat. International scientific conference "The role of botanical gardens and arboretums in the conservation, study and sustainable use of plant diversity", dedicated to the 85th anniversary of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of the Republic of Belarus. Minsk, s. 505-507.

Информация об авторах:

Ситпаева Гульнара Токбергеновна, доктор биологических наук, академик КазНАЕН, генеральный директор Института ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, email: sitpaeva@mail.ru)

Грудзинская Людмила Михайловна (корреспондирующий автор), кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории Растительных ресурсов Института ботаники и фитоинтродукции (Алматы, Казахстан, email: kazwelsh@mail.ru)

Information about authors:

Sitpaeva Gulnara Tokbergenovna, Doctor of Biological Sciences, Academician of KazNAEN, General Director of the Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, email: sitpaeva@mail.ru)

Grudzinskaya Lyudmila Mikhailovna (corresponding author), Candidate of Biological Sciences, leading researcher at the Institute of Botany and Phytointroduction (Almaty, Kazakhstan, email: kazwelsh@mail.ru)

Поступила: 21 декабря 2022 года

Принята: 20 мая 2024 года

S.Zh. Khaidarov* , **E. Tulman** 

College of Agriculture, Health and Natural Resources, Department of Pathobiology
and Veterinary Medicine of the University of Connecticut (UConn), USA, Connecticut

*e-mail: logicalmind1984@mail.ru

PERSPECTIVES OF BIOTECHNOLOGICAL DEVELOPMENT IN KAZAKHSTAN IN TERMS OF MONOCLONAL AND OTHER RECOMBINANT ANTIBODIES AND VACCINES AGAINST SARS-COV2

Kazakhstan became one of the few cohorts of countries that were able to produce its one vaccine against the COVID-19 virus. This fact showed the way of new development paths in the biotechnological direction, especially, since the current situation in the world. Kazakhstan's location allows its biotechnological development to attract not only academic but also investment interests to make everything possible for producing not only vaccines against the SARS-CoV2 virus but also to make biotechnological oriented drug development and antiviral drug production. Also, this article gives the generalized view on current clinical success in combating COVID-19 using novice approaches in biotechnological advancement like humanized IgG 'Xenomice' technology in hybridoma technology – REG N10987, produced from transgenic mice and SARS-CoV-2-infected patients [1-3] as well as in human recombinant IgG derived from monoclonal B-cells via Phage display- CT-P59 scFv phage display library generated from cells of a convalescent SARS patient [4]. Along with 'classical monoclonal IgG LY-CoV555, human Antibody gene cloning of B cells from a COVID-19 patient [5]. All these three 'antivirals' are already used and approved by the FDA (U.S. Food and Drug Administration) clinically and demonstrate trustworthy therapeutic effects. The biggest upper hand of these approaches is that they can be used not only against the COVID-19 virus but also against various receptor-dependent disorders like lupus or some types of cancer and/or malignant tumors. Last three decades, two main approaches or methods became headlines in research and clinical implementation Hybridoma (B-cell-fusion with 'immortal' myeloma cells), and recombination technologies – bound with phage display technologies.

Key words: Vaccines, Virology, monoclonal antibodies, NGS (next generation sequencing) Receptor binding domain, RBD-inhibiting, hybridoma, phage display, recombinant antibody, neutralizing immunoglobulin, transgenic mice, monoclonality, humanization.

С.Ж. Хайдаров*, И. Тульман

Ауыл шаруашылығы, денсаулық сақтау және табиғи ресурстар колледжі, Коннектикут университетінің патобиология және ветеринария бөлімі (UConn), АҚШ, Коннектикут қ.

*e-mail: logicalmind1984@mail.ru

SARS-COV2-ге қарсы моноклоналды және басқа рекомбинантты антиденелер мен вакциналар тұрғысынан Қазақстандағы биотехнологиялық даму перспективалары

Қазақстан COVID-19 вирусына қарсы өзінің жалғыз вакцинасын шығара алған санаулы елдердің біріне Қазақстан COVID-19 вирусына қарсы өз вакцинасын шығара алған санаулы елдердің біріне айналды. Бұл факт, әсіресе әлемдегі қазіргі жағдайды ескере отырып, биотехнологиялық бағыттағы даму жолдарының перспективалық бағыттарын көрсетті. Қазақстанның орналасуы оның биотехнологиялық дамуына тек академиялық қана емес, сонымен қатар инвестициялық мүдделерді тартуға, SARS-CoV2 вирусына қарсы вакциналарды өндіру үшін ғана емес, сонымен қатар биотехнологиялық бағдарланған дәрі-дәрмектерді өзірлеу және вирусқа қарсы препараттарды өндіру үшін қолдан келгеннің бәрін жасауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл мақалада трансгенді тышқандардан және SARS-CoV – 2 жұқтырған пациенттерден алынған Reg n10987 гибридомдық технологиясындағы гуманизацияланған Ig "Ксеномышь" технологиясы сияқты биотехнологиялық жетістіктер саласындағы жаңа тәсілдерді қолдана отырып, COVID-19-мен күресудегі қазіргі клиникалық жетістіктерге жалпыланған көзқарас берілген [1-3], сондай-ақ фаг дисплейі – CT-P59 арқылы моноклоналды в жасушаларынан алынған адамның рекомбинантты IgG-де. SARS бар сауығып келе жатқан науқастың жасушаларынан жасалған scFv фаг дисплей кітапханасы [4]. "Классикалық моноклоналды IgG LY-CoV555"-пен қатар, COVID-19 пациенттің B жасушаларының адам антиденесінің генін клондау [5]. Осы үш "вирусқа

қарсы препараттың” барлығы FDA (АҚШ-тың Азық-түлік және дәрі-дәрмек басқармасы) клиникалық түрде қолданады және мақұлдаған және сенімді емдік әсерлерін көрсетеді. Бұл тәсілдердің ең үлкен артықшылығы-оларды тек COVID-19 вирусына ғана емес, сонымен қатар қызыл жегі немесе кейбір қатерлі ісіктер және/немесе қатерлі ісіктер сияқты рецепторға тәуелді әртүрлі ауруларға қарсы қолдануға болады. Соңғы үш онжылдықта екі негізгі тәсіл немесе әдіс зерттеулер мен клиникалық іске асыруда басты рөл атқарды: гибридома (в жасушаларының “Өлмейтін” миелома жасушаларымен бірігуі) және фаг дисплей технологиясымен байланысты рекомбинация технологиялары.

Түйін сөздер: Вакциналар, Вирусология, моноклоналды антиденелер, NGS (келесі ұрпақ секвенциясы) рецепторларын байланыстыратын домен, РБД-ны тежейтін, гибридома, фагтарды көрсететін, рекомбинантты антиденелер, иммуноглобулинді бейтараптандыратын, трансгенді тышқандар, моноклоналдылық, ізгілендіру

С.Ж. Хайдаров*, Идан Тульман

Колледж сельского хозяйства, здравоохранения и природных ресурсов, отделение патобиологии и ветеринарии Университета Коннектикута (UCOON), США, г. Коннектикут
*e-mail: logicalmind1984@mail.ru

Перспективы биотехнологического развития в Казахстане в части моноклональных и других рекомбинантных антител и вакцин против SARS-COV2

Казахстан стал одной из немногих стран, которые смогли произвести свою собственную вакцину против вируса COVID-19. Этот факт указал перспективное направления путей развития в биотехнологическом направлении, особенно с учетом современной ситуации в мире. Расположение Казахстана позволяет его биотехнологическому развитию привлечь не только академические, но и инвестиционные интересы, сделать все возможное для производства не только вакцин против вируса SARS-CoV2, но и биотехнологически ориентированной разработки лекарств и производства противовирусных препаратов. Кроме того, в этой статье дается обобщенный взгляд на текущие клинические успехи в борьбе с COVID-19 с использованием новых подходов в области биотехнологических достижений, таких как технология гуманизированного IgG «Ксеномышь» в гибридной технологии – REG N10987, полученный из трансгенных мышей и пациентов, инфицированных SARS-CoV-2 [1-3], а также в рекомбинантном IgG человека, полученном из моноклональных В-клеток посредством фагового дисплея – СТ-P59. Библиотека фагового дисплея scFv, созданная из клеток выздоравливающего пациента с SARS [4]. Наряду с «классическим моноклональным IgG LY-CoV555», клонирование гена человеческого антитела В-клеток пациента с COVID-19 [5]. Все эти три «противовирусных препарата» уже используются и одобрены FDA (Управление по контролю за продуктами и лекарствами США) клинически и демонстрируют заслуживающие доверия терапевтические эффекты. Самым большим преимуществом этих подходов является то, что их можно использовать не только против вируса COVID-19, но и против различных рецептор-зависимых заболеваний, таких как волчанка или некоторые виды рака и/или злокачественные опухоли. За последние три десятилетия два основных подхода или метода стали хедлайнерами в исследованиях и клинической реализации: гибридома (слияние В-клеток с «бессмертными» клетками миеломы) и технологии рекомбинации, связанные с технологиями фагового дисплея.

Ключевые слова: Вакцины, вирусология, моноклональные антитела, NGS (секвенирование нового поколения), рецептор-связывающий домен, RBD-ингибирование, гибридома, фаговый дисплей, рекомбинантное антитело, нейтрализующий иммуноглобулин, трансгенные мыши, моноклональность, гуманизация

SARS-COV-2 represented the great challenge worldwide for health care systems in 2020 and revealed the poor readiness to treat the infected patients in properly effective way to take the pandemic under control both in terms of treating and preventing as well. The immediate response on Covid19 outbreak was to develop the effective and safe vaccines that could tread the health care systems at least to plateau of infection rates and ide-

ally to form so called ‘collective immunity’ during the first period of pandemic [6]. Kazakhstan’s scientist in 2022 sequenced two local SARS-COVID2 genome variants, one is complete and the second one near-complete Genome, namely: Virus Strain, Variant B.1.1, Sampled from Kazakhstan and Variant B.1.1.7 Virus Strain Isolated in Kazakhstan. All these works were performed in Republican State Enterprise on the right of economic management

«Research Institute for Biological Safety Problems» (RIBS) of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan by the research groups that were involved in designing first Kazakh vaccine – QazVac [7,8]. The best way to develop the fighting strategy against SARS-COV-2 viral spreading- is to understand how single stranded RNA positive sense coronavirus enables its entry into host cell [9]. The term ‘CORONA’ (crown) stands for the clear characterization of COVID-19 virus that consist of single stranded positive sense RNA genome inside the viral membrane with Spike proteins that allow viruses to insert the genome into the host cell cytosol. To make it happen, the spike (S) protein must bind to its receptor, angiotensin-converting enzyme 2 (ACE-2), and mediate subsequent membrane fusion (Walls A., 2020). The reason for the COVID-19 Variants concern is adaptation capacities or mutation rates in COVID-19 genome, especially, the structural proteins regions – S-proteins, and Spike proteins, up to 90% of all mutations or variants forming [6]. To spread viruses, multiply by copying their genome over and over. Through this molecular copying, the original strain becomes ‘imperfect’ and these imperfect versions of the SARS-COV2 virus are termed as ‘variants’ Usually, these sings of genome infirmity or mutations don’t change the viral behavioral pattern biology. Sometimes, these so-called mutations make current variants weaker than original strains. However, in very rare occasions, mutation can change the virus in some important ways. It could become more infectious or more able to hide from or avoid the immune system. The more a virus is allowed to replicate unchecked or not inhibited, the more chance it has to accumulate these rare beneficial mutations. That opportunity for viral evolvement can occur when viruses are allowed to spread quickly through a population or they encounter a host that is less likely to repel the viral infection [9,10]. If a particular set of mutations makes a variant more successful, it might become more prominent than the other strains or ‘imperfect’ copies, and that is when it gets noticed some of them could be termed as variants of concern, such as P.1 (Brazil), B.1.351 (South Africa) and P.1.1.7 (UK) – strains/variants [11]. Mutations are changing the properties of particular virus types through populations and time that give them the upper hand. Some variants are fast spreading and there are some hints that certain mutations could start to weaken or even evade natural and vaccine-driven immunity [6, 9, 12]. The D614G Mutation known as ‘DOUG’ spread wildly in the early periods of pandemic and can be seen in roughly all variants. It affects the spike protein that

enables a virus to penetrate the host cell. A mutation in a genome changes one amino acid for another and makes the new variant more infectious than the original virus. There are also many other variations of mutation in spike protein that seriously improve its original properties [13,14,15,16].

Receptor-binding protein (RBD)

Viral spike protein is glycosylated, S1-Domain, ACE-2-recognition, Furin, S2-Domain, TMPRSS2, cell and viral membrane fusion.*

The viral infection of SARS-COV-2 begins with RBD and consists of two subunits S1 and S2 respectively. They are non-covalently associated subunits. The S1-subunit binds to ACE-2 and S2-subunit anchors the S2-protein to the membrane. The S2-subunit possesses the fusion peptide and other molecular machinery needed to mediate membrane fusion upon invasion of a new host cell, so the viral genome can enter the cytosol [8,17].

After contact with the spike protein, Furin cuts off accurately the outer part of the spike protein called the S1 domain, releasing the inner core of the spike protein called S2 domain which also gets cut by transmembrane serine protease 2 (TMPRSS2) [18]. After these, spike protein unfolds itself and anchors into the host cell membrane. Thus, the viral and host cell membrane starts to fuse, allowing the viral genome to enter the host cell cytosol (a ribosome meets the viral RNA and initiates to translate its genetic code. It results long protein chain containing non-structural proteins (NSPs). NSPs are capable to cut the neighboring chains. First, they release short NSPs which are capable to grab onto a ribosome and occupy it in such a way that the grabbed ribosome can read only the viral RNA and not own host cell messenger RNA (mRNA). From this very beginning phase, we can say that infected host cell starts to be virus building factory thanks to control over the cell translation machinery [18]. Meanwhile, nsp3 cuts other ‘neighbors’ before it sets itself free. It worth to mention that the production of NSPs stops due to pseudoknot in the viral RNA on purpose to prevent the remaining RNA which codes for proteins involved in viral genome replication from passing through the ribosome, saying it differently to separate nsp-encoding from structural protein synthesis: (S-Spike, N-Nucleocapsid, M-membrane, E-Envelope- proteins) [18]. The further following NSPs that are embedded into the endoplasmic reticulum membrane cause it to curve and that forms the structure called a double membrane vesicle or DMV. The DMV is responsible in a host cell for creating a safe enclosed environment for the viral genome to be cop-

ied. Inside the DMV, the newly created NSPs build up both types of viral RNAs, full length and a set of shorter RNAs strands – subgenomic RNAs (sgRNA) that are designed to create new viral particles. The subgenomic RNA exists in the cytosol through the nsp pores in the DMV these short sgRNAs return to a ribosome and it gets translated on purpose to make four structural (main) proteins that will constitute the new SARS-COV-2 viruses. The nucleocapsid proteins have a very essential role both inside the host cell and outside it because it holds together newly replicated genome RNA and inside the viral ‘husk’ (envelope and membrane) [19].

Glycosylated—means that Spike protein or S-protein has glycosylation on its surface that allow it to keep itself discrete for host immune cells and most mutations of concern come to S-protein or glycoprotein known as D416G [18].*

Immunoglobulin (IgG)

Immunoglobulin G (IgG) is one of the inextinguishable proteins in human blood and constitute adjacent 10-20% of plasma proteins. Human IgG could be a part of the five classes of immunoglobulins. Immunoglobulins or antibodies constitute mainly the humoral immune system and neutralize the agents of antigen of interest. In most mammals IgGs get produced and matured in B-cells (lymphocytes) to be specified against antigen [19]. The variable domain with two indistinguishable Fab parts associated to a steady domain serve particular capacities of the IgG [19]. The ‘Fab’ region enables the binding interactions with antigens, however, the ‘Fc’ region interacts with accessory molecules to trigger the mediation of indirect effector functions, like antibody-dependent cellular cytotoxicity (ADCC), antibody-dependent cellular phagocytosis (ADCP) and complement-dependent cytotoxicity (CDC). Some animal models implied Fc-mediated effector cell recruitment functions as responsible for tumor-targeting antibodies, also they are involved in infectious diseases by carrying out efficient pathogen clearance [20]. The neutralizing antibodies (NMAbs) that we are discussing in this review have some common aspects and features:

- They are all IgGs
- All human, humanized or gained from the blood of human COVID-19-infected patients of minor or moderate conditions.
- Renominated or/and monoclonal
- Target: Receptor binding protein (RDB)

Nevertheless, all three of them represent different technologies and methods with comparable cost-effective and clinical-related aspects, and which is

most effective or expensive depends on either equipment or skilled employees engaged in biomedical activity.

CT-P59-NMAb characterizes itself as a competition-agent with ACE2 in binding with RBD and as it was mentioned earlier the scFv phage display library was implemented to gain this neutralizing antibody from the patients [4].

Neutralizing antibody-REG N10987 is gained from the transgenic mouse that is incapable of producing mice antibodies and produces human IgGs only. This approach represents many advantages like productivity and pure yield; however, it could be improved by next-generation hybridoma technology that would improve not only the quality of antibodies of interest but also the quantity of antibodies. Unlike, the previous antibody, the Xenomouse antibody is clinically confirmed in blocking the binding of ACE2 to the RBD [18]. The monoclonal neutralizing IgG LY-CoV555 is designed to interfere with the binding of RBD to cell receptor ACE2. It is a product of IgG-gene cloning of B cells from a COVID-19 patient [5]. To sum up the introduction part it makes sense to repeat the main points and direction of this review article. First and foremost, all these neutralizing antibodies gained and oriented to clinical use and human well-being to fight effectively (therapeutically) the SARS-COV-2 infection in minor and moderate illness stages. Secondly, three human and monoclonal antibodies were produced by three different approaches and to some extent, in the levels of biotechnological advancement ways with one common result – to get effective, safe, and relatively cost-friendly monoclonal antibodies-based drug items. Last but not least, even though all three antibodies aimed to target the ACE2- RBD, they are effective in their way: to compete to bind, to block the binding, and to interfere with binding, respectively.

CT-P59-Neutralizing antibody

CT-P59 is a strong binding IgG with a high affinity for RBD with a KD value of 27 pM with a clear chemical feature: CT-P59 causes complete steric hindrance with ACE-2 receptor by blocking substantial areas of the ACE2 interaction regions, and further mitigation of SARS-COV-2 infection both in-vivo and in-vitro, therefore, inhibits SARS-COV-2 virus spreading [4]. The S-protein – D416G – mutations from various SARS-COV-2 isolates worldwide demonstrate the highest interest in vaccine and antiviral drug development. The mutations of this S-protein enhance and improve the cellular entry and subsequent viral transmission and its rep-

lication. Some mutations of viral D416G- Spike proteins make SARS-COV-2 more adaptive and accelerate the infecting capacities of particular variations of SARS-COV-2, distinguished as ‘strain’ [5]. It was learned that the overwhelming part of the ACE2 blocking CT-P59-like antibodies adopt a similar orientation when bound to RBD. Each of these antibodies belongs to the immunoglobulin heavy-chain variable region genes (IGHV) 3 germline and is the most frequently used IGHV gene among the known SARS-CoV-2- neutralizing antibodies [4,21]. To sum up, the CT-P59 mAb (monoclonal antibody) gained from the PBMC (Peripheral blood mononuclear cells) SARS-COV-2 negative patients and after the fresh mRNA-isolation, it was immediately converted into cDNA via commercial reverse transcriptase set for Phage display library generation and RBD-specified- antigen epitope- CT-P59 IgG variable region (VL and VH). The single chain variable fragments (scFvs) needed to be made by linking VL and VH fragments and directly cloned into a phagemid vector, **pComb3xSS**, for library construction [4,21]. This approach offers us relatively fast but highly specified and effective mAbs- production that neutralizes SARS-COV-2 infection effectively competes with other antibodies and does not lose its special affinity on RBD of ACE-2. This monoclonal antibody is recommended for use in combination with remdesivir and dexamethasone (corticosteroid that suppresses carefully the immune excessive reaction) both to prevent COVID-19 replication and its further spreading.

Phage display technology

The relatively old but robust and reliable technology that allows researchers to adapt the in vitro findings and principles such as tests and screening run into in vivo models as a new drug for instance [22]. The term library in this topic plays a critical role because cDNAs gained from PBMC mRNAs or DNA samples for encoding proteins must run screening match procedures to sort out whether affinity or epitope reaction (antigen) of protein of interest would bring the desired result. One of the most widely spread library constructs is based on the use of filamentous phage, a virus that is found in *Escherichia coli* [24]. Phage display has clearly demonstrated to be an outstanding technique for the interrogation of libraries containing millions or even billions of different peptides or proteins. One of the foremost effective applications of phage display has been the isolation of monoclonal antibodies using large phage antibody libraries [25-26]. The single

chain fragment (scFv) belongs to the basics of phage display methodology. It consists of the VH and VL domains fold correctly (both stabilized by an intramolecular disulfide-bridge) and pairing to form a functional scFv [27,29]. The scFv usually gets produced through the fusion of the coding sequence of the antibody variable (V) regions encoding a single-chain Fv (scFv) to the N-terminus of the phage minor coat protein pIII using a phage vector based on the genome of fdtet [28]. So, through infecting the *E. coli*-strain with nonlytic filamentous phage, fd, or M13, and its genome encodes on the bacterial the single stranded circular plasmid genome and produce the virion proteins that then released in media.

Monoclonal neutralizing antibody- IgG-REG N10987

REG N10987 is yet another successful example of ‘IgG- engineering’ using transgenic mouse spleen or PBMC to get human or humanized, monoclonal IgG with high antigen specificity without the need to immunize a human. The generation of mAbs against the SARS-CoV-2 spike protein (altered through mutation of glycoprotein- D416G) by using combinatorial phage-display libraries from PBMC of COVID-19-recovered patients became ‘the mainstream’ in therapeutic research for finding new ways to take under the control the never-ending mutation of viral RBD [29]. The phage display is now one of the most spread techniques to ‘discriminate’ or choose the right Fabs or ligands of monoclonal antibodies from millions or even billion combinations of RBD epitope from so-called libraries. In vivo, studies on mammals showed and show the prophylactic as well as therapeutic effects of such modified monoclonal antibodies [29]

Neutralizing IgG LY-CoV555

LY-CoV555 is relatively well known monoclonal human IgG that mostly was used in combination with other neutralizing antibodies like REG N10987 in clinical trials. Since there was a need to neutralize the SARS-COV-2 virus ‘for sure’, the clinical trials used so called cocktails of many neutralizing agents that strive to bind on viral RBD with strong affinity, demonstrating the higher therapeutic outcome than the solo trials of individual mAbs types. Interfering with the binding of RBD to cell receptor ACE2 is its main purpose as drug and the more thoroughly was run so called either phage display or other cDNA-based libraries the higher the affinity and more diverse the Fab’s repertoire for better RBD -epitope recognition [30].

Transgenic gain of IgGs and Hybridoma technology

Xenomic technology ground principles rest on transgenic technologies of transferring human genes in embryos of model animals, such as mice. First and foremost, the insertion of IgG's genes (human light and heavy chain genes) into mouse embryo stem cells needs to be performed carefully on a mouse individual and it is needed to inactivate the mouse IgG genes in another specimen, resulting in the first individual can produce both human along with murine antibodies, whereas another mouse is not able to produce murine antibodies and start to breeding this pair till a Xenomouse germline is produced that can generate human antibodies only in first F1-generation. The Xeno-Mouse germline then could be used for lymphocyte producers as PBMC or spleen biological source for further manipulations of various implications [31]. It is important to note that to succeed the blastocyst injection, the further steps must be respected before and after aggregation-plating takes place:

- ES- compatibility (embryonic stem) line for the germline with the method of chimera production
- ES cell lines are recommended to be derived from 129 inbred agouti mouse strains
- The F1 generation fathered by a germline transmitting chimera has to be examined for the presence of the transgene or genome modification, since ES cells are normally heterozygous for such a modified allele, only 50% transmission will be observed within F1-generation
- One of the most optimal choices for an embryo donor can be used usually an outbred strain of albino mice, because their purchase price and maintaining is reasonable, provide satisfying embryo yields, especially, after superovulation, and the chimerism can be easily identified by the coat color and eye pigmentation characteristics [32].

The transgenic mice method or it is termed as 'knockout' mouse is a powerful tool in hands of researchers due to two reasons at least. First, in 90s and early two thousand it revolutionized biotechnology feasibilities to identify of such a rare event as the recombination between a target vector and its homologous sequence within the target genome that theoretically made possible to manipulate the murine genome in that way to modulate in the mice phenocopies human diseases [33]. Secondly, the further decades showed that using mice as spleen and PBMC-donors after intensive and highly selective antigen-specific immunization gave new frontiers in biomedical research, allowing us to produce human proteins like immunoglobins relatively cheap and

fast combining it either with PEG (Polyethylene Glycol) -driven or fusion hybridoma technology or with more advanced BCT (B-cells targeting) – fusion associated hybridoma technology.

Hybridoma

To fuse intact cells with each other was one of the greatest breakthroughs last several decades in biological science. The purpose of cell fusion was not clearly understood at the beginning but the fact of hybridization of cells and especially their separate genetic materials – nucleus was far more promising. The second greatest challenge was to keep a fused cell biologically intact and therefore three main hybridoma technologies were invented: the first with vector as virus (HVJ), the second with chemicals as PEG- cell membrane 'opener', third through electrofusion thanks to dielectric nature of cell membrane. The great challenge was to increase the sensitivity as well as the productivity of highly potent hybridized B-cells, to get more intact and immortal B-cells yield and their products – monoclonal antibodies via novel and cutting edge – BCT (B-cells targeting) technology than the previous three approaches could offer [34]. Among technologies and approaches, it is profoundly important to mention what tools need to be used to get each of these four approaches effective and to some extent sophisticated, such as phage display, YAC (yeast artificial chromosome), fast and reliable sequencing, etc. [32-33].

The main idea of hybridoma technology consists of fusing or hybridizing valuable but not infinite antibody-producing B-cells from the spleen of a mammal with almost immortal myeloma cells which the term – hybridoma stands for. That allows to get the profound yield of monoclonal antigen-specific Igs from the limited numbers of cells. The first documented successful practice of artificial gain of monoclonal Igs (immunoglobulins) via fused mRNA synthesizing cells (murine spleen) with myeloma cells was made by Köhler G, Milstein C. in 1975[34] with the help of HVJ or Sendai-virus. This first successful manipulation was run under the HAT (hypoxanthine-aminopterin-thymidine) selective medium and the phenotypic link between the V and C regions [29]. Interestingly, in this paper [35], the somatic fusion of sensitized B lymphocytes with myeloma cells to generate hybridoma cells secreting mAbs was made by Sendai virus giving the reference link to [36], wherein 1965 The hybrid cells from the human and murine cells were successfully derived with Sendai virus or HVJ without knowing that they initiated the first steps of transgenic and

monoclonal (in some extent humanized) antibody synthesis era outside the human body.

Hemagglutinating virus of Japan (HVJ) or inactivated Sendai virus-fusion

The hemagglutinating virus of Japan was the very first conducted to cause cell fusion as the basis of cytotechnologies [34]. Hemagglutinating virus particles – virus envelope containing the HN-glycoprotein, that enables the clear exhibition of blood cell agglutinating activity were used to fuse the cells of interest. The cells that are needed to be fused (via virus agglutinating cells) possess the HVJ receptors on the cell membrane and cause cell fusion efficiently enough to detect the targeted fusion. The protocol [37] shows a relatively simple laboratory setup to ease the cell fusion, however, the viral-receptor fusion does have many practical drawbacks, and the most profound of them is the viral genome interference into fused cells therefore many laboratories prefer to avoid the hybridization in research purposes, and only as training and teaching technique that clearly demonstrate the cell-to-cell fusion possibility in biologically driven and systemized way. As we discussed earlier the successful viral cell entry of SARS-COV-2 is strongly bound to spike glycoprotein recognition too.

Hybridoma: PEG-driven fusion

In 1974 *Vicia hajastana Grossh* – Anatolian peas were fused with *Pisum sativum L*- the sowing peas were the first plants and biological models that were fused with the help of Polyethylene Glycol (PEG) [35]. The cells' protoplast-fusion was made possible non-specifically with adhesion between the free protoplasts from the same species, different species, and even genera. The fusion was improved by enrichment of the PEG solution with calcium ions [36]. Interestingly, the Ca²⁺ enrichment in aerobic conditions was necessary during the Hemagglutinating virus fusion too [37].

The semi-solid media protocol shows one of the handiest ways to produce hybridomas via PEG-fusion without the help of electrofusion or other techniques. The most advantageous point of this approach is a capability to isolate slow and fast-growing colonies from each other that ensures firmly the high monoclonality, allowing us to escape the sloth subcloning procedures. Thus, the minimum equipment is needed to embrace the satisfied results in yield of MAbs of interest as much as purity and specificity of antibodies producing machinery. This [34]. protocol heavily relies on 'Clone cell

– HY hybridoma cloning kit' that consists of five main steps. The step 3 characterizes itself in our case as most important, because the myeloma- and splenocytes- fusion takes place under PET driven conditions. Most commercial kits require to conduct the serum free manipulations otherwise PEG will not be able to fuse to cell membranes and fusion frequency will fall dramatically. PEG is contained in all medium solutions to ensure fusion where step one or step two is bound on cellular preparations that can and recommended be run simultaneously [34,38]. Importantly to not, that PEG-must be added and held only for 15min incubation in a 37°C water bath and then PEG must be washed out for further 10-14 days incubation under 37°C and 5%CO₂ with a petri without lid on the top in the middle of the culture dishes with lids filled with sterile water to mature the cell cultures during the incubation period [34,38]. The discussed protocol provides us with an information about forming the cell colonies that will enable us to provide with productive cell suspension with further four days incubation and assays to be sure what antibodies type is going to be yielded. The fusion step independently what kind of approach is going to be applied, whether it is PEG, HVJ, electrofusion or B-cell targeting, must take into consideration some principles:

- 1) HAT-media selection stage (hypoxanthine-aminopterin-thymidine): Replication ways- Salvage pathways.
- 2) During fusion, apart from hybrid cells of interest other cell fusion types could take a chance to form: fused plasma cells (splenocytes), fused myeloma cells as well as unfused cells of both types.
- 3) Cell colonies of survived hybridoma cells after two weeks of incubation can have different properties and survival rates, especially, if we consider a clinical approach where HVJ – approach is not applicable at all due to the discussed reasons above.

HAT-Media -Selection

HAT media is a milestone of Hybridoma technology, the headliner of succeeding the monoclonality and productivity. During the incubation the (mostly carefully mashed) splenocytes cell count ~ 1*10⁸cells and myeloma cells not less than the cell count ~ 2*10⁷cells [32,35,37] must run the fusion procedures under the chosen technique and artificial media [38-39]. During the incubation, the selection appears, one type of cell dies out others survive by forming colonies, fused myeloma, and splenocytes – hybridomas. In HAT- media the so-called de novo pathway of new nucleotides from

provided sugars and amino acids for replication machinery in daughter cell proliferation cannot be performed due to the presence of aminopterin, which inhibits the dihydrofolate reductase [34,39].

Main principles of cellular features during two weeks of incubation:

- Salvage pathway is only available for daughter cell proliferation in HAT-media

- Salvage pathway 'recycles' the degraded nucleotides thanks to HGPRT (hypoxanthine-guanine phosphoribosyltransferase) enzyme that relies on hypoxanthine and thymidine as a precursor.

- Plasma cells or splenocytes do possess HGPRT-enzyme-driven replication but myeloma cells do not.

- Due to the short life span of splenocytes, they will not survive after a 14 days incubation period and myeloma cells are not capable of growing in HAT-media because of the absence of HGPRT enzyme and blocked de novo pathway due to aminopterin.

- Hybrid-immortal monoclonal antibodies synthesizing cells (colonies) are present and the cancerous cells are excluded due to the absence of required grow-friendly conditions

Hybridoma: Electrofusion

The electrofusion in 'classical' hybridoma technology is the most technically sophisticated and requires not only skilled operating staff but also thoroughly well-tuned equipment during the procedures as well as after, cleaning and rinsing the apparatus [40]. Unlike PEG-mediated cell fusion, E-fusion (Electrofusion) provides faster results, and no 10-14 days incubation period is needed. PEG-driven fusion is still in practice, however, even the handful of commercial kits requires 18-21 days till the whole cycle is over [34, 41]. The second point that seriously repels the researchers from using PEG is that the side-product of PEG-cell membrane interaction is the generation of extremely cytotoxic H₂O₂-build, one of the oxygen reactive species (ORS) both inside the cell and outside that is hard to ignore on experimental results and some fluctuations from one run to another one appears [41]. The E-Fusion, however, does not have such a burden on experiments. First and foremost, E-fusion conducts the electricity (DC (direct current) as well as AC (alternating current)) to align and fuse cells. As it was mentioned before the cell membranes in general both in plants and animals are dielectrics, thanks to these properties, versatile capacities could be used the AC brings cells into contact, whilst the DC-pulses enable the cells to be fused, moreover, the alternating

current preserves compression during the running experiments [39,42,40,41].

In light of this advantageous versatility, the E-fusion technique can be included in:

- Nuclear transfer
- Embryo manipulation
- Hybridoma production
- Plant protoplast fusion

Interestingly, the first successful PEG-driven cell fusion was performed on plant protoplasts in 1974 [36], the electrofusion finds even here its upper hand over PEG, not solely in hybridoma production respectively. Yet, the most obvious advantages of E-fusion in comparison to PEG is the efficiency of hybridoma production, up to 10 folds, presenting, lower time of production, instead of waiting 10-14 days in selection media alone till only hybrid cells survive (not subcloning included), the e-fusion provides almost 100% fusion rates [41]. Several hours instead several weeks of experiments conducted, in hybridoma production, show us not only the fast solutions but also reliable and clear outcomes that could be trusted and reproducible.

Human hybridomas

It was only a matter of time before human tissue became the next object of so-called 'immortalization' through hybridoma fusion. So, in 1980 the very first attempt took place in the USA [42]. The myeloma cell line was fused with removed spleen cells from the patients suffering from untreated Hodgkin's disease to get highly antigen-specific monoclonal antibodies. According to [43], the cell fusion was run under PET and left in HAT media for some time. HAT-resistant hybrids grew out within 8-14 days, but incubation in HAT medium was continued for at least 3-4 weeks respectively. The main result of this publication was to confirm that human-human hybridomas are possible to generate, namely: 'The U-266 human myeloma cell line is incubated in the presence of 8-azaguanine, and a rapidly growing, 8-azaguanine-resistant, hypoxanthine-amethopterin-thymidine (HAT) medium-sensitive mutant line, U-266ARI' (Yew C., 2016: 225-33, pp. 5429). Already in the 80s, the transgenic interactions: from murine myeloma cell lines to human lymphocytes were bound with one crucial problem – the human cells' chromosome damage that led to the instability of cell cultures [43-44]. Any hybridoma manipulations are generally orientated to gain satisfactory yield rates of human or humanized IgG, including human-human hybridomas. Nevertheless, mono-species cell fusion shows better monoclonal antibody production, however antigen

sensitization on humans and human tissue could be ethically troublesome to conduct worldwide [43].

Among already discussed hybridoma IgG-production techniques, either animal (mostly mice) spleen cells or splenocytes or human tissue were required to isolate the needed cell suspension that leads to serious health conditions or to death by removing mice spleen. Driven by ethical and progressive urges, new techniques are already available. Instead of using splenocytes, nowadays thanks to the development of new biotechnological methods, the blood samples or the PBMC (plasma) is enough to isolate mRNA for compilatory DNA (cDNA) generation which in turn could be used for further experiments. The new era of monoclonal antibody production without animal tissue and animal sacrifices. The first patent on humanized antibodies was claimed in the USA, in 1996 [34]. The clinical application of murine or other non-human monoclonal antibodies represents various difficulties and the most obvious of them is T-cell activation, which seriously downgrades the efficiency of the therapeutic potential of many monoclonal antibodies-based drugs like OKT3 -for prevention of rejection symptoms, anti-CD3 antibody, OKT3 is derived from murine monoclonal antibodies that have the specific epitope recognition immune suppressive properties [37]. Already in 80s before the antibody's humanization took place, the murine and other mammalian monoclonal antibodies properties were discovered [38]. Thus, the intermediate solution was found – chimeric antibodies. The variable regions of murine antibodies genes were combined with human constant antibodies regions genes, resulting the better immunological neutrality as well as body tolerance like six times longer circulation time, and demonstrated significantly less immunogenic reactions than the murine protein parts [43,45-46].

There have been two main directions in biotechnological ways to produce monoclonal antibodies since the middle 1970s. The phage display technology strongly relies on the transcription and translation machinery of e-coli bacteria [47-48,]. The hybridoma technology is mostly bound by spleen cell isolation from the immunized mammals and thanks to new advancements in transgenic methods, human monoclonal antibodies could be provided by mice, rabbits, etc. [48-49].

Hybridoma: BCT-driven fusion

Since BCT (B-cell targeting) also known as PEF (pulsed electric field – method) or even SST (stereo specific targeting) technology nowadays is most

epitope-specific and antigen-sensitive technology without hampering low molecular molecules like sugars, etc. involved in cell fusion step; there are few open-access articles on this topic and only fractured information is available to make some firm statements about its effectiveness and productivity, only principles and general experiments results, claiming the better results as ever was registered before in monoclonal antibodies synthesis.

The ever first publication on first BCT [50] was made already in 2006-2007. The most advanced and efficient technological edge of hybridoma. This approach includes three main steps to follow: 1) 'antigen-based preselection of B lymphocytes' 2) 'formation of antigen-selected B lymphocyte and myeloma cell complexes' 3) 'selective fusion of B-cell–myeloma cell complexes with electrical pulses' [50]. In nut shell, this technique requires both in vivo immunizations, as well as in vitro. A young mouse must run at least 3 immunizations (human insulin in case of [50] intervals within 15 days with adjuvants or immune boosters to get highly dense concentration of B-cells [50]. In vitro, immunization exposed on extracted splenocytes according to (Davis C., n.d.). As mentioned, step I and step II as well the preselection stages of B-lymphocytes and Myeloma cell complexes proceedings. During the B-cell targeting the insulin-avidin conjugates (antigen-avidin) were added to the spleen cell suspension. The Biotinylation of myeloma cells is very important to build the cell complexes since biotin has strong and specific interactions with antigen-bound avidin (Ag-Av), the B-cells and myeloma cell complex with antigen specificity (Ag-Av) forms with NHS-biotin proceeded myeloma cells (M-bio) the B-Ag-Av – bio-M -complex that is ready to be fused via PEF-method to get fused cells (BM) [50-51]. In modern science, there is no so-called 'one-sided' approach or versatile formula for only one technique and this stereo-specificity or single-cell attachment of the antigen-selected B lymphocytes to myeloma cells was achieved thanks to the B-cell targeting in a combination of PEF-method. Interestingly, the method is so effective that even 5%PEG-mediated fusion showed higher rates of fused cell and cell survival and lower cell toxicity [52].

Artificial chromosomes

Apart from hybridoma, phage display (display library techniques), and humanization biotechnologies (transgenic mice), artificial chromosomes like YAC (yeast artificial chromosome) or BAC (bacterial artificial chromosome) became a

significant alternative for other widespread genome editing techniques (recombinant clones generating).

YAC (yeast artificial chromosome)

According to the basics of biology, the eucaryotic genes (mammalian) are generally unstable in bacterial cloning vectors like plasmids, conventional bacteriophages, or even cosmids. These three procaryotic systems often underrepresent the eucaryotic gene sequences or delete some critical regions due to relatively limited cloning capacities, starting from 10kb (plasmids) up to 50kb (cosmids) and of course bacteriophage 100-150kb [52]. Yeast chromosomes, however, can incorporate thousands and sometimes millions of base pairs, allowing the researchers to work on full-scale profound genomes and essential coding regions of genes of interest in mammals [52]. Already in 1994 [52], YAC demonstrated advantageous properties in cloning large regions of DNA. YAC was a great milestone in cloning technologies and examining the big DNA-regions up to 2000kb for genes and active DNA sites [52, 53].

The components of YAC

- Two copies of a yeast telomeric sequence
- The yeast centromere
- The yeast ARS (autonomously replication system)
 - Origin of replication (bacterial Ori)
 - Multiple cloning site (MCS)
 - Selectable markers (for bacteria as well as for yeast) (Ramsay M., 1994: 181-201).

The YAC technology consists of many steps and represents some complicated principles of preparation as well as the running procedures. In the first stage, the YAC vector is propagated as a circular plasmid inside the bacterium, utilizing the bacterial Ori sequence [53-54]. Secondly, the YAC vector must be isolated from the bacterial host for downstream processes that are needed for further DNA purification [55,56]. Thanks to the YAC construct, the researchers can make big YAC libraries in genome studies but in our case replicate the GOI (gene of interest) of organisms that have big expressing sequences that could be used in transgenic manipulations of humans, mice, and even plants. [55-57]. As with any biotechnological approach, it has also some drawbacks as only one vector occurs in one yeast cell despite the fact the yeast cell division (mitosis) runs relatively fast but not fast enough as plasmid replication in bacteria because hundreds of plasmids (vectors) can be replicated continuously per one bacterium. In addition, bacterial vectors like

plasmids and cosmids are more stable than the YAC [54].

So, we have already discussed that all vectors can be used to modify many techniques, starting from Sendai virus (Hybridoma), plasmids and cosmids (BAC – bacterial artificial chromosomes), and YACs. Indeed, in a nutshell, nowadays researchers have two main directions. The first is recombination and phage display priorities that allow studies to focus on so-called ‘featuring’ the functions that are of interest like novel nanobodies or transgenic organisms with the help of which a particular gen product can be generated like in transgenic mice producing human IgGs [56]. The second pathway’s foundations heavily rely on hybridoma technologies and their improvement.

Active immunity

Vaccine types: QazVac, Sputnik (inactivated)

In Kazakhstan, the most popular vaccines were QazVac and Sputnik, especially, at the beginning of the pandemic. Both belong to the group of so-called inactivated vaccines with a shoot procedure pattern. Both had and have relatively high concentrations of antigen to ensure active immunity within several weeks. According to WHO (World Health Organization), by 29th April 2023, 38 355 605 vaccine doses had been administered and 12 443 364 individuals got vaccinated with at least one dose, among them, QazVac and Sputnik took the major numbers.

Acknowledgments

This work was carried out as a PhD Thesis ‘Studying the antiviral activity of drugs against the SARS-COV-2 virus in vitro’ of Khaidarov Saken at Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan under the professional supervision of Burashev Yerbol who managed my research within the framework of the grant funding project on the topic: AP09058338 “STUDY OF ANTI-VIRAL ACTIVITY OF DRUGS AGAINST SARS-COV-2 VIRUS IN VITRO AND CONDUCTING MOLECULAR-EPIDEMIOLOGICAL ANALYSIS OF CIRCULATING COVID-19 STRAINS“ under targeted funding for 2021–2023 with the support of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan. Special gratitude goes to the Department of Pathobiology and Veterinary Science and Center of Excellence for Vaccine Research, University of Connecticut, Storrs, Connecticut,

USA were in tight collaboration with the Research Institute for Biological Safety Problems (RIBSP), Gvardeyskiy, Kazakhstan and Faculty of Biology and Biotechnology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

Conclusion

All three clinically approved drugs are based on monoclonal (humanized) antibodies or IgGs show a therapeutic effect on SARS-COV2 infection their neutralization gives us a powerful medicine based on adaptive immunity product that saves time, subsequently lives to engage yet another very effective and safe antiviral drug. A long way had to be passed till the true potential of monoclonal antibodies could be revealed and a new era in biotechnology was initiated. The recombinant and/or conformation-specific monoclonal IgGs that were selected in phage display and in their various phage display libraries make monoclonal antibodies an extremely precise tool in scientific studies as well as in drug development [59]. The memory

B-cells taken from COVID-19 patients are the main foundation of recombinant monoclonal antibody production through the phage display selection [60-62]. The hybridoma technologies however require the splenocytes from mouse or other mammalian spleen to be proceeded and animals often die from this type of surgery. The IgGs synthesizing B-cells (memory B-cells, splenocytes) are the main target of both technologies that provide us with highly effective and sensitive monoclonal neutralizing humanized antibodies. Hybridoma technology has been showing price and time efficiency, especially, the latest methods like electrofusion assay, and seems to be more biologically friendly and reliable towards antibody production rates and quality. However, the phage display shows more progressive development directions sparing animal tissue from extraction, still in terms of cost and time effort, it is still seriously inferior to hybridoma-orientated research and practice.

Conflicts of interest: There are neither conflicts nor claimed issues

References

1. Hansen J, Baum A, Pascal KE, Russo V, Giordano S, Wloga E, Fulton BO, Yan Y, Koon K, Patel K et al.: Studies in humanized mice and convalescent humans yield a SARS-CoV-2 antibody cocktail. *Science* 2020, 369:1010-1014.
2. Baum A., Ajithdoss D., Copin R., Zhou A., Lanza K., Negron N., Ni M., Wei Y., Mohammadi K., Musser B., et al.: REGN-COV2 antibodies prevent and treat SARS-CoV-2 infection in rhesus macaques and hamsters. *Science* 2020, 370:1110-1115.
3. Weinreich D.M., Sivapalasingam S, Norton T, Ali S, Gao H, Bhore R, Musser BJ, Soo Y, Rofail D, Im J et al.: REGN-COV2, a neutralizing antibody cocktail, in outpatients with Covid-19. *N Engl J Med* 2021, 384:238-251
4. Kim C., Ryu DK, Lee J, Kim YI, Seo JM, Kim YG, Jeong JH, Kim M, Kim JI, Kim P et al.: A therapeutic neutralizing antibody targeting receptor binding domain of SARS-CoV-2 spike protein. *Nat Commun* 2021, 12:288
5. Chen P., Nirula A., Heller B., Gottlieb R.L., Boscia J., Morris J., Huhn G., Cardona J., Mocherla B., Stosor V., et al.: SARS-CoV-2 neutralizing antibody LY-CoV555 in outpatients with Covid-19. *N Engl J Med* 2021, 384:229-237
6. Lu, R., et al. Genomic characterization and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* 395, 565–574 (2020)
7. Burashev Y., et al. Coding Complete Genome Sequence of the SARS-CoV-2 Virus Strain, Variant B.1.1, Sampled from Kazakhstan, 2022, *Microbiology Resource Announcements*. doi: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mra.01114-22>
8. Ussebayev Bekbolat et al. Near-Complete Genome Sequence of a SARS-CoV-2 Variant B.1.1.7 Virus Strain Isolated in Kazakhstan 2022, *Journals Microbiology Resource Announcements*. DOI: <https://doi.org/10.1128/mra.00619-22>
9. Ikbel Hadj Hassine, Covid-19 vaccines and variants of concern: A review, *Reviews in Medical Virology*, 2021 Volume32, Issue4, <https://doi.org/10.1002/rmv.2313>
10. Walls, A. C. et al. Structure, function, and antigenicity of the SARS- CoV-2 spike glycoprotein. *Cell* <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.058> (2020)
11. Thibault Fiolet, Yousra Kherabi, Conor-James MacDonald, Jade Ghosn, Nathan Peiffer-Smadja, Comparing COVID-19 vaccines for their characteristics, efficacy and effectiveness against SARS-CoV-2 and variants of concern: a narrative review, *Clinical Microbiology and Infection*, Volume 28, Issue 2, 2022, Pages 202-221, <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.10.005>.
12. Nabirova Dilyara and Horth, Roberta and Smagul, Manar and Nukenova, Gaukhar and Yesmagambetova, Aizhan and Singer, Daniel and Henderson, Alden and Tsoy, Alexey, Effectiveness of Sputnik V, Qazvac, Hayat-Vax, and Coronavac Vaccines in Preventing COVID-19 in Kazakhstan, February-September 2021. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4077889> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4077889>
13. Fehr, A. R. & Perlman, S. Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis. *Methods Mol. Biol.* 1282, 1–23 (2015).
14. Shang J. et al. Cell entry mechanisms of SARS-CoV-2. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117, 11727–11734, doi: 10.1073/pnas.2003138117 (2020).

15. Hoffmann M. et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell*, doi: 10.1016/j.cell.2020.02.052 (2020)
16. Angelini M.M., Akhlaghpour M, Neuman BW, Buchmeier MJ. Severe acute respiratory syndrome coronavirus nonstructural proteins 3, 4, and 6 induce double-membrane vesicles. *MBio*. 2013. doi: 10.1128/mBio.00524-13
17. Zhang, L. et al. SARS-CoV-2 spike-protein D614G mutation increases virion spike density and infectivity. *Nat. Commun.* 11, 6013 (2020).
18. Li, Q. et al. The impact of mutations in SARS-CoV-2 spike on viral infectivity and antigenicity. *Cell* 182, 1284–1294 e9 (2020)
19. Zhou X., Y. Wang, D.U. Ahn, Z. Cai, An easy and simple separation method for Fc and Fab fragments from chicken immunoglobulin Y (IgY), *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* 1141 (2020) 122011
20. Wolff G, Melia CE, Snijder EJ, Bárcena M. Double-membrane vesicles as platforms for viral replication. *Trends Microbiol.* 2020; 28:1022–1033
21. Irani V., A.J. Guy, D. Andrew, J.G. Beeson, P.A. Ramsland, J.S. Richards, Molecular properties of human IgG subclasses and their implications for designing therapeutic monoclonal antibodies against infectious diseases, *Mol. Immunol.* 67 (2 PtA) (2015) 171-182
22. Peipp M., T. Beyer, M. Dechant, T. Valerius, *Molecular Engineering III: Fc Engineering*, in: S. Dübel (Eds.), *Handbook of Therapeutic Antibodies*, Wiley-VCH Verlag GmbH, 2008, pp. 171-196
23. Korber, B. et al. Tracking Changes in SARS-CoV-2 Spike: Evidence that D614G Increases Infectivity of the COVID-19 Virus. *Cell* 182, 812–827 e19(2020)
24. Yuan, M. et al. Structural basis of a shared antibody response to SARS-CoV-2. *Science* 369, 1119–1123 (2020)
25. Hoogenboom, H. R. (n.d.). *Overview of Antibody Phage-Display Technology and Its Applications*. *Antibody Phage Display*, 001–037. doi:10.1385/1-59259-240-6:001
26. Smith, G. P. (1985) Filamentous fusion phage: novel expression vectors that display cloned antigens on the virion surface. *Science* 228, 1315–1317
27. Winter, G., Griffiths, A. D., Hawkins, R. E., and Hoogenboom, H. R. (1994) Making antibody by phage display technology. *Ann. Rev. Immunol.* 12, 433–455
28. Skerra, A. and Pluckthun, A. (1988) Assembly of a functional immunoglobulin Fv fragment in *Escherichia coli*. *Science* 240, 1038–1041
29. Better, M., Chang, C. P., Robinson, R. R., and Horwitz, A. H. (1988) *Escherichia coli* secretion of an active chimeric antibody fragment. *Science* 240, 1041–1043
30. Jones B.E., Brown-Augsburger PL, Corbett KS, Westendorf K, Davies J, Cujec TP, Wiethoff CM, Blackbourne JL, Heinz BA, Foster D et al.: The neutralizing antibody, LY-CoV555, protects against SARS-CoV-2 infection in nonhuman primates. *Sci Transl Med* 2021, 13: eabf1906
31. Zacher, A. N., Stock, C. A., Golden, J. W., and Smith, G. P. (1980) New filamentous phage cloning vector: fd-tet. *Gene* 9, 127–140.
32. Zhaochun Chen, Peng Zhang, Yumiko Matsuoka, Yaroslav Tsybovsky, Kamille West, Celia Santos, Lisa F. Boyd, Hanh Nguyen, Anna Pomeranke, Tyler Stephens, Adam S. Oliia, Baoshan Zhang, Valeria De Giorgi, Michael R. Holbrook, Robin Gross, Elena Postnikova, Nicole L. Garza, Reed F. Johnson, David H. Margulies, Peter D. Kwong, Harvey J. Alter, Ursula J. Buchholz, Paolo Lusso, Patrizia Farci, Potent monoclonal antibodies neutralize Omicron sublineages and other SARS-CoV-2 variants, *Cell Reports*, <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2022.111528>.
33. Hoogenboom, H. R. and Chames, P. (2000) Natural and designer binding sites made by phage display technology. *Immunol. Today* 21, 371–378.
34. Köhler G, Milstein C. Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefined specificity. *Nature* 256(5517), 495–497 (1975).
35. Pirity, M., Hadjantonakis, A.-K., & Nagy, A. (1998). Chapter 16 Embryonic Stem Cells, Creating Transgenic Animals. *Methods in Cell Biology*, 279–293. doi:10.1016/s0091-679x (08)61585-x
36. Harris, H., &Watkins, j. F. (1965). Hybrid Cells Derived from Mouse and Man: Artificial Heterokaryons of Mammalian Cells from Different Species. *Nature*, 205(4972), 640–646. doi:10.1038/205640a0
37. Hogan, B., Beddington, R., Costantini I., and Lacy E. (1994). “Manipulating the Mouse Embryo.” Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY
38. Shirahata S, Katakura Y, Teruya K. Cell hybridization, hybridomas, and human hybridomas. *Methods Cell Biol.* 1998; 57:111-45. doi: 10.1016/s0091-679x (08)61575-7. PMID: 9648102
39. Kao KN, Michayluk MR. A method for high-frequency intergeneric fusion of plant protoplasts. *Planta*. 1974 Dec;115(4):355-67. doi: 10.1007/BF00388618. PMID: 24458930
40. Hnasko, R. M., &Stanker, L. H. (2015). Hybridoma Technology. *ELISA*, 15–28. doi:10.1007/978-1-4939-2742-5_2
41. Hui, S. W., & Stenger, D. A. (1993). [16] Electrofusion of cells: Hybridoma production by electrofusion and polyethylene glycol. *Membrane Fusion Techniques Part A*, 212–227. doi:10.1016/0076-6879(93)20084-g
42. Yew C.W., Tan YJ. Generation of Mouse Monoclonal Antibodies Specific to Chikungunya Virus Using Clona Cell-HY Hybridoma Cloning Kit. *Methods Mol Biol.* 2016; 1426:225-33. doi: 10.1007/978-1-4939-3618-2_20. PMID: 27233275.
43. Neil, G. A., & Zimmermann, U. (1993). [14] Electrofusion. *Membrane Fusion Techniques Part A*, 174–196. doi:10.1016/0076-6879(93)20082-e

44. Moraes J.Z., Hamaguchi B, Braggion C, Speciale ER, Cesar FBV, Soares GFDS, Osaki JH, Pereira TM, Aguiar RB. Hybridoma technology: is it still useful? *Curr Res Immunol*. 2021 Mar 22; 2:32-40. doi: 10.1016/j.crimmu.2021.03.002. PMID: 35492397; PMCID: PMC9040095
45. Olsson, L., & Kaplan, H. S. (1980). Human-human hybridomas producing monoclonal antibodies of predefined antigenic specificity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 77(9), 5429–5431. doi:10.1073/pnas.77.9.542
46. Steinitz, M., Klein, G., Koskimies, A. & Mikeli, O. (1977) *Nature (London)* 269, 420-422.
47. Albert F. Lo Buglio, Richard H. Wheeler, John Trang, Amy Haynes, Kim Rogers, Elizabeth B. Harvey, Lee Sun, John Ghrayeb and M. B. Khazaeli. Mouse/Human Chimeric Monoclonal Antibody in Man: Kinetics and Immune Response Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Vol. 86, No. 11 (Jun. 1, 1989), pp. 4220-4224
48. Green L. L. (1999). Antibody engineering via genetic engineering of the mouse: XenoMouse strains are a vehicle for the facile generation of therapeutic human monoclonal antibodies. *Journal of Immunological Methods*, 231(1-2), 11–23. doi:10.1016/s0022-1759(99)00137-4
49. Jakobovits, A., Amado, R. G., Yang, X., Roskos, L., & Schwab, G. (2007). From XenoMouse technology to panitumumab, the first fully human antibody product from transgenic mice. *Nature Biotechnology*, 25(10), 1134–1143. doi:10.1038/nbt1337
50. Haruno, M., Kuroki, M., Matsunaga, K., Takata, J., Karube, Y., Senba, T., Murakami, M., Arakawa, F., Kuwahara, M., Ozaki, H., Matsuoka, Y., Okazaki, M., and Kanda, H. (1996). Tumor-specific accumulation of 125I-labeled mouse-human chimeric anti-CEA antibody in a xenografted human cancer model demonstrated by whole-body autoradiography and immunostaining. *Nuclear Med. Biol.* 23, 821-826
51. Davis, C. G., Jia, X.-C., Feng, X., & Haak-Frendscho, M. (n.d.). Production of Human Antibodies from Transgenic Mice. *Antibody Engineering*, 191–200. doi:10.1385/1-59259-666-5:191
52. Yagami, H., Kato, H., Tsumoto, K., & Tomita, M. (2013). Monoclonal antibodies based on hybridoma technology. *Pharmaceutical Patent Analyst*, 2(2), 249–263. doi:10.4155/ppa.13.2
53. Boss B. D.: An improved in vitro immunization procedure for the production of monoclonal antibodies. *Methods Enzymol* 1986;121: 27–33.
54. Ramsay, M. (1994). Yeast artificial chromosome cloning. *Molecular Biotechnology*, 1(2), 181–201. doi:10.1007/bf02921558
55. Lonberg, N., & Huszar, D. (1995). Human Antibodies from Transgenic Mice. *International Reviews of Immunology*, 13(1), 65–93. doi:10.3109/08830189509061738
56. Jakobovits, A., Moore, A., Green, L. et al. Germ-line transmission and expression of a human-derived yeast artificial chromosome. *Nature* 362, 255–258 (1993). <https://doi.org/10.1038/362255a0>
57. Ellson Y. Chen, Andre Cheng, Angela Lee, Wun-Jing Kuang, LaDeana Hillier, Philip Green, David Schlessinger, Alfredo Ciccodicola, Michele D’Urso, Sequence of human glucose-6-phosphate dehydrogenase cloned in plasmids and a yeast artificial chromosome, *Genomics*, Volume 10, Issue 3, 1991, Pages 792-800, ISSN 0888-7543, [https://doi.org/10.1016/0888-7543\(91\)90465-Q](https://doi.org/10.1016/0888-7543(91)90465-Q). Brüggemann, M., & Taussig, M. J. (1997). Production of human antibody repertoires in transgenic mice. *Current Opinion in Biotechnology*, 8(4), 455–458. doi:10.1016/s0958-1669(97)80068-7
58. <https://covid19.who.int/region/euro/country/kz>
59. Casali, P., & Schettino, E. W. (1996). Structure and Function of Natural Antibodies. *Immunology of Silicones*, 167–179. doi:10.1007/978-3-642-85226-8_17
60. Haruka Obata, Kanta Tsumoto, Masahiro Tomita, B-cell receptor-based multitargeting method for simultaneous production of novel multiple monoclonal antibodies, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Volume 128, Issue 5, 2019, Pages 578-584, ISSN 1389-1723, <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.04.015>.
61. Isozaki, Y., Tsumoto, K., & Tomita, M. (2021). Conformation-specific monoclonal antibodies recognizing the native structure of G protein-coupled receptor (GPCR). *International Immunopharmacology*, 98, 107872. doi: 10.1016/j.intimp.2021.107872
62. Bertoglio, F., Meier, D., Langreder, N. et al. SARS-CoV-2 neutralizing human recombinant antibodies selected from pre-pandemic healthy donors binding at RBD-ACE2 interface. *Nat Commun* 12, 1577 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21609-2>

References

1. Albert F. Lo Buglio, Richard H. Wheeler, John Trang, Amy Haynes, Kim Rogers, Elizabeth B. Harvey, Lee Sun, John Ghrayeb and M. B. Khazaeli. Mouse/Human Chimeric Monoclonal Antibody in Man: Kinetics and Immune Response Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America Vol. 86, No. 11 (Jun. 1, 1989), pp. 4220-4224
2. Angelini M.M., Akhlaghpour M, Neuman BW, Buchmeier MJ. Severe acute respiratory syndrome coronavirus nonstructural proteins 3, 4, and 6 induce double-membrane vesicles. *MBio*. 2013. doi: 10.1128/mBio.00524-13
3. Baum A., Ajithdoss D., Copin R., Zhou A., Lanza K., Negron N., Ni M., Wei Y., Mohammadi K., Musser B., et al.: REGN-COV2 antibodies prevent and treat SARS-CoV-2 infection in rhesus macaques and hamsters. *Science* 2020, 370:1110-1115.
4. Bertoglio, F., Meier, D., Langreder, N. et al. SARS-CoV-2 neutralizing human recombinant antibodies selected from pre-pandemic healthy donors binding at RBD-ACE2 interface. *Nat Commun* 12, 1577 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21609-2>
5. Better, M., Chang, C. P., Robinson, R. R., and Horwitz, A. H. (1988) *Escherichia coli* secretion of an active chimeric antibody fragment. *Science* 240, 1041–1043.

6. Boss B.D.: An improved in vitro immunization procedure for the production of monoclonal antibodies. *Methods Enzymol* 1986;121: 27–33.
7. Burashev Y., et al. Coding Complete Genome Sequence of the SARS-CoV-2 Virus Strain, Variant B.1.1, Sampled from Kazakhstan, 2022, *Microbiology Resource Announcements*. doi: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mra.01114-22>
8. Casali P., & Schettino, E. W. (1996). Structure and Function of Natural Antibodies. *Immunology of Silicones*, 167–179. doi:10.1007/978-3-642-85226-8_17
9. Chen P., Nirula A., Heller B., Gottlieb R.L., Boscia J., Morris J., Huhn G., Cardona J., Mocherla B., Stosor V., et al.: SARS-CoV-2 neutralizing antibody LY-CoV555 in outpatients with Covid-19. *N Engl J Med* 2021, 384:229-237
10. Davis, C. G., Jia, X.-C., Feng, X., & Haak-Frendscho, M. (n.d.). Production of Human Antibodies from Transgenic Mice. *Antibody Engineering*, 191–200. doi:10.1385/1-59259-666-5:191
11. Ellson Y. Chen, Andre Cheng, Angela Lee, Wun-Jing Kuang, LaDeana Hillier, Philip Green, David Schlessinger, Alfredo Ciccodicola, Michele D’Urso, Sequence of human glucose-6-phosphate dehydrogenase cloned in plasmids and a yeast artificial chromosome, *Genomics*, Volume 10, Issue 3, 1991, Pages 792-800, ISSN 0888-7543, [https://doi.org/10.1016/0888-7543\(91\)90465-Q](https://doi.org/10.1016/0888-7543(91)90465-Q). Brüggemann, M., & Taussig, M. J. (1997). Production of human antibody repertoires in transgenic mice. *Current Opinion in Biotechnology*, 8(4), 455–458. doi:10.1016/s0958-1669(97)80068-7
12. Fehr, A. R. & Perlman, S. Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis. *Methods Mol. Biol.* 1282, 1–23 (2015).
13. Green L. L. (1999). Antibody engineering via genetic engineering of the mouse: XenoMouse strains are a vehicle for the facile generation of therapeutic human monoclonal antibodies. *Journal of Immunological Methods*, 231(1-2), 11–23. doi:10.1016/s0022-1759(99)00137-4
14. Hansen J., Baum A, Pascal KE, Russo V, Giordano S, Wloga E, Fulton BO, Yan Y, Koon K, Patel K et al.: Studies in humanized mice and convalescent humans yield a SARS-CoV-2 antibody cocktail. *Science* 2020, 369:1010-1014.
15. Hnasko, R. M., & Stanker, L. H. (2015). Hybridoma Technology. *ELISA*, 15–28. doi:10.1007/978-1-4939-2742-5
16. Harris H., & Watkins, J. F. (1965). Hybrid Cells Derived from Mouse and Man: Artificial Heterokaryons of Mammalian Cells from Different Species. *Nature*, 205(4972), 640–646. doi:10.1038/205640a0
17. Haruka Obata, Kanta Tsumoto, Masahiro Tomita, B-cell receptor-based multitargeting method for simultaneous production of novel multiple monoclonal antibodies, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Volume 128, Issue 5, 2019, Pages 578-584, ISSN 1389-1723, <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2019.04.015>.
18. Haruno, M., Kuroki, M., Matsunaga, K., Takata, J., Karube, Y., Senba, T., Murakami, M., Arakawa, F., Kuwahara, M., Ozaki, H., Matsuoka, Y., Okazaki, M., and Kanda, H. (1996). Tumor-specific accumulation of 125I-labeled mouse-human chimeric anti-CEA antibody in a xenografted human cancer model demonstrated by whole-body autoradiography and immunostaining. *Nuclear Med. Biol.* 23, 821-826.
19. Hoffmann M. et al. SARS-CoV-2 Cell Entry Depends on ACE2 and TMPRSS2 and is Blocked by a Clinically Proven Protease Inhibitor. *Cell*, doi: 10.1016/j.cell.2020.02.052 (2020).
20. Hoogenboom, H. R. (n.d.). Overview of Antibody Phage-Display Technology and Its Applications. *Antibody Phage Display*, 001–037. doi:10.1385/1-59259-240-6:001
21. Hogan, B., Beddington, R., Costantini I., and Lacy E. (1994). “Manipulating the Mouse Embryo.” Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, NY.
22. Hui S. W., & Stenger, D. A. (1993). [16] Electrofusion of cells: Hybridoma production by electrofusion and polyethylene glycol. *Membrane Fusion Techniques Part A*, 212–227. doi:10.1016/0076-6879(93)20084-g
23. Ikbil Hadj Hassine, Covid-19 vaccines and variants of concern: A review, *Reviews in Medical Virology*, 2021 Volume 32, Issue 4, <https://doi.org/10.1002/rmv.2313>
24. Irani V., A.J. Guy, D. Andrew, J.G. Beeson, P.A. Ramsland, J.S. Richards, Molecular properties of human IgG subclasses and their implications for designing therapeutic monoclonal antibodies against infectious diseases, *Mol. Immunol.* 67 (2 PtA) (2015) 171-182.
25. Isozaki, Y., Tsumoto, K., & Tomita, M. (2021). Conformation-specific monoclonal antibodies recognizing the native structure of G protein-coupled receptor (GPCR). *International Immunopharmacology*, 98, 107872. doi: 10.1016/j.intimp.2021.107872
26. Jakobovits A., Lamb, B. T., & Peterson, K. R. (n.d.). Production of Transgenic Mice with Yeast Artificial Chromosomes. *Developmental Biology Protocols*, 435–453. doi:10.1385/1-59259-065-9:435
27. Jakobovits A., Moore, A., Green, L. et al. Germ-line transmission and expression of a human-derived yeast artificial chromosome. *Nature* 362, 255–258 (1993). <https://doi.org/10.1038/362255a0>
28. Jones B.E., Brown-Augsburger PL, Corbett KS, Westendorf K, Davies J, Cujec TP, Wiethoff CM, Blackbourne JL, Heinz BA, Foster D et al.: The neutralizing antibody, LY-CoV555, protects against SARS-CoV-2 infection in nonhuman primates. *Sci Transl Med* 2021, 13: eabf1906
29. Kao K.N., Michayluk MR. A method for high-frequency intergeneric fusion of plant protoplasts. *Planta*. 1974 Dec;115(4):355-67. doi: 10.1007/BF00388618. PMID: 24458930.
30. Kim C., Ryu DK, Lee J, Kim YI, Seo JM, Kim YG, Jeong JH, Kim M, Kim JI, Kim P et al.: A therapeutic neutralizing antibody targeting receptor binding domain of SARS-CoV-2 spike protein. *Nat Commun* 2021, 12:288
31. Korber, B., et al. Tracking Changes in SARS-CoV-2 Spike: Evidence that D614G Increases Infectivity of the COVID-19 Virus. *Cell* 182, 812–827 e19(2020).

32. Köhler G., Milstein C. Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefined specificity. *Nature* 256(5517), 495–497 (1975).
33. Li, Q., et al. The impact of mutations in SARS-CoV-2 spike on viral infectivity and antigenicity. *Cell* 182, 1284–1294 e9 (2020).
34. Liu, H., Gaza-Bulseco, G., Faldu, D., Chumsac, C., & Sun, J. (2008). Heterogeneity of Monoclonal Antibodies. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 97(7), 2426–2447. doi:10.1002/jps.21180
35. Lonberg, N., & Huszar, D. (1995). Human Antibodies from Transgenic Mice. *International Reviews of Immunology*, 13(1), 65–93. doi:10.3109/08830189509061738
36. Lu, R., et al. Genomic characterization and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet* 395, 565–574 (2020).
37. Moraes J.Z., Hamaguchi B, Braggion C, Speciale ER, Cesar FBV, Soares GFDS, Osaki JH, Pereira TM, Aguiar RB. Hybridoma technology: is it still useful? *Curr Res Immunol*. 2021 Mar 22; 2:32-40. doi: 10.1016/j.crimmu.2021.03.002. PMID: 35492397; PMCID: PMC9040095
38. Nabirova, Dilyara and Horth, Roberta and Smagul, Manar and Nukenova, Gaukhar and Yesmagambetova, Aizhan and Singer, Daniel and Henderson, Alden and Tsoy, Alexey, Effectiveness of Sputnik V, Qazvac, Hayat-Vax, and Coronavac Vaccines in Preventing COVID-19 in Kazakhstan, February-September 2021. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4077889> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4077889>
39. Neil, G. A., & Zimmermann, U. (1993). [14] Electrofusion. *Membrane Fusion Techniques Part A*, 174–196. doi:10.1016/0076-6879(93)20082-e
40. Olsson, L., & Kaplan, H. S. (1980). Human-human hybridomas producing monoclonal antibodies of predefined antigenic specificity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 77(9), 5429–5431. doi:10.1073/pnas.77.9.542
41. Peipp M., T. Beyer, M. Dechant, T. Valerius, *Molecular Engineering III: Fc Engineering*, in: S. Dübel (Eds.), *Handbook of Therapeutic Antibodies*, Wiley-VCH Verlag GmbH, 2008, pp. 171-196.
42. Purity, M., Hadjantonakis, A.-K., & Nagy, A. (1998). Chapter 16 Embryonic Stem Cells, Creating Transgenic Animals. *Methods in Cell Biology*, 279–293. doi:10.1016/s0091-679x (08)61585-x
43. Ramsay M. (1994). Yeast artificial chromosome cloning. *Molecular Biotechnology*, 1(2), 181–201. doi:10.1007/bf02921558
44. Shang J., et al. Cell entry mechanisms of SARS-CoV-2. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117, 11727–11734, doi: 10.1073/pnas.2003138117 (2020).
45. Shirahata S., Katakura Y, Teruya K. Cell hybridization, hybridomas, and human hybridomas. *Methods Cell Biol*. 1998; 57:111-45. doi: 10.1016/s0091-679x (08)61575-7. PMID: 9648102.
46. Smith, G. P. (1985) Filamentous fusion phage: novel expression vectors that display cloned antigens on the virion surface. *Science* 228, 1315–1317.
47. Skerra, A. and Pluckthun, A. (1988) Assembly of a functional immunoglobulin Fv fragment in *Escherichia coli*. *Science* 240, 1038–1041.
48. Steinitz, M., Klein, G., Koskimies, A. & Mikeli, O. (1977) *Nature (London)* 269, 420-422.
49. Thibault Fiolet, Yousra Kherabi, Conor-James MacDonald, Jade Ghosn, Nathan Peiffer-Smadja, Comparing COVID-19 vaccines for their characteristics, efficacy and effectiveness against SARS-CoV-2 and variants of concern: a narrative review, *Clinical Microbiology and Infection*, Volume 28, Issue 2, 2022, Pages 202-221, <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.10.005>.
50. Ussebayev Bekbolat et al., Near-Complete Genome Sequence of a SARS-CoV-2 Variant B.1.1.7 Virus Strain Isolated in Kazakhstan 2022, *Journals Microbiology Resource Announcements*. DOI: <https://doi.org/10.1128/mra.00619-22>
51. Vidarsson G., G. Dekkers, T. Rispen, IgG subclasses and allotypes: from structure to effector functions, *Front. Immunol*. 5 (2014) 520.
52. Walls A. C. et al., Structure, function, and antigenicity of the SARS- CoV-2 spike glycoprotein. *Cell* <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.02.058> (2020).
53. Weinreich D.M., Sivapalasingam S, Norton T, Ali S, Gao H, Bhore R, Musser BJ, Soo Y, Rofail D, Im J et al.: REGN-COV2, a neutralizing antibody cocktail, in outpatients with Covid-19. *N Engl J Med* 2021, 384:238-251
54. Winter, G., Griffiths, A. D., Hawkins, R. E., and Hoogenboom, H. R. (1994) Making antibody by phage display technology. *Ann. Rev. Immunol.* 12, 433–455.
55. Wolff G., Melia CE, Snijder EJ, Bárcena M. Double-membrane vesicles as platforms for viral replication. *Trends Microbiol*. 2020; 28:1022–1033.
56. Yagami, H., Kato, H., Tsumoto, K., & Tomita, M. (2013). Monoclonal antibodies based on hybridoma technology. *Pharmaceutical Patent Analyst*, 2(2), 249–263. doi:10.4155/ppa.13.2
57. Yew C.W., Tan YJ. Generation of Mouse Monoclonal Antibodies Specific to Chikungunya Virus Using Clona Cell-HY Hybridoma Cloning Kit. *Methods Mol Biol*. 2016; 1426:225-33. doi: 10.1007/978-1-4939-3618-2_20. PMID: 27233275.
58. Yuan, M. et al. Structural basis of a shared antibody response to SARS-CoV-2. *Science* 369, 1119–1123 (2020).
59. Zacher, A. N., Stock, C. A., Golden, J. W., and Smith, G. P. (1980) New filamentous phage cloning vector: fd-tet. *Gene* 9, 127–140.
60. Zhang, L. et al., SARS-CoV-2 spike-protein D614G mutation increases virion spike density and infectivity. *Nat. Commun.* 11, 6013 (2020).
61. Zhaochun Chen, Peng Zhang, Yumiko Matsuoka, Yaroslav Tsybovsky, Kamille West, Celia Santos, Lisa F. Boyd, Hanh Nguyen, Anna Pomeranke, Tyler Stephens, Adam S. Olia, Baoshan Zhang, Valeria De Giorgi, Michael R. Holbrook, Robin Gross,

Elena Postnikova, Nicole L. Garza, Reed F. Johnson, David H. Margulies, Peter D. Kwong, Harvey J. Alter, Ursula J. Buchholz, Paolo Lusso, Patrizia Farci, Potent monoclonal antibodies neutralize Omicron sub lineages and other SARS-CoV-2 variants, *Cell Reports*, <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2022.111528>.

62. Zhou X., Y. Wang, D.U. Ahn, Z. Cai, An easy and simple separation method for Fc and Fab fragments from chicken immunoglobulin Y (IgY), *J. Chromatogr. B Analyt. Technol. Biomed. Life Sci.* 1141 (2020) 122011.

Information about authors:

Khaidarov Saken Zharkynovich – Master of science, PhD -student, 3rd, College of Agriculture, Health and Natural Resources, Department of Pathobiology and Veterinary Medicine of the University of Connecticut (UCONN), Atwater Laboratory, Office A110, 61 North Eagleville Road, North Eagleville Road, Subdivision-3089 Storrs, Connecticut, 06269-3089, USA., e-mail: logicalmind1984@mail.ru

Edan Robert Tulman – Research Associate, College of Agriculture, Health and Natural Resources, Department of Pathobiology and Veterinary Medicine of the University of Connecticut (UCONN), Atwater Laboratory, Office A110, 61 North Eagleville Road, North Eagleville Road, Subdivision-3089 Storrs, Connecticut, 06269-3089, USA.

Авторлар туралы ақпарат:

Хайдаров Сакен Жаркынович – ғылым магистрі, 3-курс докторанты, ауыл шаруашылығы, денсаулық сақтау және табиғи ресурстар колледжі, Коннектикут университетінің патобиология және ветеринария кафедрасы (UCONN), Атвотер зертханасы, А110 кеңсесі, 61 Солтүстік Эглевилл жолы, солтүстік Иглевилл жолы, бөлім-3089 Сторрс, Коннектикут, 06269-3089, АҚШ. электрондық пошта: logicalmind1984@mail.ru

Идан Роберт Тулман – ғылыми қызметкер, ауыл шаруашылығы, денсаулық сақтау және табиғи ресурстар колледжі, Коннектикут университетінің патобиология және ветеринария бөлімі (UCONN), Атвотер зертханасы, А110 кеңсесі, Солтүстік Иглевилл жолы, 61, Солтүстік Иглевилл жолы, 3089 Сторрс бөлімі, Коннектикут, 06269-3089, АҚШ.

Received January 18, 2023

Re-uploaded May 13, 2024

Accepted May 20, 2024

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАНИ МӘЛІМЕТ

АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ INFORMATION FOR AUTHORS

Требования к научной статье для опубликования в журнале «Вестник КазНУ. Серия биологическая»:

✓ Редакционная коллегия принимает ранее неопубликованные экспериментальные статьи по научным направлениям журнала. Статья представляется в электронном формате (в форматах .doc, .docx, .rtf) ТОЛЬКО посредством ее загрузки через функционал сайта журнала (Open Journal System или Editorial Manager).

✓ Кегль шрифта – 12 (аннотация, ключевые слова, литература – 10, текст таблиц – 9-11), шрифт – Times New Roman, выравнивание – по ширине текста, интервал – одинарный, абзацный отступ – 0,8 см, поля: верхнее и нижнее – 2 см, левое и правое – 2 см.

✓ Объем статьи (без учета названия, сведений об авторах, аннотации, ключевых слов, библиографического списка) должен составлять не менее 1 500-7 000 слов для естественнонаучных и технических направлений.

✓ При подаче статьи авторы должны отправить заполненную заявку, сопроводительное письмо и рукопись статьи, оформленную по нижеуказанным правилам.

✓ Авторы в ОБЯЗАТЕЛЬНОМ порядке должны указать в сопроводительном письме в системе Open Journal System или Editorial Manager о том, что направляемая статья/рукопись нигде ранее не публиковалась, и что в статье отсутствуют заимствованные фрагменты текста из других работ без ссылок на них.

✓ Порядок оплаты и стоимость за публикацию статьи устанавливается издательским домом «Қазақ университеті» и производится автором после одобрения внешними рецензентами и научным редактором.

Структура статьи:

Работы, оформленные без соблюдения этих правил, возвращаются без рассмотрения.

Первая страница:

Первая строка – номер МРНТИ

Название статьи (Заголовок)

Автор(ы) статьи

Орсид ID номера авторов

Сокращения и обозначения


Аннотация

Ключевые слова/словосочетания

Первая строка – номер МРНТИ (в исключительных случаях УДК), выравнивание – по левому краю, шрифт – полужирный. Номер МРНТИ необходимо найти на сайте <http://grnti.ru/>.

Название статьи (Заголовок) должно отражать суть и содержание статьи и привлекать внимание читателя. Название должно быть кратким, информативным и не содержать жаргонизмов или аббревиатур. Оптимальная длина заголовка – 5-7 слов (в некоторых случаях 10-12 слов). Название статьи должно быть представлено на русском, казахском и английском языках. Название статьи представляется полужирным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру.

✓ **Автор(ы) статьи** – количество авторов не ограничено. В список должны входить данные авторов, которые имеют прямое отношение к написанию статьи, те кто выполнял эксперименты и получил данные и результаты, отраженные в статье, те кто является автором основной идеи публикации.

Сведения об авторах представляются обычным шрифтом строчными буквами, выравнивание – по центру. Принадлежность авторов к определенному месту работы указывается в виде надстрочных индексов до фамилии^{1,2,3}. Авторы из одной и той же организации указываются под одинаковой надстрочной цифрой. Для авторов КазНУ обязательное указание ID номеров ORCID с использованием гиперссылки в значке , для авторов сторонних организаций по желанию. Корреспондентный автор отмечается надстрочным знаком*.

¹Инициалы и фамилия, ²Инициалы и фамилия*

¹место работы (аффилиация), страна, город

²место работы (аффилиация), страна, город

*Корреспондентный автор – e-mail

Корреспондентным автором является тот автор, который ведет переписку с редакцией до и после печати и отвечает на все замечания и исправления по статье. Важно указать действующий электронный адрес и контактные данные при подачи статьи.

1. **Сокращения и обозначения** – если имеются.
- ✓ **Аннотация** объемом **не менее 150 слов, не более 300 слов** на русском, казахском и английском языках.
- Структура аннотации включает в себя следующие **ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ пункты**:
 1. Вступительное слово о теме исследования.
 2. Цель, основные направления и идеи научного исследования.
 3. Краткое описание научной и практической значимости работы.
 4. Краткое описание методологии исследования.
 5. Основные результаты и анализ, выводы исследовательской работы.
 6. Ценность проведенного исследования (внесенный вклад данной работы в соответствующую область знаний).
 7. Практическое значение итогов работы.
- ✓ **Ключевые слова/словосочетания** – количеством 3-5 на русском, казахском и английском языках.

Последующая страница (новая):

Введение

Материалы и Методы

Результаты и Обсуждение

Заключение, выводы

Благодарности

Источник финансирования

Конфликт интересов

Литература

Введение состоит из следующих основных элементов:

- ✓ Обоснование выбора темы; актуальность темы или проблемы. В обосновании выбора темы на основе описания опыта предшественников сообщается о наличии проблемной ситуации (отсутствие каких-либо исследований, появление нового объекта и т.д.). Актуальность темы определяется общим интересом к изученности данного объекта, но отсутствием исчерпывающих ответов на имеющиеся вопросы, она доказывается теоретической или практической значимостью темы.
- ✓ В секции должны быть охвачены фундаментальные и новые труды по исследуемой тематике зарубежных авторов на английском языке (не менее 15 трудов), анализ данных трудов с точки зрения их научного вклада, а также пробелы в исследовании, которые Вы дополняете в своей статье.
- ✓ Определение объекта, предмета, целей, задач, методов, подходов, гипотезы и значения вашей работы. Цель исследования связана с доказательством тезиса, то есть представлением предмета исследования в избранном автором аспекте.

Материалы и Методы – должны состоять из описания материалов и хода работы, а также полного описания использованных методов.

- ✓ Характеристика или описание материала исследования включает его представление в качественном и количественном отношении. Характеристика материала – один из факторов, определяющий достоверность выводов и методов исследования.
- ✓ В этом разделе описывается, как проблема была изучена: подробная информация без повторения ранее опубликованных установленных процедур; используется идентификация оборудования (программного обеспечения) и описание материалов, с обязательным внесением новизны при использовании материалов и методов.
- ✓ Научная методология должна включать в себя:
 - ✓ - исследовательский вопрос(-ы);
 - ✓ - выдвигаемую гипотезу (тезис);
 - ✓ - этапы исследования;
 - ✓ - методы исследования;
 - ✓ - результаты исследования.
- ✓ **НЕДОПУСТИМО** наличие множества ссылок, не имеющих отношения к работе, или неуместные суждения о ваших собственных достижениях, ссылки на Ваши предыдущие работы.

Результаты и Обсуждение – приводится анализ и обсуждение полученных вами результатов исследования. Приводятся выводы по полученным в ходе исследования результатам, раскрывается основная суть. И это один из самых важных разделов статьи. В нем необходимо провести анализ результатов своей работы и обсуждение соответствующих результатов в сравнении с предыдущими работами иностранных и отечественных авторов, анализами и выводами.

Заключение, выводы

Обобщение и подведение итогов работы на данном этапе; подтверждение истинности выдвигаемого утверждения, высказанного автором, и заключение автора об изменении научного знания с учетом полученных результатов. Выводы не должны быть абстрактными, они должны быть использованы для обобщения результатов исследования в той или иной научной области, с описанием предложений или возможностей дальнейшей работы.

Структура заключения должна содержать следующие вопросы: Каковы цели и методы исследования? Какие результаты получены? Каковы выводы? Каковы перспективы и возможности внедрения, применения разработки?

Конфликт интересов – желательно указать имеющиеся конфликты интересов со стороны авторов и соавторов касательно материалов статьи. Если нет никаких конфликтов к опубликованию материалов в статье, указать, что авторы не имеют конфликта интересов.

Благодарности – Перечислите людей, которые оказали помощь во время исследования (например, предоставили помощь в переводе, письменную помощь или предоставили материал/оборудование для работы и т.д.)

Источник финансирования – Следует указать в рамках какого проекта или программы была выполнена работа, указать год и номер договора по проекту/программе.

Литература

Список используемой литературы, или Библиографический список состоит из не менее 25 наименований литературы для естественнонаучных и технических направлений и из общего числа наименований на английском языке должно быть не менее 50%.

Для естественнонаучных статей ссылки оформляются в квадратных скобках с указанием нумерации по мере появления цитируемых работ в тексте. Стиль оформления списка литературы согласно ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» (требование к изданиям, входящих в перечень ККСОН).

Далее следует второй список литературы (**References**, который должен быть предоставлен в другой форме, то есть – романизированным алфавитом (транслитерация). **References** ТОЛЬКО те работы, которые цитируются в тексте. Reference оформляется в алфавитном порядке!

Романизированный список литературы должен выглядеть в следующем виде для источников на кириллице: автор(-ы) (транслитерация) → (год в круглых скобках) → название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], название русскоязычного источника (транслитерация, либо английское название – если есть), выходные данные с обозначениями на английском языке.

Например: Gokhberg L., Kuznetsova T. (2011) Strategiya-2020: novye kontury rossiiskoi innovatsionnoi politiki [Strategy 2020: New Outlines of Innovation Policy]. *Foresight-Russia*, vol. 5, no 4, pp. 8–30.

Стиль оформления Романизированного списка литературы из источников на английском (другом иностранном) языке для естественнонаучных и технических направлений – Chicago Style (www.chicagomanualofstyle.org).

Cramer W., Bondeau A., Woodward F.I., Prentice I.C., Betts R.A., Brovkin V., Cox P.M., Fisher V., Foley J.A., Friend A.D., Kucharik C., Lomas M.R., Ramankutty N., Sitch S., Smith B., White A., Young-Molling C. (2001) Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: Results from six dynamic global vegetation models. *Glob. Change Biol.*, vol. 7, pp. 357–373.

В данном разделе необходимо учесть:

- Цитируются основные научные публикации, передовые методы исследования, которые применяются в данной области науки и на которых основана работа автора.
- Избегайте чрезмерных самоцитирований.
- Избегайте чрезмерных ссылок на публикации авторов СНГ/СССР, используйте мировой опыт (Pubmed, Web of Science). Не следует ссылаться на энциклопедии, монографии, диссертации и материалы, на которые нет общего доступа.
- Библиографический список должен содержать фундаментальные и наиболее актуальные труды, опубликованные известными зарубежными авторами и исследователями по теме статьи.

Стоимость публикации – 2000 тенге/страница

Реквизиты:

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный университет имени Аль-Фараби»

Индекс 050040

адрес: г. Алматы, пр. аль-Фараби 71

БИН 990140001154

КБЕ 16

АО «First Heartland Jýsan Bank»

ИИК KZ19998СТВ0000567141 – тенге

ИИК KZ40998СТВ0000567151 – USD

БИК TSESKZKA

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

1-бөлім Ботаника	Section 1 Botany	Раздел 1 Ботаника
<i>З.М. Сергазинова, А.С. Чашин, А.Т. Толеужанова</i> Оценка состояния зеленых насаждений территорий парков города Аксу (Павлодарская область) 4		
<i>Е.В. Рахимова, А.А. Аметов, А.Д. Мырзахан</i> Изучение разнообразия лишайников хребта Чулак 15		
<i>Б.А. Туралин, А.Н. Курприянов, К.Т. Абидулова, А.Н. Телеуов, С.Т. Сырымбетов, Г.Б. Адманова, Ж.И. Қуанбай, А. Абдукаримов, А.Ж. Чилдибаева</i> Ақтөбе облысында <i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nuttall) Fresenius (Asteraceae) алғашқы табылымы 27		
<i>А.Б. Достемесова, К.С. Избастина, С.К. Мухтубаева, М.Ж. Жумагул, Ж.А. Абдукадинова, Г.С. Мұқан, А.К. Жанбырбаева</i> Күңгей Алатауы жағдайында <i>Chelidonium majus</i> L. дәрілік түрінің қатысуымен өсімдік жамылғысының эталондық учаскелерін зерттеу 38		
<i>А.Н. Sarsenova, S.A. Abiev, T.E. Darbayeva, G.A. Nam, G.S. Kaisagaliyeva, N.A. Utarbayeva</i> Diversity of macromycetes of ravine birch forests on the left bank of the Ural river within the West Kazakhstan region 55		
2-бөлім Микробиология	Section 2 Microbiology	Раздел 2 Микробиология
<i>А.А. Сартаева, З. Оразаева, Э.М. Иманова, Э.А. Кырбасова, М.Х. Парманбекова, Р.Ж. Бержанова, Г.У. Байташева</i> Морфофизиологические особенности лактозосбраживающих дрожжей, выделенных из кисломолочных продуктов смешанного брожения 68		
3-бөлім Молекулалық биология және генетика	Section 3 Molecular biology and genetics	Раздел 3 Молекулярная биология и генетика
<i>N.Zh. Karimov, A.N. Karimov, V.A. Ulyanov, T.V. Ulyanova, I.S. Beishova, T.Zh. Chortonbaev</i> Sequencing of candidate genes associated with valuable agricultural traits in sheep of kazakh selection 80		
<i>P.T. Кенжебекова, А.С. Мендыбаева, А.И. Капытина, Д.А. Гриценко</i> Распространение смешанных вирусных инфекций картофеля в Алматинской области Казахстана 91		
4-бөлім Гидробиология	Section 4 Hydrobiology	Раздел 4 Гидробиология
<i>Ye.M. Argynbayeva, S.S. Barinova, G.Zh. Ormanova</i> Characteristics of the modern taxonomic composition of the phytoplankton in the Kazakhstan part of the Irtysh river 102		
4-бөлім Зоология	Section 4 Zoology	Раздел 4 Зоология
<i>П.А. Есенбекова, Х.Ф. Қорғанбек</i> Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның ағаш жартылай қаттықанаттылары (Hemiptera, Heteroptera) 116		
<i>Н.С. Сиханова, И.И. Рахимов, Д.Д. Орынбеков, Е.А. Шынбергенев</i> Қазақстанның оңтүстік-батысындағы урбандалған аумақтардың құстар фаунасы (Қызылорда қаласы мысалында) 128		

6-бөлім
Биотехнология

Section 6
Biotechnology

Раздел 6
Биотехнология

A.A. Nurzhanova, V.V. Pidlisnyuk, A.S. Nurmagambetova, Zh. Zhumasheva, A.A. Mamirova
Novel phyto plant of pop-pesticides: energy crop *Miscanthus Sinensis*..... 140

M.M. Kaverina, R.M. Ualiyeva, A.I. Syso, A.U. Tuyakbayeva, S.B. Zhangazin
Morphometric parameters and leaf ash content of tree plants: indication of technogenic load in the conditions of an industrial region 153

Шолу мақалалар

Review articles

Обзорные статьи

G.T. Ситпаева, Л.М. Грудзинская
История формирования и аналитический обзор коллекционных фондов Главного ботанического сада (г. Алматы)..... 164

S.Zh. Khaidarov, E. Tulman
Perspectives of biotechnological development in Kazakhstan in terms of monoclonal and other recombinant antibodies and vaccines against SARS-COV2..... 173

Авторларға арналған мәлімет 189