

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 (95)

Алматы
“Қазақ университеті”
2023



ХАБАРШЫ

БИОЛОГИЯ СЕРИЯСЫ №2 (95) 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

Сапарғалиева Н.С., б.ғ.к. (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)
Конусбаева Г.С., PhD, профессор (Қазақстан)
Мухитдинов Н.М., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Нуртазин С.Т., б.ғ.д., профессор (Қазақстан)
Туруспеков 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)
Курмашева 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)
Құрманғалиев Е., PhD (США)

ТЕХНИКАЛЫҚ ХАТШЫ

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

Компьютерде беттеген
Айгүл Алдашева

Пішімі 60x84/16. Көлемі 14,0 б.т. Тапсырыс № 1411.
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің
“Қазақ университеті” баспа үйі.
050040, Алматы қаласы, әл-Фараби даңғылы, 71.

ШОЛУ МАҚАЛАСЫ



REVIEW ARTICLES



ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

Г.А. Баянды^{*1} , Н.Н. Ахметсадыков² , А.К. Бисенбаев¹ 

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

² НПП «Антиген», Казахстан, Алматинская область, Карасайская область, п. Абай

*e-mail: bayandy.gulshat92@gmail.com

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРУСА БЕШЕНСТВА, ПАТОГЕНЕЗ И ДОСТИЖЕНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ И РАЗРАБОТКЕ СРЕДСТВ БОРЬБЫ

Бешенство известно как самая смертоносная вирусная инфекция, встречающаяся во всем мире среди различных носителей, с почти 100% летальностью при появлении симптомов. Бешенство по-прежнему эндемично в более чем 150 странах и территориях, наносит ежегодный экономический ущерб в размере около 8,6 млрд. долларов США и продолжает уносить жизни примерно 40 000–70 000 человек в год, примерно 40% из которых составляют дети. Опасность бешенства заключается в том, что до сих пор не найдено эффективного лечения, и болезнь обычно приводит к летальному исходу. Большинство этих смертей происходит в странах с ограниченными ресурсами, где отсутствие инфраструктуры препятствует своевременному оповещению и постконтактной профилактике, а повсеместное распространение домашних и диких животных-хозяев делает искоренение маловероятным. Проблема бешенства в Казахстане остается нерешенной, постоянно обнаруживаются новые очаги бешенства и требует улучшения качества профилактических мер. В этом обзоре основное внимание уделяется вопросам, связанным с молекулярно-генетической характеристикой вируса бешенства, патогенезом, а также распространением бешенства в мире и Казахстане. Подробно описаны результаты исследования по разработке антирабических лекарственных препаратов и методов диагностики.

Ключевые слова: вирус бешенства, гликопротеин G, антирабический иммуноглобулин.

G.A. Bayandy^{1,*}, N.N. Akhmetsadykov², A.K. Bisenbaev¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²SPE «Antigen», Kazakhstan, Almaty region, Karasai region, Abay village

*e-mail: bayandy.gulshat92@gmail.com

Molecular genetic characteristics of the rabies virus, pathogenesis and achievements in the diagnosis and development of control tools

Rabies occurs worldwide in a variety of reservoir animals and is known to be the most deadly viral infection with nearly 100% fatality after symptom onset. Rabies is still endemic in more than 150 countries and territories, resulting in an annual economic loss of about US\$8.6 billion and continues to kill an estimated 40,000–70,000 people a year, approximately 40% of which are children. The danger of rabies lies in the fact that no effective treatment has yet been found and the disease is usually fatal. Most of these deaths occur in countries with limited resources, where a lack of infrastructure hinders early warning and post-exposure prophylaxis, and the ubiquity of domestic and wild animal hosts makes eradication unlikely. The problem of rabies in Kazakhstan remains unresolved, natural foci of the disease are constantly recorded, which requires more effective measures to prevent and combat rabies. This review focuses on issues related to the molecular genetic characterization of the rabies virus, pathogenesis, and the spread of rabies in the world and Kazakhstan. The results of a study on the development of anti-rabies drugs and diagnostic methods are described in detail.

Key words: rabies virus, glycoprotein G, anti-rabies immunoglobulin.

Г.А. Баянды^{1*}, Н.Н. Ахметсадыков², А.К. Бисенбаев¹

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

²«Антиген» ҒӨК, Қазақстан, Алматы облысы, Карасай ауданы, Абай а.

*e-mail: bayandy.gulshat92@gmail.com

Құтыру вирусының молекулярлы-генетикалық сипаттамасы, патогенезі және оны диагностикалау мен күресу құралдарын әзірлеудегі жетістіктер

Құтыру бүкіл әлемде әртүрлі жануарлардың арасында кездесетін және ауру симптомдары басталғаннан кейін 100%-ға жуық өліммен аяқталатын ең қауіпті вирустық инфекция болып табылады. Құтыру әлі де 150-ден астам елдер мен аумақтарда эндемиялық сипатқа ие, бұл жыл сайын шамамен 8,6 миллиард АҚШ долларын құрайтын экономикалық шығындарға әкеледі және жылына шамамен 40 000-70 000 адамның өмірін қияды, олардың шамамен 40%-ы балалар. Құтырудың әлі күнге дейін тиісті емі табылмауы мен соңы өлімге алып келеуі себебінен оны әлемдегі ең қауіпті аурулардың қатарына жатқызады. Құтырудан болатын өлімдердің көпшілігі ресурстары шектеулі елдерде орын алады, мұнда инфрақұрылымның нашар дамуы халықты уақтылы ескертуге және вируспен байланыстан кейінгі профилактикаға кедергі келтіреді, ал үй жануарлары мен жабайы жануарлардың кең таралуы вирусты толығымен жоюды қиындатады. Қазақстанда құтыру проблемасы әлі де шешілмеген күйінде қалып отыр, аурудың табиғи ошақтары үнемі тіркеліп отырады, бұл құтырудың алдын алу және оған қарсы күрес шараларының сапасын арттыруды талап етеді. Бұл шолуда құтыру вирусының молекулалық-генетикалық сипаттамасына, патогенезіне, сондай-ақ әлемде және Қазақстанда құтырудың таралуына байланысты мәселелерге назар аударылады. Құтыруға қарсы препараттар мен диагностикалық әдістерді әзірлеу бойынша зерттеу нәтижелері егжей-тегжейлі сипатталған.

Түйін сөздер: құтыру вирусы, G гликопротеині, антирабиялық иммуноглобулин.

Введение

Бешенство (гидрофобия) – один из древних и опасных заболеваний человека и животных. Возбудитель – вирус бешенства (RABV), вызывает острую инфекцию центральной нервной системы. По классификации Международного Комитета по таксономии вирусов, RABV относится к РНК-содержащим вирусам семейства *Rhabdoviridae* и относится к роду *Lyssavirus* [1,2]. Наиболее часто он передается человеку через слюну зараженного животного после укуса. Собаки, еноты, скунсы, летучие мыши и лисы являются животными, которые чаще всего заражаются бешенством, в то время как на домашних собак приходится более 99% всех случаев смерти людей от бешенства [3]. По данным ВОЗ, бешенство является пятым наиболее экономически опасным инфекционным заболеванием [4,5]. Заражение RABV можно предотвратить с помощью вакцинации, и даже если люди подвергаются воздействию вируса через укушенные раны, постконтактная профилактика во многих случаях предотвращает начало заболевания. При наиболее тяжелых укусах рекомендуется введение антирабического иммуноглобулина в качестве начального лечения пострадавшего после контакта с бешенством [6].

Несмотря на то, что первые эффективные вакцины против бешенства были разработаны много лет назад, бешенство человека остается одним из самых смертоносных инфекционных заболеваний для всего человечества. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, от бешенства ежегодно умирает около 60 000 человек, 96% из которых приходится на Азию и Африку, а ежегодные экономические потери составляют примерно 8,6 миллиарда долларов. [7,8]. Кроме этого, ежегодно до 6,5 млн человек получают постэкспозиционные антирабические иммуноглобулины. Всемирная организация по охране здоровья животных (МЭБ) установила 2030 год в качестве срока искоренения бешенства, которое до сих пор остается самой серьезной проблемой в слабо-развитых странах [9].

Профилактика бешенства у людей зависит от комбинации вмешательств. К ним относятся обеспечение постконтактной профилактики (ПКП) пациентов, предэкспозиционная иммунизация людей с высоким риском заражения, борьба с инфекцией в животных резервуарах и контроль над популяциями собак и диких животных [10]. Хотя бешенство можно предотвратить, высокая стоимость вакцин, усугубляемая отсутствием образования и осведомленности о

заболевании, ограничивает использование ПКП. Недавние исследования показывают, что большинство пациентов стали жертвами бешенства из-за небрежности, неосведомленности или неадекватной доступности услуг первичной медико-санитарной помощи [11].

Молекулярно-генетическая характеристика вируса бешенства

Вирус бешенства относится к роду лиссавирусов из семейства *Rhabdoviridae*. Существует семь признанных генотипов лиссавирусов, определенных на основе их генетического сходства:

вирус бешенства (генотип 1), вирус летучих мышей Лагос (генотип 2), вирус Мокола (генотип 3), вирус Дювенхаге (генотип 4), лиссавирус европейских летучих мышей типа 1 (генотип 5), европейский лиссавирус летучих мышей типа 2 (генотип 6) и австралийский лиссавирус летучих мышей (генотип 7) [12]. У летучих мышей Евразии также недавно были обнаружены четыре новых генотипа: араванский, худжандский, иркутский и западно-кавказский [13]. Большинство случаев заражения бешенством и летальных исходов как у животных, так и у людей вызвано генотипом 1, классическим вирусом бешенства (таблица 1).

Таблица 1 – Описание штаммов вируса бешенства [14]

Тип вируса	Характеристика
Уличный вирус бешенства	изолят от инфицированного естественным путем животного, например собаки или лисы.
Фиксированный вирус бешенства	вирус бешенства, пассированный в тканевой культуре или на животных. Термин фиксированный указывает только на то, что стабилизировались инкубационный период и вирулентность вируса.
Патогенный вирус бешенства	штамм, который обычно вызывает бешенство после периферической инокуляции.
Аттенуированный вирус бешенства	штамм со значительно сниженной способностью вызывать бешенство после прививки животному
Нейротропный вирус бешенства	штамм, который преимущественно поражает первичные нейроны или линии нейрональных клеток
Ненейротропный вирус бешенства	штамм, который поражает нейрональные клетки на уровне, меньшем или равном уровню других типов клеток

Вирионы вируса бешенства имеют пулевидную форму диаметром 75 нм и длиной 100–430 нм в зависимости от штамма. Один конец конический, а другой плоский (рис. 1б). На наружной поверхности вирусной частицы имеются выступы в виде шипов длиной 10 нм, которые прикреплены к двуслойной липидной оболочке [15]. RABV является прототипом нейротропного вируса и имеет небольшой геном с отрицательной цепью РНК размером около 12 т.п.н., который кодирует пять белков: нуклеокапсидный белок (N), фосфопротеин (P), матричный белок (M), гликопротеин (G) и РНК-зависимую РНК-полимеразу (L) [2]. Гены кодирующие эти белки в геноме расположены в следующем порядке 3'-N-P-M-G-L-5' (рисунок 1 А). Среди всех видов и штаммов лиссавирусов, N, M и L белки сходны по структуре и длине, тогда как длина P белка и цитоплазматического домена G белка варьируют [16]. Гены обычно разделены консер-

вативными нетранскрибируемыми межгенными областями (IGRs; рисунок 1 Б). Подобно всем РНК-вирусам с отрицательной цепью, РНК-геном плотно инкапсулирован в нуклеопротеин. Только инкапсулированная РНК, называемая рибонуклеопротеином (РНП), является функциональной матрицей для транскрипции и репликации.

N-белок из 450 аминокислот, который охватывает геном в соотношении один N-белок к девяти рибонуклеотидам, является вирусным РНК-связывающим белком. Длинные С-концевые внутренне неупорядоченные области белка (IDPR) и несколько более короткие IDPR составляют примерно 31% белка. Показано, что N-белок, который является наиболее активно экспрессирующимся белком во время инфекции [17], инкапсулирует вирусную геномную РНК, защищая ее от нуклеаз, и образует комплекс с P-белком во время репликации. P-белок RABV

связывается со свободным от РНК N-концом N-белка [18], тогда как N-конец Р-белка отвечает за его взаимодействия с РНК-связанным N-белком.

Белок Р представляет собой многофункциональный белок, состоящий из длинного неупорядоченного N-концевого домена (аминокислоты 1–90), центрального домена димеризации (DD, аминокислоты 91–133), неупорядоченного линкера (аминокислоты 134–185) и C-концевой домен (CTD, аминокислоты 185–297), содержащий большое количество сайтов связывания белков хозяина, а также вирусных белков [17]. Аминокислоты Р-белка в положениях 1–60 связываются с N-белком, что препятствует связыванию N-белка с неспецифической РНК хозяина, а аминокислоты Р-белка в положениях 11–50 активируют L-белок [18]. Транскрипция и репликация RABV зависят от связывания C-концевого домена белка Р с комплексом N/РНК. Белок Р участвует в синтезе вирусной РНК в качестве кофактора РНК-зависимой РНК-полимеразы (RdRp).

Белок М играет важную роль в сборке, морфогенезе и почковании дочерних вирусных частиц RABV, следовательно, рассматривается как существенный детерминант патогенности [19]. Аминокислота в положении 95 М-белка является цитопатическим детерминантом RABV и, как было показано, играет важную роль в разрушении клеточной мембраны [17, 19, 20]. Белок М взаимодействует с RNP и G-белком, участвуя связываний RNP к мембране клетки-хозяина и отпочковании инкапсулированных вирусных частиц даже в отсутствие G-белка.

Белок G вируса бешенства (RABV-G) является единственным белковым компонентом оболочки вируса и составляет более 40% от общего содержания белка в вирусе. Белок G (62–67 кДа) представляет собой вирусный гликопротеин типа I, состоящий из 505 аминокислот [21], и имеет от двух до четырех потенциальных сайтов N-гликозилирования, из которых только один или два являются гликозилированными, в зависимости от штамма вируса [22]. Также было показано, что G-белок ацетилирован в трансмембранном домене. G-белок можно разделить на три части: внеклеточный домен; трансмембранный домен; и цитоплазматический домен. Внеклеточный домен существует в виде гомо-тримера, каждый мономер которого содержит 439 аминокислотных остатков. Трансмембранный домен включает около 20 аминокислотных

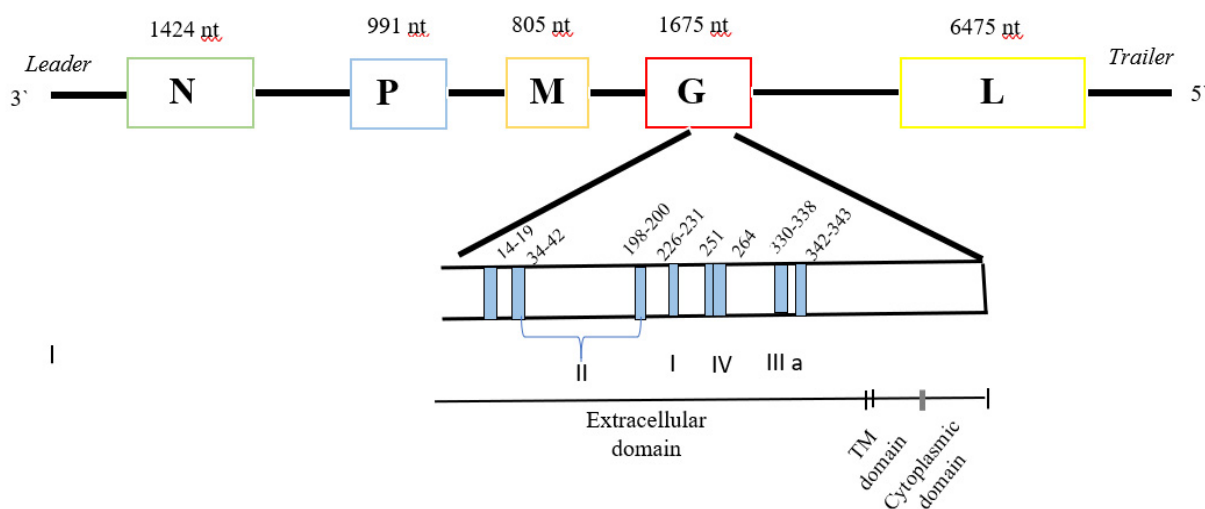
остатков (аминокислоты от 460 до 480 начиная с N-конца). Цитоплазматический домен состоит из 44 аминокислот, которая находится в цитоплазме инфицированных клеток и взаимодействует с М-белками для завершения сборки вируса [23]. Внеклеточный домен RABV-G экспонируется на поверхности вирусной частицы и является единственной молекулой, которая распознает рецепторы на поверхности клетки-хозяина, что указывает на его критическую роль в патогенезе вируса и в качестве реальной точки-мишени для нейтрализующих антител [24]. Антигенная структура гликопротеина G вируса бешенства была первоначально определена в работе Lafon et al. [25]. Антигенные сайты идентифицировали с использованием разных мышинных моноклональных антител (Mab) и устойчивых к MAb вариантов вируса. С тех пор антигенные сайты были картированы путем идентификации аминокислотных мутаций в гликопротеине устойчивых к разным вариантам Mab [26]. Известные антигенные сайты гликопротеина G указаны на рисунке 2. Показано, что большинство MAb, нейтрализующих вирус бешенства, направлены против антигенного сайта II [26], который представляет собой прерывистый конформационный эпитоп, содержащий аминокислоты, находящиеся в положении от 34 до 42 аминокислоты и от 198 до 200 аминокислоты [27]. Антигенный сайт III представляет собой непрерывный конформационный эпитоп с 330 по 338 а.о. и содержит два заряженных остатка, K330 и R333, которые влияют на патогенность вируса [28]. Конформационный антигенный сайт I, расположенная в а.о. 226–231 [28], определялся только одним MAb. Известно, что антигенный сайт IV содержит перекрывающиеся линейные эпитопы. Benmansour и др. [29] также описали наличие минорного сайта, расположенного в положениях с 342 по 343, который отличается от антигенного сайта III, несмотря на его непосредственную близость.

Белок L представляет собой многофункциональный белок, играющий важную роль в репликации и транскрипции вируса. Однако, функции L-белка менее исследованы. Белок L вместе с белком Р образует комплекс полимеразы и комплекс вирусного рибонуклеопротеина RNP вместе с белками N и Р, чтобы функционировать как вирусный RdRp и в конечном итоге контролировать репликацию и транскрипцию RABV [30]. Белки L и Р связываются с легкой цепью 1 динеина (DLC1), которая влияет на организацию микротрубочек и опосредует реорганизацию

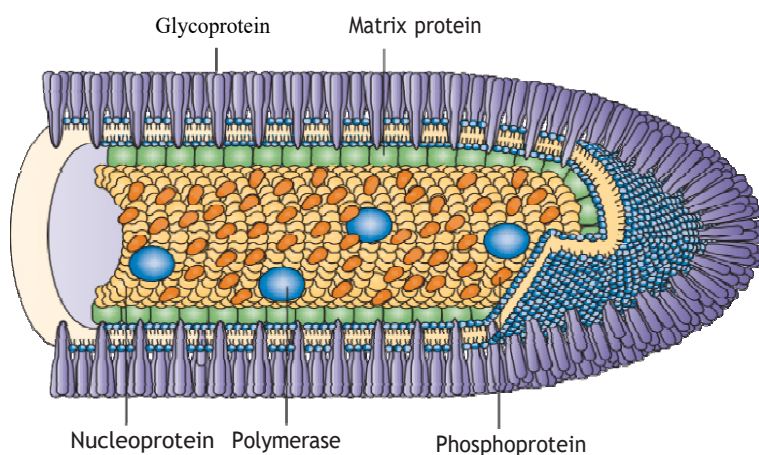
цитоскелета, чтобы облегчить транспорт вирусных компонентов внутри клеток для первичной транскрипции [31]. Tian и др. [32] мутировали четыре ключевых аминокислотных сайта, К (1685), D (1797), К (1829) и Е (1867), в консервативной тетрамерной области вируса везикулярного стоматита (VSV). В VSV белок L содержит консервативную каталитическую тетрамерную область К-D-K-E, которая функционирует в ос-

новном как N-7 и 2'-О-метилтрансфераза (МТаз) в процессе кэпирования вирусной мРНК. Они сконструировали серию рекомбинантных вирусов бешенства (rRABV) и показали, что К1685 и К1829 аминокислоты L белка более чувствительны к ингибированию экспрессии интерферона типа I, способствуя ускользанию от врожденного иммунитета в условиях *in vitro* и *in vivo* [32].

А



Б



А – расположение генов вируса бешенства, Б – вирион вируса бешенства

Рисунок 1 – строение вируса бешенства [14]

Таким образом, пять структурных белков N, P, M, G и L вируса бешенства (Таблица 2) играют жизненно важную роль в сборке зрелых вирусных частиц. Эти пять структурных

белков работают вместе, чтобы регулировать репликацию вируса, транскрипцию, инфекцию и уклонение от иммунного ответа хозяина.

Таблица 2 – Структурные белки вируса бешенства

Белок	Размер, а.о.	Молекулярная масса, кДа	Функция	Ссылка
Нуклеопротеин (N-белок)	450	55	контролирует процессы репликации и транскрипции	[15]
Матриксный белок (M-белок)	202	26	обеспечивает связь между гликопротеином и нуклеокапсидом.	[15, 33]
Фосфопротеин (P-белок)	297		участвует в инициации процессов транскрипции и репликации РНК ВБ	[15]
РНК-зависимая РНК-полимераза (L-белок)	2142	190	транскрипция вирусного генома	[33]
Гликопротеин (G-белок)	505	67	является главным поверхностным белком вируса бешенства, ответственным за выработку вируснейтрализующих антител; участвует в формировании функциональной целостности белка	[34]

Патогенез

Распространенным путем передачи бешенства к человеку является укус или заражение царапин слюной животного, зараженной вирусом [33]. Риск заражения бешенством при укусе как минимум в 50 раз выше, чем при царапинах. Инкубационный период варьирует от 5 дней до нескольких лет (обычно 2–3 месяца, редко более 1 года) в зависимости от количества вируса в инокуляте [34]. Клинические признаки можно разделить на пять стадий: инкубационный период; продромальный период; острая неврологическая фаза; кома; и смерть [35, 36]. Бешенство человека может проявляться либо в энцефалитической (яростной), либо в паралитической (немой) формах [37].

Основной биологической функцией G-белка является проникновение в клетку посредством взаимодействия с рецепторами RABV, такими как никотиновые ацетилхолиновые рецепторы (nAChR), молекула адгезии нейронов (NCAM1; UniProt ID: P13591), низкоаффинный рецептор нейротрофина p75 (p75NTR, также известный как член суперсемейства рецепторов фактора некроза опухоли 16; UniProt ID: P08138) и метаботропный глутаматный рецептор подтипа 2 (mGluR2; UniProt ID: Q14416) [24,38]. nAChR состоит из пяти субъединиц, расположенных симметрично вокруг центральной поры. Известно, что нейрональные подтипы nAChR (которые служат рецепторами G-белка RABV) существуют в виде различных гомомерных или гетеромерных комбинаций двенадцати различных субъ-

диниц никотиновых рецепторов: α_2 - α_{10} и β_2 - β_4 (при этом некоторые из подтипов nAChR нейронов представляют собой $(\alpha_4)_3(\beta_2)_2$, $(\alpha_4)_2(\beta_2)_3$, $(\alpha_3)_2(\beta_4)_3$, $\alpha_4\alpha_6\beta_3(\beta_2)_2$ и $(\alpha_7)_5$). Следовательно, существует множество возможностей для связывания G-белка с nAChR. Установлено физическое взаимодействие никотинового ацетилхолинового рецептора альфа-1 (nAChR α_1 или CHRNA1; UniProt ID: P02708) [24,39] и nAChR α_7 (CHRNA7, UniProt ID: P36544) [40] с G-белком RABV. Кроме того, G-белок может связываться с прикрепленным к микротрубочкам серин/треониновой протеинкиназой 1 и 2 клетки хозяина (MAST1 (UniProt ID: Q9Y2H9) и MAST2 (UniProt ID: Q6P0Q8) соответственно), тирозин-протеинфосфатазой не рецепторного типа 4 (PTPN4; UniProt ID: P29074), белком с множественными доменами PDZ (MPDZ; UniProt ID: O75970) и синаптосомально-ассоциированным белком 25 (SNAP25; UniProt ID: P60880) [41].

Вирус бешенства проникает в клетки-хозяева через эндосомальный путь после прикрепления к рецептору. Низкий pH внутри эндосомы запускает сварку мембран, что позволяет вирусной ДНК проникать в цитозоль. Гликопротеин G, необходимый для патогенеза, катализирует как слияние мембран, так и связывание с рецепторами [42]. Вся активность транскрипции и репликации происходит в цитоплазме, в тельце Негри, специализированной «вирусной фабрике» [43].

Первым этапом цикла репликации является транскрипция вирусного генома. Комплекс полимеразы LP входит в нуклеокапсид на 3'-конце и начинает транскрипцию с образованием

короткой молекулы РНК, лидерной РНК, которая не является ни экпированной, ни полиаденилированной. После остановки транскрипции полимеразы перезапускает транскрипцию нуклеопротеиновой мРНК, которая блокируется и полиаденилируется вирусным полимеразным комплексом. Затем продуцируются мРНК для N, P, матричного белка, гликопротеина и L белка [43,44]. Эти комплементарные или кРНК также инкапсулируются с нуклеопротеином и связываются с комплексом LP. Они используются в качестве матриц для создания новых геномов РНК с отрицательной цепью для образования новых вирусов.

RABV может реплицироваться в мышцах или других местных тканях после воздействия и получает доступ к моторным концевым пластинкам и двигательным аксонам для достижения центральной нервной системы.

При естественных инфекциях нейроинвазия RABV происходит через синаптическую щель в нервно-мышечном синапсе. Наиболее веские ранние доказательства этого были получены, когда было обнаружено белок-белковое взаимодействие между RABV и nAChR, что сделало nAChR первым известным клеточным рецептором RABV [45, 18]. nAChR представляет собой широко распространенный рецептор в периферической нервной системе, расположенный на постсинаптической мембране нервно-мышечного синапса [47]. Открытие взаимодействия между nAChR и RABV далее было подтверждено данными иммунофлуоресценции и электронной микроскопии, которые показали фиксированную локализацию RABV в нервно-мышечном синапсе в условиях *in vivo* [18, 47]. Следует отметить, что nAChR располагается на постсинаптических мышечных мембранах, а не на пресинаптических нервных мембранах, как первоначально предполагалось. Это указывает на то, что RABV сохраняет стратегию локальной репликации в мышцах до нейроинвазии. Концентрация вируса в нервно-мышечном синапсе может увеличить вероятность проникновения вируса в ЦНС. Этим также можно объяснить длительные инкубационные периоды естественной инфекции RABV, во время которых в мышечных клетках может возникать латентная стадия или стадия низкой репликации RABV. Такая гипотеза подтверждается экспериментами, в которых репликация RABV уличного вируса происходила в условиях *in vivo*, несмотря на денервацию инокулированной мышцы [48, 49]. Однако проникновение

RABV с периферии в ЦНС без предварительной локальной репликации также наблюдалось у лабораторных животных, привитых фиксированным RABV [46].

Считается, что RABV проникает в нервную систему исключительно через первичные двигательные нейроны, а не через сенсорные или вегетативные нейроны [18]. Транснейронное отслеживание RABV предоставило достаточно доказательств в пользу этой гипотезы. Например, фиксированные штаммы вируса бешенства использовали для картирования мышц, контролирующей движение глаз у морских свинок [50], лицевых и луковично-губчатых мышц крыс [51] и двигательной иннервации мышц рук приматов [52]. В этих исследованиях было обнаружено, что RABV маркирует только двигательные нейроны. Однако эта гипотеза противоречит результатам полученных в других исследованиях. После внутримышечного введения мышам фиксированного штамма RABV в другой группе было обнаружено одновременное инфицирование сенсорных и двигательных нейронов в ранние сроки после заражения. В другом исследовании, в котором фиксированный RABV был инокулирован в подушечку лапы мыши, был обнаружен антиген RABV в сенсорных нейронах ганглия задних корешков [18].

Исследования со стандартным штаммом вируса бешенства с фиксированным контрольным заражением в кокультурах спинного мозга и мышц цыплят показали, что нервно-мышечное соединение является основным местом проникновения в нейроны [53]. Транспорт от периферических нервов к ЦНС происходит с довольно постоянной скоростью 8-20 мм/день, и время зависит от расстояния места инокуляции от ЦНС [54].

После того, как вирус достигает ЦНС, происходит быстрая диссеминация. Независимо от клинических проявлений или места укуса, вирус бешенства в первую очередь обнаруживается в стволе головного мозга, таламусе, базальных ганглиях и спинном мозге. Смерть наступает через 7-10 дней после появления клинических признаков, если не оказывается интенсивная терапия. [54].

Современные особенности распространение бешенства в мире и в Казахстане

На проявление бешенства в современных условиях оказывают значительное воздействие

природные и хозяйственно-экономические факторы. Интенсивность его проявления во времени почти никогда не бывает равномерной. Изменения численности животных носят как случайный и предсказуемый сезонный, так и циклический характер. Эти модификации являются одним из наиболее важных аспектов эпизоотической фазы бешенства.

К бешенству восприимчивы все виды млекопитающих, хотя первичными переносчиками вируса являются плотоядные. В то время как бродячие собаки в городских районах Южного полушария являются основной причиной вспышек бешенства, в северном полушарии бешенство в первую очередь является болезнью лесных животных. [55].

Бешенство распространено практически по всему миру, за исключением некоторых островных государств (Австралия, Великобритания, Ирландия, Новая Зеландия, Япония) и Антарктиды. До настоящего времени бешенство остается одним из самых опасных заболеваний, от которого ежегодно погибает на планете 60000 человек и 1 млн животных [56].

Азиатский континент насчитывает большинство зарегистрированных в мире случаев бешенства у человека и животных, где основной процент составляет Индия (Рисунок 3). В регионе Юго-Восточной Азии в Всемирной организации здравоохранения насчитывается одиннадцать государств-членов (Бангладеш, Бутан, Корейская Народно-Демократическая Республика, Индия, Индонезия, Мальдивы, Мьянма, Непал, Шри-Ланка, Таиланд, Тимор-Лешти), восемь из которых являются эндемичными по бешенству. Более 1,4 миллиарда человек в Регионе подвержены риску заражения бешенством, и примерно 45% случаев смерти от бешенства в мире приходится на Азию [57].

В настоящее время только несколько стран Азии, включая Японию, Сингапур и Тайвань, свободны от бешенства. Доказательства возможности элиминации бешенства, передаваемого собаками, были продемонстрированы в таких странах Азии, как Сингапур и Малайзия. Считается, что строгое соблюдение правил и политика регистрации собак, вакцинация и управление популяцией собак сделали контроль и искоренение бешенства эффективными в этих странах. Малайзия граничит с Таиландом, и концепция иммунного пояса

была разработана путем лицензирования собак и обязательной вакцинации собак, а также систематического уничтожения невакцинированных собак в буферной зоне для предотвращения проникновения бешенства с северной границы [58].

На большей территории Африки регистрируется и представляет реальную угрозу человеку и сельскохозяйственным животным бешенство собак, на которое приходится свыше 90% случаев. Ежегодно в Африке от бешенства погибает около 25000 человек, причем примерно 1 человек умирает каждые 20 минут. Дети больше всего страдают от этой болезни: 4 из каждых 10 смертей приходится на детей в возрасте до 15 лет [59]. Эти цифры доказывают что бешенство связано с бедностью, плохой системой здравоохранения и отсутствием образования. Население часто не осведомлено о риске заражения бешенством и о том, что делать в случае укуса собаки. В странах Африки к югу от Сахары отсутствуют центры профилактики бешенства, где пострадавшие от укусов могут получить жизненно важные биологические препараты (вакцину и иммуноглобулин) [60].

За последнее столетие произошли существенные изменения в заболеваемости бешенством в Европе. Некоторые европейские страны искоренили и в настоящее время свободны от собачьего бешенства путем вакцинации домашних животных и истребления волков и бездомных собак. Однако рыжие лисы стали основным хозяином, резервуаром и переносчиком бешенства в середине 20 века, когда вирус бешенства адаптировался к лисам. В результате были созданы новые природные очаги заражения бешенством. В целях предотвращения распространения лисьего бешенства в Европе развернулась компания по борьбе с бешенством лис, включающая в себя две стратегии: уничтожение и оральная вакцинация лис. После сравнения различных подходов было обнаружено, что оральная вакцинация эффективна для искоренения бешенства даже в среде с растущими популяциями лисиц. [61]. К 2020 году ЕС хотел полностью искоренить бешенство как среди домашних, так и среди диких животных. Какой бы достижимой ни казалась цель, два члена ЕС, Польша и Румыния, подтвердили в 2020 году, что болезнь все еще присутствует в восточной половине ЕС. [9].

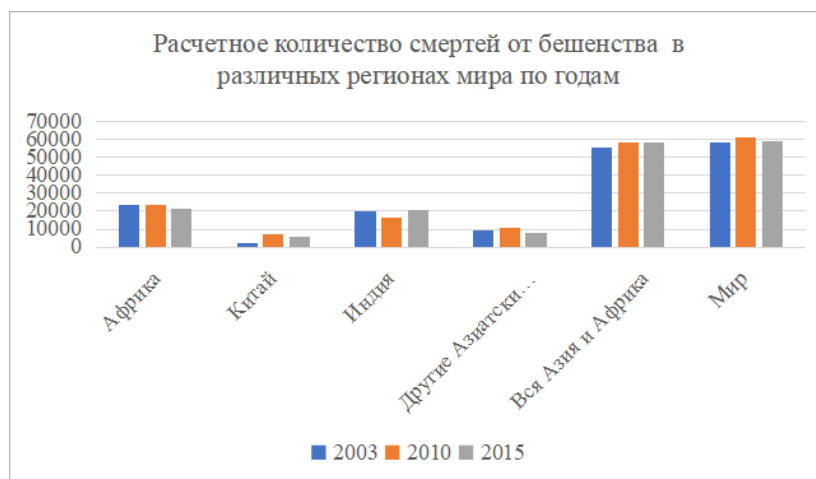


Рисунок 3 – Расчетное количество смертей от бешенства (с доверительным интервалом 95 %) в различных регионах мира (*без учета стран Центральной Азии) [4]

Эпидемиология бешенства в Северной Америке отличается от эпидемиологии в Африке и Азии, где > 99% зарегистрированных случаев смерти людей от бешенства связаны с собаками. Только наземные мезохищники и летучие мыши до сих пор являются резервуарами лиссавируса бешенства в Соединенных Штатах, поскольку собачье бешенство там ликвидировано. Среди животных, которые составляют наземный резервуар Пуэрто-Рико, есть скунсы, лисы, еноты и маленькие индийские мангусты. В США бешенство регистрируется от одного до трех случаев заболевания людей каждый год, при этом взаимодействие с летучими мышами составляет большинство этих случаев. [62].

Проблема бешенства более серьезна в Латинской Америке, чем в США. С помощью Панамериканской организации здравоохранения в 1983 году в Латинской Америке и Карибском бассейне были запущены скоординированные инициативы по искоренению бешенства среди людей, вызванного укусами собак. Эти инициативы привели к снижению распространенности бешенства среди людей и собак на 90%. В Боливии, Гватемале, Гаити и Доминиканской Республике в 2017 году было зарегистрировано всего 19 случаев. [63].

Населению Казахстана серьезно угрожает человеческое бешенство. Снижения заболеваемости животных не наблюдалось, несмотря на существование программ вакцинации сельскохозяйственных животных, домашних собак, кошек и домашнего скота, а также ограниченную

программу вакцинации лисиц путем раздачи пропитанных вакциной приманок [67]. Согласно ранее опубликованным данным, в период с 2007 по 2011 год было зарегистрировано 44 случая бешенства среди людей, или в среднем 9 смертельных исходов в год. В 2010 году на миллион человек приходилось 3700 укусов собак, а в 2011 году на миллион человек приходилось 4130 укусов собак. [64, 65].

Проблема бешенства в Казахстане остается нерешенной, постоянно регистрируются природные очаги заболевания, что требует повышения эффективности мер профилактики и борьбы с бешенством.

Методы диагностики бешенства

Выявление инфекции бешенством до появления клинических симптомов заболевания невозможно с помощью используемых в настоящее время методов диагностики, и до тех пор, пока не проявятся определенные симптомы бешенства, такие как гидрофобия или аэрофобия, диагностика может быть затруднена. Используя различные диагностические методы, предназначенные для обнаружения полного вируса, вирусных антигенов или нуклеиновых кислот в инфицированных тканях (мозг, кожа или слюна), можно диагностировать бешенство у людей как прижизненно, так и посмертно.

У животных бешенство диагностируют с помощью прямого теста на флуоресцентные

антитела (МФА), который определяет наличие антигенов вируса бешенства в тканях головного мозга (Таблица 3) [66].

Обнаружение вирусной РНК с помощью молекулярных методов, как RT-PCR в настоящее

время не рекомендовано Всемирной организацией здравоохранения для обычной посмертной диагностики бешенства. Молекулярные методы применимы преимущественно для научных исследований.

Таблица 3 – Стандартные диагностические тесты на бешенство [4]

Виды (время испытаний)	Определение антигена		Определение РНК		Выделение вируса		Определение антител	
	Образец	Тест	Образец	Тест	Образец	Тест	Образец	Тест
Человек (предсм.)	Кожа/ фолликула волос	МФА	Кожа/ фолликула волос, Слюна, слезы, спинномозговая жидкость	ОТ-ПЦР	Слюна, слезы, Спинномозговая жидкость	выделение вируса бешенства в культуре клеток, выделение вируса бешенства на белых мышцах	Сыворотка, спинномозговая жидкость	ИФА
Человек (посмертно)	Мозг Кожа/ фолликула волос	МФА, прямой-экспресс иммуногистохимический тест	Мозг Кожа/ фолликула волос	ОТ-ПЦР	Мозг	выделение вируса бешенства в культуре клеток, выделение вируса бешенства на белых мышцах	НП	НП
Животное (посмертно)	Мозг	МФА, прямой-экспресс иммуногистохимический тест	Мозг	ОТ-ПЦР	Мозг	выделение вируса бешенства в культуре клеток, выделение вируса бешенства на белых мышцах	НП	НП

Для обнаружения антигена вируса бешенства также применяют твердофазный иммуноферментный анализ. При исследовании большого количества проб ИФА является более продуктивным методом по сравнению с МФА, кроме того, на результат ИФА не влияет качество исследуемого материала [67].

Выделение вируса бешенства в культуре клеток является одним из современных методов. Для выделения вируса бешенства из патологического материала также используют различные культуры клеток. Однако показано, что культура клеток мышинной нейробластомы (MNA, N-2a), а также клетки McCoу и CER более чувствительны к заражению ВБ, чем клетки почки сирийского хомяка (ВНК-21) и клетки фибросаркомы собаки (А-71). Для выделения уличного вируса в настоящее время используется культура клеток мышинной нейробластомы [68].

Выделение вируса бешенства на белых мышцах. Сущность метода заключается в выделении

вируса от больных, убитых или павших животных путем инокулирования патологического материала белым мышам и последующей его идентификацией. Результат биопробы, как положительный, так и отрицательный, должен быть подтвержден МФА или обнаружением телец включений у павших мышей или убитых во время агонии [67].

Антирабические лекарственные препараты: достижение и перспективы

К сожалению, в настоящее время не существует лекарства от болезни бешенства после появления клинических симптомов, и на сегодняшний день большинство случаев бешенства заканчивались смертельным исходом. Уникальный метод, известный как «постконтактная профилактика», позволяет практикующим врачам успешно избежать заражения бешенством даже после контакта с подозрительным животным. [69].

Согласно позиции ВОЗ основными компонентами постэкспозиционной профилактики являются: 1) курс иммунизации антирабической вакциной против бешенства, отвечающей рекомендациям ВОЗ; 2) Введение антирабического иммуноглобулина в качестве немедленного лечения пострадавшего при самых тяжёлых укусах (категория III) При проведении вакцинации для индукции гуморального ответа требуется время, и за это время вирус может достигать центральной нервной системе. Поэтому в схему ПЭП и добавляется введение антирабического иммуноглобулина, действие которого наступает практически с момента введения, так как препарат содержит готовые антирабические антитела.

Для пассивной иммунизации доступны три класса биопрепаратов: человеческий антирабический иммуноглобулин, лошадиный антирабический иммуноглобулин и высокоочищенные фрагменты $F(ab')_2$, полученные из лошадиного иммуноглобулина. Данные показывают, что ингибирующее действие пассивных антител на выработку активных антител обуславливает существование пассивных антирабических антител более 7 дней в крови иммунизированного иммуноглобулином человека, что снижает эффективность вакцинации [70]. Известно, что выработка активных антител начинается на седьмой день после введения вакцины, а период полувыведения человеческого антирабического иммуноглобулина составляет около 21 дня [71]. По этой причине иммуноглобулина нельзя вводить более чем через 7 дней после последней антирабической иммунизации.

На сегодняшний день в мире выпускаются три типа вакцин против бешенства человека:

- вакцины на основе клеточных культур: очищенная вакцина из куриных эмбрионов, очищенная вакцина Vero клеточная вакцина против бешенства и диплоидноклеточная вакцина человека, вакцина из утиных эмбрионов и вакцины из нервных тканей. ВОЗ рекомендует прекратить использование вакцин из нервных тканей, поскольку они вызывают тяжелые побочные реакции и менее иммуногенны, чем другие вакцины [4].

Развитие технологии обратной генетической манипуляции не только резко изменило и расширило область молекулярной биологии одноцепочечных РНК-вирусов с отрицательным смыслом, но и открыло новые возможности для изучения патогенности RABV, а также для разработки новых RABV-вакцин и новое поколе-

ние вакцинных векторов на основе RABV. По сравнению с традиционными инактивированными биопрепаратами рекомбинантный RABV с дефектами репликацией считается более безопасным и эффективным кандидатом на вакцину, которая, как ожидается, будет играть более широкую роль в профилактике, контроле и ликвидации бешенства. Morimoto et al. обнаружил, что RABV с удалением Р гена может реплицироваться и продуцировать вирусное потомство в клеточных линиях. Такой вирус не обладал патогенностью для взрослых мышей, даже когда был инокулирован в мозг мышей. Между тем, RABV с удалением Р гена индуцирует более высокие титры вирус нейтрализующих антител и защищает мышей от летального заражения штаммом CVS [72]. McGettigan et al. сконструировали репликационно-дефицитную RABV-вакцину, в которой был удален ген М, и у собак после введения этой вакцины не было обнаружено системной или местной реакции, при этом индуцировались быстрые и эффективные вирус нейтрализующие антитела [73]. Таким образом, ожидается, что конструкции RABV с удалением генов Р или М станут более безопасными альтернативами получению аттенуированных RABV-вакцин с использованием обратной генетической манипуляции.

В дополнение к мутациям сайтов или удалению вирусных генов, вставка проапоптотических генов и антивирусного гена, экспрессия воспалительных цитокинов и добавление вирусных генов могут быть дополнительными стратегиями для разработки новых вакцин-кандидатов. Réza Etessami et al. и др. [24] показали, что RABV, содержащий две копии гена G, увеличивает экспрессию вирус нейтрализующих антител. Faber et al. [74] обнаружили, что сверхэкспрессия G-белка рекомбинантного вируса SPBNGA-GA приводит к клеточному апоптозу и усилению противовирусных иммунных ответов. Tao et al. [75] установили обратную генетическую систему для штамма LEP и получили рекомбинантный вирус LEP, несущий два идентичных G-гена. Титр ВНА инактивированной вакцины, продуцируемой rLEP-G, у мышей и собак был значительно выше, чем у вакцины, полученной из LEP. Повышение уровня экспрессии G-белка в вакцинных штаммах может не только значительно снизить вероятность патогенности, но и значительно улучшить производственную мощность и биобезопасность, а также значительно снизить себестоимость продукции. Zhang et. al.

[76] конструировали рекомбинантную антирабическую вакцину против бешенства, в котором сливали гликопротеин G вируса RABV LBNCE с маленькими пептидами связывающиеся с дендритными клетками. Более высокий уровень ВНА были обнаружены у мышей привитых с рекомбинантным штаммом rLBNSE-DCCp по сравнению с отрицательным контролем. Так, Zhang et. al. предполагают, что экспрессия воспалительных цитокинов увеличивает эффект антирабической вакцины.

В настоящее время терапия наноантителами считается очень перспективной альтернативой для лечения сложных вирусных инфекций. Наноантитела – это вариабельный участок “тяжелопептидных антител”, которые обнаружены только у представителей семейства Верблюдовых и у хрящевых рыб. Наноантитела имеют ряд преимуществ, в том числе экономичность и простоту производства в больших количествах в бактериях, хорошую растворимость, устойчивость к значительным колебаниям температуры и pH, лучшее проникновение в ткани в условиях *in vivo* [77]. Он может не только заменить иммуноглобулины, но и открыть путь к радикальным изменениям в лечении бешенства.

Заключение

Большое разнообразие диких и домашних животных, пораженных бешенством, является одной из причин того, что бешенство все еще эндемично на большей части планеты. Его постоянное изменение также способствует распространению инфекции бешенства.

Искоренение природных очагов бешенства – очень сложная задача. Поэтому теоретические и практические задачи науки о бешенстве будут по-прежнему иметь большое значение. Главным препятствием в борьбе с бешенством во всех странах являются экономические проблемы. Но помимо них есть ряд других научных вопросов, которые должны быть решены в ближайшее время. Первый шагом является создание доступных и мощных вакцин для успешной борьбы с бешенством как у домашних, так и у диких животных. Также необходимо иметь более глубокое понимание того, как различные штаммы вируса бешенства сохраняются и передаются среди популяций животных, чтобы распознавать и предвидеть образование свежих резервуаров этой инфекции.

Литература

1. Fooks A.R, Banyard A.C., Ertl H.J. New human rabies vaccines in the pipeline // *Vaccine*. -2019.- № 37.- P. 140–145.
2. Yousaf M., Qasim M., Zia S., Rehman Khan M., Ur Ashfaq U., & Khan, S. Rabies molecular virology, diagnosis, prevention and treatment // *Virology Journal*.- 2012.- № 9(1). -P. 1-5.
3. World Health Organization experts. Expert consultation on rabies // WHO Technical Report Series 931. – Geneva: WHO, 2011. – P. 221-324.
4. Fooks, A. R., Cliquet, F., Finke, S., Freuling, C., Hemachudha, T., Mani, R. S., Banyard, A. C. Rabies // *Nature Reviews Disease Primers*.- 2017.-№ 3. – P. 1-19.
5. Servat A, Cliquet F. Mouse potency testing of rabies vaccines // *Cambridge (MA) Academic Press*; – 2015.- № 2. – P. 269–279.
6. Hampson K., Coudeville L., Lembo T., Sambo M., Kieffer A, Attlan M. et al. Estimating the global burden of endemic canine rabies // *Plos Negl. Trop. Dis*.-2015.-№ 9(4) – e0003709 – P. 356-369
7. Ahmad T, Musa T., Jin H. Rabies in asian countries: where we are stand? // *Biomed. Res. Ther.*, -2018. – № 5- P. 2719-2720.
8. Lojkić, I., Šimić, I., Bedeković, T., Krešić, N. Current status of rabies and its eradication in eastern and southeastern europe // *Pathogens*.-2021.-№ 10(6).-P. 742-765.
9. Lembo T. and partners. For rabies prevention. The blueprint for rabies prevention and control: A novel operational toolkit for rabies elimination // *Plos Negl Trop Dis* -2012.- №6 (2).-P. 325-338
10. Fooks A., Banyard A., Horton D. Et Al. Current status of rabies and prospects for elimination // *The Lancet*.-2014.-№ 384 (9951).-P. 1389-1399.
11. El-Tholoth, M., El-Beskawy, M., Hamed M. Identification and genetic characterization of rabies virus from egyptian water buffaloes (*bubalus bubalis*) bitten by a fox. // *Virusdisease*. – 2015.- № 26(3).-P. 141–146.
12. Botvinkin A., Poleschuk E., Kuzmin I., Borisova T., Gazarian S., Yager P., Rupprecht C. Novel lyssavirus isolated from bat in russia // *Emerg Infect Dis*.- 2003. – № 9(12) – P. 1623–1625.
13. Schnell M., Mcgettigan J., Wirblich C., Papaneri A. The cell biology of rabies virus: using stealth to reach the brain. // *Nature Reviews Microbiology*. -2009. – № 8(1).- P. 51–61.
14. Wunner W., Larson J., Dietzschold B., Smith C. The molecular biology of rabies viruses // *Clinical Infectious Diseases*. -1988. – Vol.10(4). – P. 771–784.

15. Marston D., McElhinney L., Johnson N., Muller T., Conzelmann K., Tordo N., Fooks A. Comparative analysis of the full genome sequence of European bat lyssavirus type 1 and type 2 with other lyssaviruses and evidence for a conserved transcription termination and polyadenylation motif in the G-L 30 non-translated region // *Gen. Virol.* – 2007. – № 88. – P. 1302–1314.
16. Yin, J., Wang, X., Mao, R., Zhang, Z., Gao, X., Luo, Y., Sun, Y. and Yin, X., 2021. Research advances on the interactions between rabies virus structural proteins and host target cells: accrued knowledge from the application of reverse genetics systems // *Viruses.* -2021.- №13(11). – P. 2288-2297.
17. Davis B., Rall G., Schnell M. Everything you always wanted to know about rabies virus (but were afraid to ask) // *Annual review of virology.* -2015.-№2(1).- P. 451
18. Finke S.; Granzow H.; Hurst J.; Pollin R.; Mettenleiter T. Intergenotypic replacement of lyssavirus matrix proteins demonstrates the role of lyssavirus m proteins in intracellular virus accumulation // *Journal of Virology.*- 2010.- № 84(4). – P. 1816–1827.
19. Finke S., Conzelmann K. Dissociation of rabies virus matrix protein functions in regulation of viral rna synthesis and virus assembly // *Journal of Virology.*- 2003.- № 77. – P. 12074–12082.
20. Ben Khalifa Y., Luco S., Besson B., Archambaud M., Grimes J., Larrous F., Bourhy H. The matrix protein of rabies virus binds to RelA/p3 to modulate NF-kappaB-dependent gene expression related to innate immunity // *Scientific Reports.* – 2016.- № 6(1). – P.1-13.
21. Fisher, C.R., Streicker, D.G. and Schnell, M.J. The spread and evolution of rabies virus: conquering new frontiers // *Nature Reviews Microbiology.*- 2018.- № 16(4).- P. 241-255.
22. Etesami R., Conzelmann K., Fadai-Ghotbi B., Natelson B., Tsiang H., Ceccaldi P. And pathogenic characteristics of a G-deficient rabies virus recombinant: An in vitro and in vivo study // *Journal of Virology.* – 2000. – № 81. – P. 2147–2153.
23. Dhulipala S. and Uversky V. Looking at the pathogenesis of the rabies lyssavirus strain pasteur vaccins through a prism of the disorder-based bioinformatics // *Biomolecules.* – 2022.- № 12(10).-P. 1436.
24. Lafon M, Wiktor TJ, Macfarlan RI. Antigenic sites on the CVS rabies virus glycoprotein: analysis with monoclonal antibodies // *Journal of General Virology.*- 1983.- № 64.- P. 843-851.
25. Smith S.P., Wu G., Fooks A.R., Ma J. and Banyard A.C. Trying to treat the untreatable experimental approaches to clear rabies virus infection from the CNS // *Journal of General Virology.* – 2019.- № 100(8).- P.1171-1186.
26. Kim P.K., Keum S.J., Osinubi M.O., Franka R., Shin J.Y., Park S.T., Kim M.S., Park M.J., Lee S.Y., Carson W., Greenberg L., Development and characterization of novel chimeric monoclonal antibodies for broad spectrum neutralization of rabies virus // *Plos one.* – 2017. № 12(10). – e0186380.
27. Marissen W.E., Kramer R.A., Rice A., Weldon W.C., Niezgodna M., Faber M., Slootstra J.W., Meloen, R.H., Clijsters-van der Horst M., Visser T., Jongeneelen, M. Novel rabies virus-neutralizing epitope recognized by human monoclonal antibody: fine mapping and escape mutant analysis // *Journal of Virology.* – 2005. – № 79(8). – P. 4672-4678.
28. Benmansour A., Leblois H., Coulon P., Tuffereau C., Gaudin Y., Flamand A., Lafay F. Antigenicity of rabies virus glycoprotein // *Journal of Virology.* – 1991. – № 65. – P. 4198–4203.
29. Katz I., Dias M., Lima I., Chaves L., Ribeiro O., Scheffer K., Iwai L. Large protein as a potential target for use in rabies diagnostics // *Acta Virol.* – 2017. – № 61.-P. 280–288.
30. Bauer A., Nolden T., Nemitz S., Perlson E., Finke S. Dynein light chain 1 binding motif in rabies virus polymerase 1 protein plays a role in microtubule reorganization and viral primary transcription // *Journal of Virology.* . – 2015.- № 89. – P. 9591–9600.
31. Tian D., Luo Z., Zhou M., Li M., Yu L., Wang C., Yuan J., Li F., Tian B., Sui, B.; et al. Critical Role of K1685 and K1829 in the large protein of rabies virus in viral pathogenicity and immune evasion. *J. Virol.* 2016, 90, 232–244.
32. Albertini A., Schoehn G, Weissenhorn W, Ruigrok R. Structural aspects of rabies virus replication // *Cell. Mol. Life Sci.* – 2008.- № 65(2).- P. 282–294.
33. Dietzschold B., Wiktor T.J., Macfarlan R., Varrichio A. Antigenic structure of rabies virus glycoprotein: ordering and immunological characterization of the large cnp cleavage fragments // *J. Virol.* – 1982. – Vol. 44. – P. 595–602.
34. Hemachudha T., Vinken P., Bruyn G, Klawans H. Rabies // *Handbook of clinical neurology.* – 1989.- P. 383–404.
35. Morimoto K., Patel M., Corisdeo S., Et Al. Characterization of a unique variant of bat rabies virus responsible for newly emerging human cases in north america // *Proc Natl Acad Sci USA.* – 1996. – № 93.- P. 5653–5658.
36. Hemachudha T., Laothamatas J., Rupprecht C. Human Rabies: A disease of complex neuropathogenetic mechanisms and diagnostic challenges // *The Lancet Neurology.* – 2002. – № 1(2). P. 101–109.
37. Wang J., Wang Z., Liu R., Shuai L., Wang X., Luo J., Wang C., Chen W., Wang X., Ge J., et al. Metabotropic glutamate receptor subtype 2 is a cellular receptor for rabies virus // *PLoS Pathogens.*-2018.-№ 14(7). – e1007189.
38. Sajjanar B., Dhusia K., Saxena S., Joshi V., Bisht D., Thakuria D., Manjunathareddy G., Ramteke P., Kumar S. Nicotinic acetylcholine receptor alpha 1(nAChR1) subunit peptides as potential antiviral agents against rabies virus // *Biological Macromolecules.* – 2017.- № 104. – P 180–188.
39. Embregts C., Begeman L., Voeseck C., Martina B., Koopmans M., Kuiken T., GeurtsvanKessel C. Street RABV induces the cholinergic anti-inflammatory pathway in human monocyte-derived macrophages by binding to nAChR7 // *Front Immunology.* – 2021. – № 12. – 622516.
40. Zandi F., Goshadrou F., Meyfour A., Vaziri B. Rabies infection: an overview of lyssavirus host protein interactions // *Biomed.* – 2021. – № 25. – P. 226-242.
41. Finke S., Conzelmann K. Replication strategies of rabies virus // *Virus.* – 2005.- № 111(2).- P. 120–131.
42. Ogino T. and Banerjee A. Unconventional mechanism of mrna capping by the rna-dependent rna polymerase of vesicular stomatitis virus // *Mol. Cell.* – 2007. – № 25. – P. 85-97.

43. Lentz T., Burrage T., Smith A., Crick J., Tignor. Is the acetylcholine receptor a rabies virus receptor? // *Science*. – 1982. – № 215. – P. 182–84
44. Schnell M., McGettigan J., Wirblich C., Papaneri A. The cell biology of rabies virus: using stealth to reach the brain // *Nat. Rev. Microbiol.* – 2010. – № 8. – P. 51–61.
45. Burrage T., Tignor G., Smith A. Rabies virus binding at neuromuscular junctions // *Virus Research*. – 1985. – № 2. – P. 273–289.
46. Charlton K. M., Casey G. A. Experimental rabies in skunks: persistence of virus in denervated muscle at the inoculation site // *Can. J. Comp. Med.* – 1981. – № 45. – P. 357–362.
47. Charlton K. M., Nadin-Davis S., Casey G.A., Wandeler A.I. The long incubation period in rabies: delayed progression of infection in muscle at the site of exposure // *Acta Neuropathol.* – 1997. – № 94. – № 73–77.
48. Graf W., Gerrits N., Yatim-Dhiba N., Ugolini G. Mapping the oculomotor system: the power of transneuronal labelling with rabies virus // *Eur. J. Neurosci.* – 2002. – № 15. – P. 1557–62.
49. Morcuende S., Delgado-Garcia J., Ugolini G. Neuronal premotor networks involved in eyelid responses: retrograde transneuronal tracing with rabies virus from the orbicularis oculi muscle in the rat // *Neuroscience*. – 2002. – № 22. – P. 8808–18.
50. Rathelot J.A., Strick P.L. Muscle representation in the macaque motor cortex: an anatomical perspective // *PNAS*. – 2006. – № 103. – P. 8257–62.
51. Lewis P., Fu Y., Lentz T. Rabies virus entry at the neuromuscular junction in nerve-muscle cocultures // *Muscle & Nerve* – 2000. – № 23. – P. 720–30.
52. Tsiang H. Pathophysiology of rabies virus infection of the nervous system // *Advances in Viruses Research*. – 1993. – № 42. P. 375–412.
53. Greene, C.E. Rabies and other lyssavirus infections // *Lancet* – 2004. – № 363. – P. 959–969.
54. Gongal G., Wright A. Human rabies in the who southeast asia region: forward steps for elimination // *Advances in Preventive Medicine*. – 2011. – P. 1–5.
55. Sugiyama M., Ito N. Control of rabies: epidemiology of rabies in asia and development of new-generation vaccines for rabies. // *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. – 2007. – № 30(5-6). P. 273–286.
56. Knobel D., Cleaveland S., Coleman P. Et Al. Reevaluating the burden of rabies in africa and asia // *Bulletin of the World Health Organization*. – 2005. – Vol. 83, No 5. – P. 360–368.
57. Dodet B., Tejiokem M., Agumon R., Bourhy H. Human rabies deaths in Africa: breaking the cycle of indifference // *International Health*. – 2014. – № 7(1). – P. 4–6.
58. Matouch O., Vitasek J., Semerad Z., Malena M. Elimination of rabies in the Czech Republic // *First International Conference on rabies in Europe, Kiev, Ukraine*. – 2005. – Vol. 125. – P. 141-143.
59. Xiaoyue Ma., Ben P., Lillian A., Crystal M., Jordana D, Richard B, Christine F. Rabies surveillance in the united states during 2019 // *Journal of The American Veterinary Medical Association*. – 2021. – № 221(12). – P. 1690-1701.
60. Vigilato M., Cosivi O., Knöbl T., Clavijo A., Silva H. Rabies update for latin america and the Caribbean // *Emerging infectious diseases*. – 2013. – № 19(4). – P. 678-679.
61. Aikimbayev A, Briggs D, Coltan G, Et Al. Fighting rabies in Eastern Europe, The Middle East and Central Asia—Experts call for a regional initiative for rabies elimination // *Zoonoses Public Health*. – 2014. – № 61. – P.219–226.
62. Sultanov A.A., Abdrakhmanov S.K., Abdybekova A.M., Karatayev B.S., Torgerson P.R. Rabies in Kazakhstan // *Plos Neglected Tropical Disease*. – 2016. – № 10(8). – e0004889
63. Beauregard M. The use of fluorescent antibody staining in the diagnosis of rabies // *Can. J. Comp. Med. Vet. Sci.* – 1965. – Vol. 29, N 6. – P. 141–147.
64. Perrin P. A Rapid Rabies Enzyme Immuno-Diagnosis (RREID): A useful and simple technique for the routine diagnosis of rabies // *Journal of Biological Standardization*. – 1986. – Vol. 14, N 3. – P. 217– 222.
65. Webster W.A. Virus isolation in neuroblastoma cell culture. laboratory techniques in rabies // *Geneva, World Health Organization*. – 1996. – P. 96-103.
66. Шмаров М. М., Тиллиб С.В., Тутыхина И. Л., Рutowская М. В., Алексеева С. В., Иванова Т. И. Фармацевтическая композиция для пассивной иммунизации против бешенства, фармацевтический набор, способ применения фармацевтического набора // *Патент*. – 2018. – № RU 2661028 C2.
67. Wiktor T.J., Lerner R.A., Koprowski H. Inhibitory effect of passive antibody on active immunity induced against rabies by vaccination // *Bulliten World Health Organization*. – 1971. – № 45(6). – P. 747- 753.
68. Both L. Et Al. Passive immunity in the prevention of rabies // *Lancet Infectious Disease*. – 2012. – № 12(5). – P. 397-407.
69. Sasaki M.; Anindita P., Ito N., Sugiyama M., Carr M., Fukuhara H., Ose T., Maenaka K., Takada A., Hall W., et al. The Role of heparan sulfate proteoglycans as an attachment factor for rabies virus entry and infection // *The Journal of Infectious Diseases*. – 2018. – № 217. – P. 1740–1749.
70. Mcgettigan, J., David F., Figueiredo M., Minke J., Mebatsion T., Schnell M. Safety and serological response to a matrix gene-deleted rabies virus-based vaccine vector in dogs // *Vaccine*. – 2014. – № 32. – P. 1716–1719.
71. Faber M., Pulmanausahakul R., Hodawadekar S., Spitsin S., McGettigan J., Schnell M., Dietzschold B. Overexpression of the rabies virus glycoprotein results in enhancement of apoptosis and antiviral immune response // *Virology*. – 2002. № 76. – P. 3374–3381.
72. Tao L., Ge J., Wang X., Wen Z., Zhai H., Hua T., Zhao B., Kong D., Yang C., Bu Z. Generation of a recombinant rabies Flury LEP virus carrying an additional G gene creates an improved seed virus for inactivated vaccine production // *Virology*. – 2011. № 8. P. 454.

73. Zhang Y, Zhou M., Li Y., Luo Zh., Chen H., Cui M., Fu Zh., Zhao L. Recombinant rabies virus with the glycoprotein fused with a DC-binding peptide is an efficacious rabies vaccine // *Oncotarget*. – 2018.- № 9. – P. 831-841.

74. Шаталова А. В., Якубова А. С., Палимпсестов В. В., Есмагамбетов И. Б., Наноантитела: Строение, Получение, Применение (Обзор) // *Разработка И Регистрация Лекарственных Средств*. – 2019. – № 8(1). – P. 14-22.

References

- Ahmad T, Musa T., Jin H. (2008) Rabies in Asian Countries: where we are stand? *Biomed. Res. Ther.*, № 5, pp. 2719-2720.
- Aikimbayev A, Briggs D, Coltan G, Et Al. (2014) Fighting rabies in Eastern Europe, the Middle East and Central Asia—Experts Call for A Regional Initiative for Rabies Elimination. *Zoonoses Public Health.*, № 61, pp. 219–226.
- Albertini A., Schoehn G, Weissenhorn W, Ruigrok R. (2008) Structural aspects of rabies virus replication. *Cell. Mol. Life Sci.*, № 65(2), pp. 282—294.
- Bauer A., Nolden T., Nemitz S., Perlson E., Finke S. (2015) Dynein Light Chain 1 Binding motif in rabies virus polymerase 1 protein plays a role in microtubule reorganization and viral primary transcription. *Journal of Virology*. № 89, pp. 9591–9600.
- Beauregard M. (1965) The use of fluorescent antibody staining in the diagnosis of rabies. *Can. J. Comp. Med. Vet. Sci.*, vol. 29, no 6, pp. 141–147.
- Ben Khalifa Y., Luco S., Besson B., Archambaud M., Grimes J., Larrouy F., Bourhy H. (2016) The matrix protein of rabies virus binds to RelA/p43 to modulate NF- κ B-dependent gene expression related to innate immunity. *Scientific Reports*. № 6(1), pp. 1-13.
- Benmansour A., Leblois H., Coulon P., Tuffereau C., Gaudin Y., Flamand A., Lafay F. (1991) Antigenicity of rabies virus glycoprotein. *Journal of Virology*. № 65, pp. 4198–4203.
- Both L. Et Al. (2012) Passive immunity in the prevention of rabies. *Lancet Infectious Disease*, № 12(5), pp.397-407.
- Botvinkin A., Poleschuk E., Kuzmin I., Borisova T., Gazarian S., Yager P., Rupprecht C. (2003) Novel lyssavirus isolated from bat in Russia. *Emerg Infect Dis.*, № 9(12), pp. 1623–1625.
- Burrage T., Tignor G., Smith A. (1985) Rabies virus binding at neuromuscular junctions. *Virus Research*, № 2, pp. 273–289.
- Charlton K. M, Casey G. A. (1981) Experimental rabies in skunks: persistence of virus in denervated muscle at the inoculation site. *Can. J. Comp. Med.*, № 45, pp. 357–362.
- Charlton K. M, Nadin-Davis S., Casey G.A., Wandeler A.I. (1997) The long incubation period in rabies: delayed progression of infection in muscle at the site of exposure. *Acta Neuropathol.*, № 94, pp. 73–77.
- Davis B., Rall G. and Schnell M. (2015) Everything you always wanted to know about rabies virus (but were afraid to ask). *Annual review of virology*, № 2(1), pp 451.
- Dhulipala S. and Uversky V. (2022) Looking at the pathogenesis of the rabies lyssavirus strain pasteur vaccins through a prism of the disorder-based bioinformatics. *Biomolecules.*, № 12(10), pp. 1436.
- Dietzschold B., Wiktor T.J., Macfarlan R., Varrichio A. (1982) Antigenic structure of rabies virus glycoprotein: ordering and immunological characterization of the large cNBr cleavage fragments. *J. Virol.*, Vol. 44, pp. 595–602.
- Dodet B., Tejiokem M., Aguemou R., Bourhy H. (2014) Human rabies deaths in africa: breaking the cycle of indifference. *International Health*, № 7(1), pp. 4–6.
- El-Tholoth, M., El-Beskawy, M., Hamed M (2015) Identification and genetic characterization of rabies virus from egyptian water buffaloes (*bubalus bubalis*) bitten by a fox. *Virusdisease*, № 26(3), pp. 141–146.
- Embregts C., Begeman L., Voesenek C., Martina B., Koopmans M., Kuiken T., GeurtsvanKessel C. (2021) Street RABV induces the cholinergic anti-inflammatory pathway in human monocyte-derived macrophages by binding to nAChR7. *Front Immunology*, № 12, 622516.
- Eteessami R., Conzelmann K., Fadai-Ghotbi B., Natelson B., Tsiang H., Ceccaldi P. (2000) And pathogenic characteristics of a G-deficient rabies virus recombinant: An in vitro and in vivo study. *Journal of Virology*, № 8, pp. 2147–2153.
- Faber M., Pulmanasahakul R., Hodawadekar S., Spitsin S., McGettigan J., Schnell M., Dietzschold B. (2002) Overexpression of the rabies virus glycoprotein results in enhancement of apoptosis and antiviral immune response. *Virology*, № 76, pp. 3374–3381.
- Finke S., Conzelmann K. (2003) Dissociation of rabies virus matrix protein functions in regulation of viral rna synthesis and virus assembly. *Journal of Virology*, № 77, pp. 12074–12082.
- Finke S., Conzelmann K. (2005) Replication strategies of rabies virus. *virus*, № 111(2), pp. 120—131. Finke S., Granzow H., Hurst J., Pollin R., Mettenleiter T. (2010) Intergenotypic replacement of lyssavirus matrix proteins demonstrate the role of lyssavirus m proteins in intracellular virus accumulation. *Journal of Virology*, № 84(4), pp. 1816–1827.
- Fisher, C.R., Streicker, D.G. and Schnell, M.J. (2018) The spread and evolution of rabies virus: conquering new frontiers *Nature Reviews Microbiology*, № 16(4), pp. 241-255.
- Fooks A., Banyard A., Horton D. Et Al. (2014) Current status of rabies and prospects for elimination *The Lancet*, № 384, pp. 1389-1399.
- Fooks A.R, Banyard A.C., Ertl H.J. (2019) New human rabies vaccines in the pipeline. *Vaccine*, № 37, pp. 140–145.
- Fooks, A. R., Cliquet, F., Finke, S., Freuling, C., Hemachudha, T., Mani, R. S., Banyard, A. C. (2017) Rabies. *Nature Reviews Disease Primers*, № 3, pp. 1-19.
- Gongal G., Wright A. (2011) Human rabies in the who southeast asia region: forward steps for elimination. *Advances in Preventive Medicine*, pp. 1–5.
- Graf W., Gerrits N., Yatim-Dhiba N., Ugolini G. (2002) Mapping the oculomotor system: the power of transneuronal labelling with rabies virus. *Eur. J. Neurosci*, № 15, pp. 1557–62.
- Greene, C.E. Rabies and other lyssavirus infections (2012) rabies and other lyssavirus infections. *Principles and Practice of Clinical Virology*, № 4, pp. 631–660.





31. Hampson K., Coudeville L., Lembo T., Sambo M., Kieffer A., Atflan M. et al. (2015) Estimating the global burden of endemic canine rabies. *Plos Negl. Trop. Dis.*, № 9(4), pp. 356-369
32. Hemachudha T., Laothamatas J., Rupprecht C. (2002) Human rabies: a disease of complex neuropathogenetic mechanisms and diagnostic challenges. *The Lancet Neurology*, № 1(2), pp. 101–109.
33. Hemachudha T., Vinken P., Bruyn G, Klawans H. (1989) Rabies. *Handbook of Clinical Neurology*, pp. 383–404.
34. Katz I., Dias M., Lima I., Chaves L., Ribeiro O., Scheffer K., Iwai L. (2017) Large protein as a potential target for use in rabies diagnostics. *Acta Virol.*, № 61, pp. 280–288.
35. Kim P.K., Keum S.J., Osinubi M.O., Franka R., Shin J.Y., Park S.T., Kim M.S., Park M.J., Lee S.Y., Carson W., Greenberg L. (2017) Development and characterization of novel chimeric monoclonal antibodies for broad spectrum neutralization of rabies virus. *Plos one*, № 12(10), e0186380.
36. Knobel D., Cleaveland S., Coleman P. Et Al. (2005) Reevaluating the burden of rabies in Africa and Asia. *Bulletin of The World Health Organization*, Vol. 83, No 5, pp. 360–368.
37. Lafon M, Wiktor TJ, Macfarlan RI. (1983) Antigenic sites on the CVS rabies virus glycoprotein: analysis with monoclonal antibodies. *Journal of General Virology*, № 64, pp. 843-851.
38. Lembo T. The Blueprint for rabies prevention and control: a novel operational toolkit for rabies elimination. *Plos Negl Trop Dis.*, №:6 (2), pp. 325-338
39. Lentz T., Burrage T., Smith A., Crick J., Tignor (1982) Is the acetylcholine receptor a rabies virus receptor? *Science*, № 215, pp. 182–84.
40. Lewis P., Fu Y., Lentz T. (2000) Rabies virus entry at the neuromuscular junction in nerve-muscle cocultures. *Muscle & Nerve*, № 23, pp. 720–30.
41. Lojkić I., Šimić I., Bedeković T., Krešić, N. (2021) Current status of rabies and its eradication in Eastern and Southeastern Europe. *Pathogens*, № 10(6), pp. 742-750.
42. Marissen W.E., Kramer R.A., Rice A., Weldon W.C., Niezgodna M., Faber M., Slotstra J.W., Meloen, R.H., Clijsters-van der Horst M., Visser T., Jongeneelen, M. (2005) Novel rabies virus-neutralizing epitope recognized by human monoclonal antibody: fine mapping and escape mutant analysis. *Journal of Virology*, № 79(8), pp. 4672-4678.
43. Marston D., McElhinney L., Johnson N., Muller T., Conzelmann K., Tordo N., Fooks A. (2007) Comparative analysis of the full genome sequence of European bat lyssajmb virus type 1 and type 2 with other lyssaviruses and evidence for a conserved transcription termination and polyadenylation motif in the G-L 30 non-translated region. *Gen. Virol.*, № 88, pp. 1302–1314.
44. Matouch O., Vitasek J., Semerad Z., Malena M. (2005) Elimination of rabies in the Czech Republic. *First International Conference on Rabies in Europe, Kiev, Ukraine*, Vol. 125, pp. 141-143.
45. Mcgettigan, J., David F., Figueiredo M., Minke J., Mebatsion T., Schnell M. (2014) Safety and serological response to a matrix gene-deleted rabies virus-based vaccine vector in dogs. *Vaccine.*, № 32, pp. 1716–1719.
46. Morcuende S., Delgado-Garcia J., Ugolini G. (2002) Neuronal premotor networks involved in eyelid responses: retrograde transneuronal tracing with rabies virus from the orbicularis oculi muscle in the rat. *Neuroscience*, № 22, pp. 8808–18.
47. Morimoto K., Patel M., Corisdeo S., Et Al. (1996) Characterization of a unique variant of bat rabies virus responsible for newly emerging human cases in north america. *Proc Natl Acad Sci USA*, № 93, pp. 5653–5658.
48. Ogino T. and Banerjee A. (2007) Unconventional Mechanism of mRNA capping by the RNA-dependent RNA polymerase of vesicular stomatitis virus. *Mol. Cell.*, № 25, pp. 85-97.
49. Perrin P. A (1986) Rapid rabies enzyme immuno-diagnosis (RREID): A useful and simple technique for the routine diagnosis of rabies. *Journal of Biological Standardization*, Vol. 14, No 3, pp. 217– 222.
50. Rathelot J.A., Strick P.L. (2006) Muscle representation in the macaque motor cortex: an anatomical perspective. *PNAS*, № 103, pp. 8257–62.
51. Sajjanar B., Dhusia K., Saxena S., Joshi V., Bisht D., Thakuria D., Manjunathareddy G., Ramteke P., Kumar S. (2017) Nicotinic acetylcholine receptor alpha 1(nAChR1) subunit peptides as potential antiviral agents against rabies virus. *Biological Macromolecules*, № 104, pp. 180–188.
52. Sasaki M.; Anindita P., Ito N., Sugiyama M., Carr M., Fukuhara H., Ose T., Maenaka K., Takada A., Hall W., et al. (2018) The role of heparan sulfate proteoglycans as an attachment factor for rabies virus entry and infection. *The Journal of Infectious Diseases*, № 217, pp.740–1749.
53. Schnell M., Mcgettigan J., Wirblich C., Papaneri A. (2009) The cell biology of rabies virus: using stealth to reach the brain. *Nature Reviews Microbiology*, № 8(1), pp. 51–61.
54. Schnell M., McGettigan J., Wirblich C., Papaneri A. (2010) The cell biology of rabies virus: using stealth to reach the brain. *Nat. Rev. Microbiol.*, № 8, pp. 51–61.
55. Servat A, Cliquet F. (2015) Mouse potency testing of rabies vaccines. *Cambridge (MA) Academic Press*, № 2, pp. 269–279.
56. Shatalova A. V., Iakýbova A. S., Palimpsestov V. V., Esmagambetov I. B. (2019) Nanoantitela: stroenie, polýchenie, primenenie (obzor). *Razrabotka I Registratsua Lekarstvennyh Sredstv.*, № 8(1), pp. 14-22.
57. Shmarov M. M., Tillib C. V., Týtyhina I. L., Rýtovskaia M. V., Alekseeva S. V., Ivanova T. I (2018) Farmatsevticheskaja kompozitsua dlja passivnoi immýnizatsii protiv beshestva, farmatsevticheskii nabor, sposob primeneniia farmatsevticheskogo nabora. *Patent.*, № RU 2661028 C2.
58. Smith S.P., Wu G., Fooks A.R., Ma J. and Banyard A.C. (2019) Trying to treat the untreatable experimental approaches to clear rabies virus infection from the CNS. *Journal of General Virology*, № 100(8), pp. 1171-1186.
59. Sugiyama M., Ito N. (2007) Control of rabies: epidemiology of rabies in asia and development of new-generation vaccines for rabies. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, № 30(5-6), pp. 273–286.

60. Sultanov A.A., Abdrakhmanov S.K., Abdybekova A.M., Karatayev B.S., Torgerson P.R. (2016) Rabies in Kazakhstan. *Plos Neglected Tropical Disease*, № 10(8), e0004889.
61. Tao L., Ge J., Wang X., Wen Z., Zhai H., Hua T., Zhao B., Kong D., Yang C., Bu Z. (2011) Generation of a recombinant rabies Flury LEP virus carrying an additional G gene creates an improved seed virus for inactivated vaccine production. *Virology*, № 8, pp. 454.
62. Tian D., Luo Z., Zhou M., Li M., Yu L., Wang C., Yuan J., Li F., Tian B., Sui, B.; et al. (2016) Critical Role of K1685 and K1829 in the large protein of rabies virus in viral pathogenicity and immune evasion. *J. Virol.*, Vol. 90, pp. 232–244.
63. Tsiang H. (1993) Pathophysiology of rabies virus infection of the nervous system. *Advances in Viruses Research*, № 42, pp. 375–412.
64. Vigilato M., Cosivi O., Knöbl T., Clavijo A., Silva H. (2013) Rabies update for latin america and the caribbean. *Emerging Infectious Diseases*, № 19(4), pp. 678-679.
65. Wang J., Wang Z., Liu R., Shuai L., Wang X., Luo J., Wang C., Chen W., Wang X., Ge J., et al. (2018) Metabotropic glutamate receptor subtype 2 is a cellular receptor for rabies virus. *PLoS Pathogens*, № 14(7), e1007189.
66. Webster W.A. (1996) Virus isolation in neuroblastoma cell culture. laboratory techniques in rabies. *Geneva, World Health Organization*, pp. 96-103.
67. Wiktor T.J., Lerner R.A., Koprowski H. (1971) Inhibitory effect of passive antibody on active immunity induced against rabies by vaccination. *Bulliten World Health Organization*, № 45(6), pp. 747- 753.
68. World Health Organization experts (2011) Expert consultation on Rabies. *WHO Technical Report Series*, № 931, pp. 221-324
69. Wunner W., Larson J., Dietzschold B., Smith C. (1988) The molecular biology of rabies viruses. *Clinical Infectious Diseases*, Vol.10(4), pp. 771–784.
70. Xiaoyue Ma., Ben P., Lillian A., Crystal M., Jordana D, Richard B, Christine F (2021) Rabies surveillance in the united states during 2019. *Journal of The American Veterinary Medical Association*, № 221(12), pp. 1690-1701.
71. Yin, J., Wang, X., Mao, R., Zhang, Z., Gao, X., Luo, Y., Sun, Y. and Yin, X. (2021) Research advances on the interactions between rabies virus structural proteins and host target cells: accrued knowledge from the application of reverse genetics systems. *Viruses*, №13(11), pp. 2288-2297.
72. Yousaf M., Qasim M., Zia S., Rehman Khan M., Ashfaq U., Khan, S. (2012) Rabies molecular virology, diagnosis, prevention and treatment. *Virology Journal*, №9(1), pp. 50-55.
73. Zandi F., Goshadrou F., Meyfour A., Vaziri B. (2021) Rabies infection: an overview of lyssavirus host protein interactions. *Biomed.*, № 25, pp. 226-242.
74. Zhang Y, Zhou M., Li Y., Luo Zh., Chen H., Cui M., Fu Zh., Zhao L. (2018) Recombinant rabies virus with the glycoprotein fused with a DC-binding peptide is an efficacious rabies vaccine. *Oncotarget*, № 9, pp. 831-841.

1-бөлім
БОТАНИКА

Section 1
BOTANY

Раздел 1
БОТАНИКА

Е.А. Салина¹ , Н.В. Терлецкая^{2,3} ,
М.А. Нестеров¹ , У. Ережетова^{4*} 

¹РГА СБ Цитология және генетика институты, Ресей, Новосибирск қ.

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

³Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail:erezhetkyzy@mail.ru

МАСАҚТАНУ МЕРЗІМІН АНЫҚТАЙТЫН МАРКЕРЛЕРДІ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, БИДАЙДЫҢ АЛЛОПЛАЗМАЛЫҚ ТІЗБЕКТЕРІНЕ ГЕНЕТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ ЖАСАУ

Масақтану уақытын анықтайтын гендерге маркерлерді қолдана отырып, құрғақшылыққа және вегетациялық кезеңдерге төзімділігімен ерекшеленетін бидайдың аллоплазмалық сызықтарының генетикалық әртүрлілігіне зерттеу жүргізілді. Зерттеу нысандары ретінде Мироновская 808 сортының бір түрдің цитоплазмасын басқа түрдің ядролық геномымен біріктіру және одан кейінгі көпжылдық сұрыптау нәтижесінде будандастыру арқылы алған *T. dicoccum* var *Araratum* (Host.) және *T. aestivum* 9 аллолиниясы алынған болатын. ПТР көмегімен *Vrn* және *Ppd* гендеріне талдау жүргізілді, соның нәтижесінде олар масақтану уақытын анықтайтындығы белгілі болды. Рецессивті яровизация гендері мен фотопериод бойынша аллолиниялардың көпшілігі Мироновская-808 сортының генотипін жалғастыратыны анықталды. Ерекшелік тек қана *VRN-b1c* тізбегіндегі *D-n-05* аллелінде анықталды. *Ppd-D1* гендеріне аллельге тән праймерлерді пайдалана отырып талдау нәтижесінде *Ppd-D1a*, ал гетерозиготалы күйде *D-d-05b* және *D-d-05* доминантты аллелдерінің болатынын көрсетті. Нәтижесінде *D-n-05*, *D-d-05* және *D-d-05b* аллоплазмалық тізбектері бөлініп алынды, олар зерттелетін гендер бойынша генетикалық талдауға сәйкес бидайдың басқа күздік аллоплазмалық тізбектерімен салыстырғанда ертерек масақтануы мүмкін. Алынған нәтижелер зерттелген бидай аллоплазмалық сызықтарының агрономиялық тұрақтылығына *Vrn* және *Ppd* гендерінің әсерін көрсетеді.

Түйін сөздер: бидай, аллоплазмалық сызықтар, құрғақшылыққа төзімділік.

E.A. Salina¹, N.V. Terletskaia^{2,3}, M.A. Nesterov¹, U. Erezhetova⁴

¹Institute of cytology and genetics SB RSA, Russia, Novosibirsk

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

³Kazakh National Women's Teacher Training University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail:erezhetkyzy@mail.ru

Genetic analysis of wheat alloplasmic lines using markers determining the time of heading

There was carried out research on genetic diversity of alloplasmic wheat lines that differ in resistance to drought and in terms of vegetation using markers for genes that determining the time of heading. The objects of research were nine allolines of wheat obtained by crossing *T. dicoccum* var *Araratum* (Host.) and *T. aestivum* sort of Mironovskaya 808, as a result was combination the cytoplasm of one species with the nuclear genome of another species and subsequent long-term selection. Using PCR analyze of *Vrn* and *Ppd* genes were conducted that determine the timing of heading. It has been found out that the majority of allolines for recessive vernalization and photoperiod genes inherit the genotype of the sort Mironovskaya-808. An exception is the *D-n-05* line, in which the dominant allele *Vrn-B1c* has been identified. Analysis of the *Ppd-D1* genes using allele-specific primers showed the presence of the dominant allele *Ppd-D1a* in the heterozygous state in *D-d-05b* and *D-d-05*. As a result, alloplasmic lines *D-n-05*, *D-d-05* and *D-d-05b* were identified, which, according to genetic analysis for the studied genes, may have earlier heading relative to other winter alloplasmic wheat lines. The obtained results indicate about the influence of the *Vrn* and *Ppd* genes on the agronomic resistance of the studied alloplasmic wheat lines.

Key words: wheat, alloplasmic lines, drought resistance.

Е.А. Салина¹, Н.В. Терлецкая^{2,3}, М.А. Нестеров¹, У. Ережетова^{4,*}

¹Институт цитологии и генетики СО РАН, Россия, г. Новосибирск

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

³Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: erezhetkyzy@mail.ru

Генетический анализ аллоплазматических линий пшеницы с использованием маркеров, определяющих сроки колошения

Проведено изучение генетического разнообразия аллоплазматических линий пшениц, различающихся у стойчивости к засухе и по срокам вегетации с использованием маркеров к генам, определяющих сроки колошения. Объектами исследований служили девять аллолиний пшеницы, полученных от скрещивания *T. dicoccum* var *Araratum* (Host.) и *T. aestivum* сорта Мироновская 808, в результате объединения цитоплазмы одного вида с ядерным геномом другого вида и последующим многолетним отбором. С использованием ПЦР проводили анализ генов *Vrn* и *Ppd*, определяющих сроки колошения. Установлено, что большинство аллолиний по рецессивным генам яровизации и фотопериода наследуют генотип сорта Мироновская-808. Исключением является линия D-n-05, у которой выявлен доминантный аллель *Vrn-B1c*. Анализ генов *Ppd-D1* с использованием аллель-специфичных праймеров показал наличие доминантного аллеля *Ppd-D1a* в гетерозиготном состоянии у D-d-05b и D-d-05. В результате выделены аллоплазматические линии D-n-05, D-d-05 и D-d-05b, которые согласно генетическому анализу по изучаемым генам могут иметь более раннее выколашивание относительно других озимых аллоплазматических линий пшеницы. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии генов *Vrn* и *Ppd* на агрономическую устойчивость изучаемых аллоплазматических линий пшеницы.

Ключевые слова: пшеница, аллоплазматические линии, засухоустойчивость.

Кіріспе

Бидай (*Triticum aestivum* L.) – ауыл шаруашылығы үшін маңызды дақыл және адам үшін негізгі тамақ көздерінің бірі болып табылады. Құрғақшылық барлық дерлік климаттық аймақтарда кездесетін негізгі стрессердің бірі және жыл сайын астықтың азаюына немесе тіпті жоқ болуына себеп бола отырып, әлемнің көптеген, әсіресе дамушы елдерінде ауылшаруашылық өндірісі үшін үлкен мәселе туғызады [1, 2]. Құрғақшылыққа төзімділік өте күрделі мәселе. "Физиологиялық тұрақтылық" ұғымы өсімдіктің өмір сүруін және өміршеңдігін сақтауды білдірсе, ал "агрономиялық тұрақтылық" экономикалық маңызды егінді сақтауды талап етеді [3]. Абиотикалық стрессерге ұшыраған өсімдіктердің физиологиясы мен генетикасы туралы көптеген деректерді талдай келе, стресске төзімділік көрсететін өсімдіктердің геномдық құрамы, атап айтқанда вегетациялық кезеңге жауап беретін гендермен байланысты болатыны айқындалды.

Бидайдағы вегетациялық кезеңнің генетикасы бойынша жұмыстардың негізгі саны "көктеу–масақтану" кезеңінің ұзақтығын зерттеуге бағытталған, бұл, ең алдымен, пісетін уақытты емес, егу мерзімін дәлірек анықтауға мүмкіндік береді. Репродуктивті фазаға өтуге әсер ететін

факторлардың ішінде фотопериод пен температура негізгі болып саналады [4]. Жалпы гексаплоидты бидайдың масақтану уақыты негізінен үш генетикалық жүйеге байланысты есептеу қалыптасқан: өсімдіктің яровизация қажеттілігін анықтайтын *Vrn-1* гендері; фотопериодтық сезімталдықты анықтайтын *Ppd-1* гендері; және вернализация мен фотопериодтың қанағаттандырылған қажеттіліктеріндегі масақтану уақытының айырмашылықтарын түсіндіретін *eps* (*earliness per se*) локустары [5].

Бұл жолдардан басқа, масақтану уақытына байланысты, сипатталған жүйелердің кез келгенімен байланысуы қиын гендер және фитогормондардың (гиббереллиндер) [6], микроРНК [7] рөлі анықталды. Мысалы, жарық рецепторларын кодтайтын және осылайша қалған гендерді реттейтін *PhyC* [8] және *PhyB* [9] гендері болып табылады. *TaFT-1* (*Vrn-B3*) гендері яровизацияның сигналдық жолдарының, фотопериодтың және өсімдіктердің циркадиялық ырғақтарының интеграторлары болып табылады [10]. *Vrn-1* гендерінің функциялары яровизация қажеттілігін анықтаумен шектелмейді, ол: апикальды меристемаларда көрсетілген бұл гендер *TaFT-1* (*Vrn-B3*) сигналын қабылдайды және флоралық меристемалардың сәйкестік гендеріне бастама береді [11].

Қазіргі уақытта *VRN-1*, *TaFT-1* (*Vrn-B3*),

PPD-1 гендеріне арналған бірқатар маркерлер әзірленді, олардың қолданылуы рецессивті немесе доминантты күйді, сондай-ақ зерттелетін гендердің аллельдерінің әртүрлілігін анықтауға мүмкіндік береді, олардың комбинациясы жұмсақ бидайдың масақтану уақытын анықтайды [12].

Сонымен қатар өсімдіктің өнімділігі және оның қоршаған орта факторларына бейімделуі көбінесе ядро мен цитоплазма геномдарының үйлесімділігіне байланысты болады [13].

Аллоплазмалық сызықтарды бір түрдің цитоплазмасын басқа түрдің ядролық геномымен біріктіру арқылы алады. Мұндай біріктіру бөгде ядролық және цитоплазмалық геномдар арасындағы жаңа өзара әрекеттесулерге әкеледі, соның нәтижесінде генотиптік және фенотиптік өзгергіштік деңгейінің жоғарылауы бірге жүреді. Мәдени өсімдіктерде, соның ішінде жұмсақ бидайда *T. aestivum* (BAD, 2n=42), құнарлылығы қалпына келтірілген мұндай сызықтар бастапқы ата – аналардың шаруашылық маңызды белгілерін біріктіретін жаңа формалардың құнды көзі болып табылады. Биотикалық және абиотикалық факторларға төзімділігі жоғары, өнімділігі мен астық сапасы жоғары бидайдың аллоплазмалық сызықтары ерекше қызығушылық тудырады. Сонымен, *Ae. Crassa* цитоплазмасынан тұздануға төзімді жұмсақ бидайдың жоғары өнімді сызықтары алынады [14], *Triticum timopheevii* және *Secale cereale* цитоплазмасы бар сызықтарынан құрғақшылыққа төзімді [15], *H. Vulgare* арпа цитоплазмасынан қоңыр және сабақ тат ауруына төзімді, сондай ақ дәнінің сапасы жоғары [16] және тағы басқа да ерекшеліктері бар сызықтар алынады.

Бұған дейін доктор Н.А. Хайленко Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институтында (Алматы қ., Қазақстан) *T. dicoccum* (BA, 2n=28) тетраплоидты түрінің цитоплазмасын алып жүретін Мироновская-808 сортындағы бидайдың аллоплазмалық сызықтарын алған болатын. Бұл сызықтар құрғақшылыққа төзімділік, фотосинтетикалық белсенділік, өнімділік және масақтану мерзімдері бойынша айтарлықтай айырмашылықтарға ие болды. Біз бидайдың әртүрлі түрлерінің стресске төзімділігі мен

фотосинтетикалық белсенділігін салыстыруда *T. dicoccum Shuebl* түрінің құрғақшылық пен тұзды күйзеліске жоғары бейімделу қабілетін анықтауға мүмкіндік беретін анатомиялық және морфофизиологиялық деректерін алдық [17]. РАМ-флуориметрін қолдана отырып, далалық жағдайдағы бидайдың аллоплазмалық сызықтарының фотосинтетикалық белсенділігін салыстыруға мүмкіндік беретін жаңа мәліметтер алынды [18].

Біз, тұраралық будандастыру арқылы алынған *T. aestivum L.* аллоплазмалық сызықтарын бұған дейін зерттеген құрғақшылыққа төзімді тетраплоидты *T. dicoccum Shuebl* түрімен салыстыра отырып зерттеу құрғақшылыққа төзімді және жоғары өнімді формаларды іздеуде өте маңызды деп санаймыз.

Сондықтан бұл жұмыстың мақсаты құрғақшылыққа төзімділігімен де, вегетациялық кезеңімен де ерекшеленетін бидай тұқымдарының генетикалық әртүрлілігін талдау болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысандары ретінде *T. dicoccum var Araratum* (Host.) профессор Н.А. Хайленконың (Da-05, Db-05, Dd-05, Dd-05b, Df-05, Dn-05, D-40-05, D-41-05, D-42-05) *Aestivum* будандарының кейінгі көпжылдық іріктеуімен (F12) алынған бидайдың тоғыз аллоплазмалық сызығы алынды. Өсімдіктер зертханалық жағдайда ӨББИ-да және Қазақ ауыл шаруашылығы және Өсімдік шаруашылығы ҒЗИ-ның далалық агроценозында табиғи ортада өсірілді, ол жерде стресс жағдайлары арнайы жасалмады.

Масақ уақытын анықтайтын VRN-1 және PPD-D1 гендерін талдау ПТР құрамында 20 мкл жалпы көлемде жүргізілді: ДНҚ (50-100 нг), Тақ ДНҚ полимеразасына арналған 10 × буфер (650 мМ Трис-НСІ (РН 8,9); 160 мМ (Н4) 2O4; 25 мМ MgCl2; 0,01% Teen 20), 0,25 мМ әр dT, 1 нг әрқайсысы праймер, 1 мкл тақ ДНҚ полимеразасы (белсенділік бірлігі / мкл), H2O-соңғы көлемге дейін 20 мкл [19].

Көрсетілген праймерлер 1-кестеде келтірілген.

1-кесте – Масақтану уақытын анықтайтын гендердің идентификациясына арналған ПТР маркерлер

ПТР арқылы анықталатын аллель	ПТР-да қолданылатын аллельге тән праймерлер	ДНК фрагментінің мөлшері (п.ж.)	Әдеби дереккөз
<i>Vrn-A1a</i>	VRN1AF GGGTTCTGCTCG	965	Yan <i>et al.</i> , 2004
<i>vrn-A1</i>	VRN1-INT1R GCGGTCGTCGG	734	
<i>Vrn-B1a</i> <i>Vrn-B1c</i>	Ex1/C/F: GTTCTCCACCGAGTCATGGT Intr1/B/R3 CTCTGCCTTGCTG	1124 737	Shcherban <i>et al.</i> , 2012a Fu <i>et al.</i> , 2005
<i>Ppd-D1a</i> <i>Ppd-D1b</i>	Ppd1_F CGCCTCCCCTCCTG Ppd1_R1 GTTGGTTCCGGGC Ppd1_R2 CCTGGTGGTGCTGGTT	288 414	Beales <i>et al.</i> , 2007
<i>Ppd-B1b</i>	For4-PpdB-prom TCCTCCCGGTCGGC Rev1-Ppd-exon2 GTGCTTCTGTGCGGGG	2003	Киселева және т.б. (Жарияланбаған.)
<i>Vrn-D1a</i>	Intr1/D/F: GTTGTCTGCCTCATCAAATCC	1671	Fu <i>et al.</i> 2005
<i>vrn-D1</i>	Intr1/D/R3: GGTCAGTGGTGGTCTGTGC Intr1/D/R4: AAATGAAAAGGAACGAGAGCG	997	
<i>VrnB3</i>	FT-B-INS-F CATAATGCCAAGCCGGTGAGTAC FT-B-INS-R ATGTCTGCCAATTAGCTAGC	1200	Yan <i>et al.</i> , 2006

Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Құрғақшылыққа төзімділігі және вегетациялық кезеңдері бойынша ерекшеленетін бидай сызықтарының әртүрлілігін зерттеу масақтану уақытын анықтайтын гендерге маркерлерді қолдану арқылы жүргізілді.

Vrn-1 және *Ppd-1* гендерінің жұмсақ бидай сорттарының пісетін уақытына әсерін зерттеу кезінде негізгі назар *Vrn-B1*, *Vrn-D1*, *Ppd-D1* және *Ppd-B1* гендерінің басым аллельдерін сәйкестендіруге аударылды, ол гендердің қатысуын Қазақстан Республикасының жағдайында қыстың алдында егілетін жеке-леген сорттардан күтуге болады. Зерттеудің толыққанды жүруі үшін қыстың алдында себілген жұмсақ бидай сорттарына тән емес *Vrn-A1* және *Vrn-B3* гендерінің аллельдерін бағалау да қажет, өйткені масақтану-гүлдеу-пісу уақыты маңызды агрономиялық белгілер болып табылады, бұл бидайдың түрлері мен тұраралық будандарының жергілікті климат пен қоршаған орта жағдайларына бейімделуіне, сондай-ақ егін жинауға үлкен әсер етеді [20]. Зерттелетін бидайдың аллоплазмалық сызықтары масақтану

уақытымен ерекшеленетіндіктен, бұл процеске әсер етуі мүмкін *Vrn* және *Ppd* гендік аллельдерін анықтау керек болды.

Зерттеу нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Vrn-1 генінің аллельдері *VRN1-AF* және *VRN1-INT1R* праймерлерінің көмегімен зерттелді (кесте.1). *Vrn-A1* рецессивті аллельіне тән күшейтілген 734 п.ж. фрагментінің күтілетін мөлшері бидайдың барлық күздік аллоплазмалық сызықтары үшін анықталды, Саратовская 29, Тулун 15 (1/2) сорттарының жаздық бақылау үлгілерінде басым аллель (ПТР фрагменті 965 п.ж.) анықталды.

Доминантты *VRN-D1* (Intr1/D/F және Intr1/D/R3) және рецессивті *Vrn-D1* (Intr1/D/F және Intr1/D/R4) үшін праймер жұбын қолдана отырып, *VRN-D1* гендерінің аллельдік құрамын талдау барлық зерттелген үлгілерде тек рецессивті аллельдің болуын анықтады (фрагменттің ұзындығы 997).

Зерттелетін сорттарда *Vrn-B3* доминантты аллельінің болуын талдау теріс нәтиже берді. Тек бақылау үлгісінде, атап айтқанда Тулун 15 сортында *Vrn-B3* доминантты гені анықталды.

Өсімдіктің яровизациясының реакциясын бақылайтын *Vrn-1* гендерінен басқа, өсімдіктің тәулік бойына сезімталдығын анықтайтын, 2a (*Ppd-A1*), 2B (*Ppd-B1*) және 2D хромосомаларында (*Ppd-D1*) локализацияланған *PPD-1* гендері вегетациялық кезеңнің ұзақтығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін [21]. *Ppd-1* басым болатын бидай формалары күннің ұзақтығына сезімтал емес, бұл олардың ертерек масақтануына әкеледі. Фотопериодқа сезімтал аллельдердің болуы, әсіресе қысқа күн жағдайында, масақтануды айтарлықтай кешіктіреді [22].

Әдетте, фотопериодқа сезімтал емес аллельдер оңтүстік аймақтардың сорттарына тән [23].

Аллельге тән праймерлерді қолдана отырып, *Ppd-D1* гендерін талдау (кесте.1, 2) D-d-05b және D-d-05 гетерозиготалы күйде *PPD-D1a* доминантты аллельінің, сондай-ақ Тулун 15-2 бақылау үлгісінің болуын көрсетті (кесте.3). *Ppd-B1* гендерін талдау, геннің реттеуші аймақтарында – промотор және бірінші интрон аймағында (2003 ж.) зерттелген барлық сорттардың мономорфтылығын анықтады, бұл геннің рецессивті аллельіне тән.

2-кесте – Бидай үлгілеріндегі *VRN* және *PPD* гендерінің доминантты (сұр түспен белгіленген) және рецессивті аллельдерінің таралуын талдау

№ р/с	Сорт, тізбек	<i>Vrn-B1a</i> , <i>Vrn-B1c</i> Ex1/C/F: Intr1/B/R3	<i>Ppd-D1a</i> Ppd-1_F Ppd-1_R1 Ppd-1_R2	<i>Ppd-Bb</i> For4-PpdB- prom; Rev1- PpdB-exon2	<i>Vrn-1AF</i> <i>Vrn-1</i> - INT1R	<i>Vrn-D1</i> Intr1/D/F Intr1/D/R4	<i>Vrn-D1</i> Intr1/D/F Intr1/D/R3	<i>Vrn-B3</i> FTB-ins
1	Мироновская-808	0	414	2003	734	997	0	0
2	<i>T. dicoccum</i>	0	0	2003	734	997	0	0
3	D-40-05	0	414	2003	734	997	0	0
4	D-41-05	0	414	2003	734	997	0	0
5	D-42-05	0	414	2003	734	997	0	0
6	D-a-05	0	414	2003	734	997	0	0
7	D-b-05	0	414	2003	734	997	0	0
8	D-d-05	0	288, 414	2003	734	997	0	0
9	D-d-05-b	0	288, 414	2003	734	997	0	0
10	D-f-05	0	414	2003	734	997	0	0
11	D-n-05	737	414	2003	734	997	0	0
K1	Саратовская 29	737	414	2003	965	997	0	0
K2	Тулун 15 (1)	1124	414	2003	965	997	0	1500
K3	Тулун 15 (2)	737	288	2003	965	997	0	1500

Зерттелетін аллоплазмалық сызықтар алынған Мироновская-808 сорты яровизацияға сезімтал қысқы сорт болып табылады, ол үш рецессивті *Vrn-A1*, *Vrn-B1* және *Vrn-D1* гендерінің және рецессивті *VRN-3* генінің болуымен сипатталады.

Берілген гендер үшін диагностикалық маркерлер жүйесін пайдалану, ол аллоплазмалық сызықтардың көпшілігінде бұл гендердің бар екендігін анықтауға мүмкіндік берді, яғни яровизация гендері бойынша көрсетілген сызықтар Мироновская-808 сортының генотипін жалғастырады. Ерекшелік-*Vrn-B1c* доминантты аллелі анықталған D-n-05 сызығы болып та-

былады. Бұл аллель *T. dicoccum* үлгісінде анықталмағандығына қарамастан, берілген аллельдің тұқым қуалаушылығын тікелей будандастыруға қатысатын *T. dicoccum* үлгісінен алып тастауға болмайды, өйткені *VRN-B1c* аллелі осы түрдің үлгілері арасында жиі кездеседі [24]. Ұқсас жағдай фотопериодқа сезімталдық гендерінде де байқалды, себебі Мироновская-808 сортында фотопериодқа сезімталдықты анықтайтын *ppd-D1* және *ppd-B1* гендерінің рецессивті аллельдері бар және сол аллельдер барлық аллоплазмалық сызықтарда анықталған (кесте. 2). Бұл жерде айта кететін жағдай, екі жолда: D-d-05b және D-d-05 доми-

нантты аллелге сәйкес келетін 288 пж аймағында айқын байқалатын қосымша ПТР өнімі бар.

Сонымен, *Vrn* және *Ppd* гендерінің генетикалық талдауына сәйкес, бидайдың басқа күздік аллоплазмалық сызықтарымен салыстырғанда ертерек егілуі мүмкін деген D-n-05, D-d-05 және D-d-05b үш сызығын ажыратуға болады.

D-D-05 және D-d-05b желілері бұрын Қазақ егіншілік және Өсімдік шаруашылығы ҒЗИ далалық агроценозында өсіру кезінде құрғақшылыққа жоғары төзімділік пен өнімділікті көрсеткен [25], сол себепті зерттелген бидай аллоплазмалық сызықтарының агрономиялық тұрақтылығына *Vrn* және *Ppd* гендерінің әсер бергенін айтуға болады.

Қорытынды

Осылайша, жүргізілген зерттеулердің нәтижесі бойынша рецессивті яровизация және фотопериод гендеріндегі аллолиниялардың көпшілігі Мироновская-808 сортының генотипін жалғастыратыны анықталды. Ерекшелік-VRN-B1c доминантты аллелі бар D-n-05 сызығында.

Аллельге тән праймерлерді пайдалана отырып, *PPD-D1* гендерін талдауда D-d-05b және D-d-05 гетерозиготалы күйде доминантты *PPD-D1a* аллелінің болатынын көрсетті. Нәтижесінде D-n-05, D-d-05 және D-d-05b аллоплазмалық сызықтары оқшауланды, олар зерттелетін гендер бойынша генетикалық талдауға сәйкес бидайдың басқа күздік аллоплазмалық сызықтарымен салыстырғанда ертерек егілуі мүмкін. Алынған нәтижелер зерттелген бидай аллоплазмалық сызықтарының агрономиялық тұрақтылығына *Vrn* және *Ppd* гендерінің әсері болатынын көрсетті.

Қаржыландыру көзі

Жұмыс АР05131734 «Құрғақшылыққа төзімділігіне байланысты тұраралық будандастыру нәтижесінде алынған, бидайдың аллоплазмалық сызықтарының фотосинтетикалық аппаратының жұмыс істеуінің физиологиялық және молекулалық-генетикалық ерекшеліктері» атты гранттық қаржыландыру жобасы шеңберінде орындалды (2018-2021 жж.).

Әдебиеттер

1. Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. 2011. Science, Vol. 333, Issue 6042, pp. 616-620. DOI: 10.1126/science.1204531.;
2. Kulkarni M., Soolanayakanahally R., Ogawa S., Uga Y., Selvaraj M.G., Kagale S. Drought Response in Wheat: Key Genes and Regulatory Mechanisms Controlling Root System Architecture and Transpiration Efficiency. Front Chem. 2017; 5: 106. doi:10.3389/fchem. 2017.00106;
3. Schafleitner R., Gutierrez Rosales R O., Gaudin A., Alvarado Aliaga C.A., Martinez G.N., Tincopa Marca L.R. Capturing candidate drought tolerance traits in two native Andean potato clones by transcription profiling of field grown plants under water stress. Plant Physiol. Biochem. 2007; Vol.45: 673-690. doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2007.06.003
4. Kiseleva, A. A., Salina, E. A. (2018). Genetic regulation of common wheat heading time. Russ J. Genet. 54, 375–388. doi: 10.1134/S1022795418030067; Shi, C., Zhao, L., Zhang, X., Lv, G., Pan, Y., Chen, F. (2019). Gene regulatory network and abundant genetic variation play critical roles in heading stage of polyploidy wheat. BMC Plant Biol. 19, 6. doi: 10.1186/s12870-018-1591-z
5. Worland A.J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats
6. vernalization sensitivity // Euphytica. – 1996. – Vol. 89. – P. 49– 57; Berezhnaya, A.; Kiseleva, A.; Leonova, I.; Salina, E. Allelic Variation Analysis at the Vernalization Response and Photoperiod Genes in Russian Wheat Varieties Identified Two Novel Alleles of *Vrn-B3*. *Biomolecules* **2021**, *11*, 1897. https://doi.org/10.3390/biom11121897
7. Pearce S., Vanzetti L.S., Dubcovsky J. Exogenous gibberellins induce wheat spike development under short days only in the presence of VERNALIZATION1 // Plant Physiol. – 2013. – Vol. 163. – P. 1433-1445. https://doi.org/10.1104/pp.113.225854
8. Pearce S., Kippes N., Chen A. et al. RNA-seq studies using wheat PHYTOCHROME B and Phytochrome C mutants reveal shared and specific functions in the regulation of flowering and shade-avoidance pathways // BMC Plant Biol. – 2016. – Vol. 16. – P. 141. https://doi.org/10.1186/s12870-016-0831-3
9. Chen A., Li C., Hu W., Lau M.Y., Lin H., Rockwell N.C., Martin S.S., Jernstedt J.A., Lagarias J.C., Dubcovsky J. Phytochrome C plays a major role in the acceleration of wheat flowering under long-day photoperiod // Proceedings of the National Academy of Science. – 2014. – Vol. 111. – P.10037-10044
10. Pearce S., Kippes N., Chen A. et al. RNA-seq studies using wheat PHYTOCHROME B and Phytochrome

18. C mutants reveal shared and specific functions in the regulation of flower-ing and shade-avoidance pathways // BMC Plant Biol. – 2016. – Vol. 16. – P. 141. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0831-3>
19. Yan L., Fu D., Li C., Blechl A. The Wheat and Barley Vernalization Gene VRN3 Is an Orthologue of FT //
20. Proceedings of the National Academy of Sciences – 2006. – Vol. 103(51). – P.19581-6. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607142103>
21. Chen A, Dubcovsky J. Wheat TILLING mutants show that the vernalization gene VRN1 down-regulates
22. the flowering repressor VRN2 in leaves but is not essential for flowering // PLoS Genet. – 2012. – Vol. 8: e 1003134. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003134>
23. Shcherban A.B., Strygina K.V., Salina E.A. VRN-1 gene- associated prerequisites of spring growth habit in
24. wild tetraploid wheat *T. dicoccoides* and the diploid A genome species // BMC Plant Biology volume – 2015. – Vol. 15, Article number: 94.
25. Орлов П.А. Взаимодействие ядерных и цитоплазматических генов в детерминации развития
26. растений. – Минск, 2001. – С. 170.; Жученко А.А. Роль генетической инженерии в адаптивной системе селекции растений // С.-х. биология. – 2003. – № 1. – С. 3-33.
27. Liu Y., Fiskum G., Schubert D. Generation of reactive oxygen species by the mito-chondrial electron
28. transport chain // J. Neurochem. – 2002. – Vol. 80. – P. 780-787.
29. Семенов О.Г., Мухаммед Тауфик Ахмед Каид. Морфобиологическая характеристика генотипов
30. яровых форм аллоцитоплазматической пшеницы по уровню их стресс-толерантности к засухе // Вестн. РУДН. – 2014. – Т. 2, – С. 5-14.
31. Першина Л.А., Белова Л.И., Трубачева Н.В., Осадчая Т.С., Шумный В.К., Белан И.А., Россеева
32. Л.П. Аллоплазматические рекомбинантные линии (*T. vulgare*)-*T. aestivum* с транслокацией 1RS.1BL: исходные ге- нотипы для создания сортов мягкой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22 (5). – С.544-552. <https://doi.org/10.18699/VJ18.393>
33. Terletsкая N.V., Kurmanbayeva M.S. Change of leaf anatomical parameters of different species of wheat
34. seedlings under conditions of drought and salt stress // Pac. J. Bot. – 2017 – Vol. 49 (3) – P. 857-865. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12161>.
35. Terletsкая N.V., Stupko V.Yu., Altayeva N.A., Kudrna N.O., Blavachinskaya I.V., Kurmanbayeva,
36. M.S., Erezhetova, U. Photosynthetic activity of *Triticum dicoccum* × *Triticum aestivum* alloplasmic lines during vegeta- tion in connection with productivity traits under varying moister conditions //Photosynthetica, 2021, 59(1), стр. 74–83. <https://doi.org/10.32615/ps.2021.003>
37. Likhenko I.E., Stasyuk A.I., Shcherban' A.B., Zyryanova A.F., Likhenko N.I., Salina E.A. Anal-ysis of the
38. allelic variation of the *vrn-1* and *ppd-1* genes in siberian early and medium early va-rieties of spring wheat // Vavilov. J. Gen. Sel. – 2014. – V. 18. – № 4. – P. 691-703.
39. Konopatskaia, I., Vavilova, V., Kondratenko, E. Y., Blinov, A., Goncharov, N. P. (2016). VRN1 genes
40. variability in tetraploid wheat species with a spring growth habit. BMC Plant Biol. 16, 244. doi: 10.1186/s12870-016-0924-z
41. Scarth, R.; Law, C.N. The control of the day-length response in wheat by the group 2 chromosomes. Z.
42. *Pflanzenzücht.* **1984**, 92, 140–150
43. Kumar S, Sharma V, Chaudhary S, Tyagi A, Mishra P, Priyadarshini A, Singh A. Genetics of flowering
44. time in bread wheat *Triticum aestivum*: complementary interaction between vernalization-insensitive and photoperiod- insensitive mutations imparts very early flowering habit to spring wheat. J Genet. 2012;91(1):33-47. doi: 10.1007/s12041-012- 0149-3
45. Worland, A.J.; Börner, A.; Korzun, V.; Li, W.M.; Petrović, S.; Sayers, E.J. The influence of photoperiod
46. genes on the adaptability of European winter wheats. *Euphytica* **1998**, 100, 385–394 ; Hunt, L.A. Photoperiodic responses of winter wheats from different climatic regions. *J. Plant Breed* **1979**, 82, 70–80.
47. Muterko A., Kalendar R., Salina E. Novel alleles of the Vernalization1 genes in wheat are associated with
48. modulation of DNA cur-vature and exibility in the promoter region // BMC Plant Biol. – 2016. – Vol. 16 (1). – P. 9. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0691-2>
49. Terletsкая N.V., Stupko V.Yu., Altayeva N.A., Kudrna N.O., Blavachinskaya I.V., Kurmanbayeva,
50. M.S., Erezhetova, U. Photosynthetic activity of *Triticum dicoccum* × *Triticum aestivum* alloplasmic lines during vegeta- tion in connection with productivity traits under varying moister conditions //Photosynthetica, 2021, 59(1), стр. 74–83. <https://doi.org/10.32615/ps.2021.003>

References

1. Orlov P.A. Vzaimodejstvie yadernyh i citoplazmaticheskikh genov v determinacii razvitiya rastenij. –
2. Minsk, 2001. – S. 170.; ZHuchenko A.A. Rol' geneticheskoy inzhenerii v adaptivnoj sisteme selekcii rastenij // S.-h. biologiya. – 2003. – № 1. – S. 3-33.
3. Pershina L.A., Belova L.I., Trubacheeva N.V., Osadchaya T.S., SHumnyj V.K., Belan I.A., Rosseeva L.P.
4. Alloplazmaticheskie rekombinantnye linii (H. vulgare)-T. aestivum s translokaciej 1RS.1BL: iskhodnye genotypy dlya sozdaniya sortov myagkoj pshenicy // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. – 2018. – T. 22 (5). – С.544-552. <https://doi.org/10.18699/VJ18.393>
5. Semenov O.G., Muhammed Taufik Ahmed Kaid. Morfobiologicheskaya harakteristika genotipov yarovyh
6. form allocitoplazmaticheskoy pshenicy po urovnyu ih stress-tolerantnosti k zasuhe // Vestn. RUDN. – 2014. – T. 2, – С. 5-14.
7. Chen A, Dubcovsky J. Wheat TILLING mutants show that the vernalization gene VRN1 down-regulates
8. the flowering repressor VRN2 in leaves but is not essential for flowering // PLoS Genet. – 2012. – Vol. 8: e 1003134. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003134>
9. Chen A., Li C., Hu W., Lau M.Y., Lin H., Rockwell N.C., Martin S.S., Jernstedt J.A., Lagarias J.C.,
10. Dubcovsky J. Phytochrome C plays a major role in the acceleration of wheat flowering under long-day photoperiod // Proceedings of the National Academy of Science. – 2014. –Vol. 111. – P.10037-10044
11. Kiseleva, A. A., Salina, E. A. (2018). Genetic regulation of common wheat heading time. Russ J. Genet.
12. 54, 375–388. doi: 10.1134/S1022795418030067; Shi, C., Zhao, L., Zhang, X., Lv, G., Pan, Y., Chen, F. (2019). Gene regulatory network and abundant genetic variation play critical roles in heading stage of polyploidy wheat. BMC Plant Biol. 19, 6. doi: 10.1186/s12870-018-1591-z
13. Konopatskaia, I., Vavilova, V., Kondratenko, E. Y., Blinov, A., Goncharov, N. P. (2016). VRN1 genes
14. variability in tetraploid wheat species with a spring growth habit. BMC Plant Biol. 16, 244. doi: 10.1186/s12870-016-0924-z
15. Kulkarni M., Soolanayakanahally R., Ogawa S., Uga Y., Selvaraj M.G., Kagale S. Drought Response in
16. Wheat: Key Genes and Regulatory Mechanisms Controlling Root System Architecture and Transpiration Efficiency. Front Chem. 2017; 5: 106. doi:10.3389/fchem. 2017.00106;
17. Kumar S, Sharma V, Chaudhary S, Tyagi A, Mishra P, Priyadarshini A, Singh A. Genetics of flowering
18. time in bread wheat Triticum aestivum: complementary interaction between vernalization-insensitive and photoperiod-insensitive mutations imparts very early flowering habit to spring wheat. J Genet. 2012;91(1):33-47. doi: 10.1007/s12041-012-0149-3
19. Likhenko I.E., Stasyuk A.I., Shcherban' A.B., Zyryanova A.F., Likhenko N.I., Salina E.A. Analysis of the
20. allelic variation of the vrn-1 and ppd-1 genes in siberian early and medium early varieties of spring wheat // Vavilov. J. Gen. Sel. – 2014. – V. 18. – № 4. – P. 691-703.
21. Liu Y., Fiskum G., Schubert D. Generation of reactive oxygen species by the mitochondrial electron
22. transport chain // J. Neurochem. – 2002. – Vol. 80. – P. 780-787.
23. Lobell D.B., Schlenker W., Costa-Roberts J. Climate Trends and Global Crop Production Since 1980.
24. 2011. Science, Vol. 333, Issue 6042, pp. 616-620. DOI: 10.1126/science.1204531.;
25. Muterko A., Kalendar R., Salina E. Novel alleles of the Vernalization1 genes in wheat are associated with
26. modulation of DNA curvature and exibility in the promoter region // BMC Plant Biol. – 2016. – Vol. 16 (1). – P. 9. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0691-2>
27. Pearce S., Kippes N., Chen A. et al. RNA-seq studies using wheat PHYTOCHROME B and Phytochrome
28. C mutants reveal shared and specific functions in the regulation of flowering and shade-avoidance pathways // BMC Plant Biol. – 2016. – Vol. 16. – P. 141. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0831-3>
29. Pearce S., Kippes N., Chen A. et al. RNA-seq studies using wheat PHYTOCHROME B and Phytochrome
30. C mutants reveal shared and specific functions in the regulation of flowering and shade-avoidance pathways // BMC Plant Biol. – 2016. – Vol. 16. – P. 141. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0831-3>
31. Pearce S., Vanzetti L.S., Dubcovsky J. Exogenous gibberellins induce wheat spike development under
32. short days only in the presence of VERNALIZATION1 // Plant Physiol. – 2013. – Vol. 163. – P. 1433-1445. <https://doi.org/10.1104/pp.113.225854>
33. Scarth, R.; Law, C.N. The control of the day-length response in wheat by the group 2 chromosomes. Z.
34. Pflanzenzücht. **1984**, 92, 140–150
35. Schafleitner R., Gutierrez Rosales R O., Gaudin A., Alvarado Aliaga C.A., Martinez G.N., Tincopa Marca
36. L.R. Capturing candidate drought tolerance traits in two native Andean potato clones by transcription profiling of field grown plants under water stress. Plant Physiol. Biochem. 2007; Vol.45: 673-690. doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2007.06.003
37. Shcherban A.B., Strygina K.V., Salina E.A. VRN-1 gene-associated prerequisites of spring growth habit in
38. wild tetraploid wheat T. dicoccoides and the diploid A genome species // BMC Plant Biology volume – 2015. – Vol. 15, Article number: 94.

39. Terletsкая N.V., Kurmanbayeva M.S. Change of leaf anatomical parameters of different species of wheat seedlings under conditions of drought and salt stress // *Pac. J. Bot.* – 2017 – Vol. 49 (3) – P. 857-865. <https://doi.org/10.5897/AJB2013.12161>.
41. Terletsкая N.V., Stupko V.Yu., Altayeva N.A., Kudrna N.O., Blavachinskaya I.V., Kurmanbayeva, M.S., Erezhetova, U. Photosynthetic activity of *Triticum dicoccum* × *Triticum aestivum* alloplasmic lines during vegetation in connection with productivity traits under varying moisture conditions // *Photosynthetica*, 2021, 59(1), стр. 74–83. <https://doi.org/10.32615/ps.2021.003>
43. Terletsкая N.V., Stupko V.Yu., Altayeva N.A., Kudrna N.O., Blavachinskaya I.V., Kurmanbayeva, M.S., Erezhetova, U. Photosynthetic activity of *Triticum dicoccum* × *Triticum aestivum* alloplasmic lines during vegetation in connection with productivity traits under varying moisture conditions // *Photosynthetica*, 2021, 59(1), стр. 74–83. <https://doi.org/10.32615/ps.2021.003>
45. Worland A.J. The influence of flowering time genes on environmental adaptability in European wheats vernalization sensitivity // *Euphytica*. – 1996. – Vol. 89. – P. 49– 57; Berezhnaya, A.; Kiseleva, A.; Leonova, I.; Salina, E. Allelic Variation Analysis at the Vernalization Response and Photoperiod Genes in Russian Wheat Varieties Identified Two Novel Alleles of *Vrn-B3*. *Biomolecules* **2021**, *11*, 1897. <https://doi.org/10.3390/biom11121897>
47. Worland, A.J.; Börner, A.; Korzun, V.; Li, W.M.; Petrović, S.; Sayers, E.J. The influence of photoperiod genes on the adaptability of European winter wheats. *Euphytica* **1998**, *100*, 385–394 ; Hunt, L.A. Photoperiodic responses of winter wheats from different climatic regions. *J. Plant Breed* **1979**, *82*, 70–80.
49. Yan L., Fu D., Li C., Blechl A. The Wheat and Barley Vernalization Gene VRN3 Is an Orthologue of FT //
50. Proceedings of the National Academy of Sciences – 2006. – Vol. 103(51). – P.19581-6. <https://doi.org/10.1073/pnas.0607142103>

А.Н. Сарсенова^{1*}, **С.А. Абиев¹**, **Т.Е. Дарбаева²**

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

²М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Қазақстан, Орал қ.

* e-mail: assemgulsarsenova@gmail.com

AMANITA VITTADINII (MORETTI) VITTAD. (AMANITACEAE, BASIDIOMYCOTA) ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АҒҒАРЫ ҮШІН АЛҒАШ РЕТ АНЫҚТАЛҒАН МИКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒАЛЫҚ

Бұл мақалада 2019-2022 жылдар аралығында Батыс Қазақстан облысы шегіндегі Жайық өзені ағары орманды алқабының микобиотасын зерттеу барысында аймақта алғаш рет анықталған, зерттеу аймағы үшін микологиялық жаңалық болып табылатын түр – *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. жайлы мәліметтер көрсетілген. Далалық зерттеу жұмыстары негізінде бұл аймақ үшін бұрын-соңды тіркелмеген географиялық жаңалық, сапротрофты қалпақшалы саңырауқұлақ – *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. жаңа ареалы анықталды. Зерттелген үлгілердің макро және микроморфометриялық сипаттамалары, анықталған тіршілік ортасы мен табиғи кешеніне сипаттама беріліп, әрі орман түзуші және шалғын түзуші негізгі қауымдастықтарға да геоботаникалық сипаттама жасалды.

Бұрындары бұл түр еліміздің тек оңтүстік аймақтары үшін ғана белгілі болатын, оның өзінде де тек бірен-сараң нүктелерінде ғана анықталғандықтан микологиялық тұрғыда аз зерттелген, және де ондағы мәліметтер жүйесіз, фрагментарлық сипатта. Ал Жайық өзені ағарына қатысты айтатын болсақ бұл түр зерттелмеген түрлер қатарына жатады. Дегенмен, зерттеу нысанының экожүйедегі орны зор, редуценттер жүйесінің белсенді бір бөлігі болып табылатыны белгілі. Мақалада келтірілген мәліметтер тек Жайық өзені ағары үшін ғана емес, еліміздің жалпы микофлоралық алуантүрлілігіне баға беру мәселесіне де қатысты құнды деректер қатарына жатады деген ойдамыз.

Түйін сөздер: Basidiomycota, *Amanita vittadinii*, макромицет, Жайық өзені, географиялық жаңалық, биоалуантүрлілік.

A.N. Sarsenova^{1*}, S.A. Abiev¹, T.E. Darbayeva²

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

²Makhambet Utemisov West Kazakhstan University, Kazakhstan, Uralsk

* e-mail: assemgulsarsenova@gmail.com

***Amanita vittadinii* (Moretti) vittad. (Amanitaceae, Basidiomycota) new mycological find for ural river valley**

Research work on the identification of the species composition of the mycobiota of the Ural Valley within the West Kazakhstan region was carried out in the forest communities of the region from 2019 to 2022. This article presents data on the first find of *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. in the study area. Based on field studies, a new habitat of the saprotrophic cap mushroom *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad was first discovered. Previously not marked for this region and being a geographical novelty. The article describes the macro and micromorphometric characteristics of the find, its locations and natural complexes in the places of growth of the species, and a geobotanical description of the main forest-forming and meadow-forming communities was also carried out.

Previously, this species was known only in the southern regions of the country, and even there it is little studied from a mycological point of view, and the information there is haphazard and fragmentary. And in the valley of the Ural River, this species is one of the unexplored species. However, it is known that the object of study occupies a large place in the ecosystem and is an active part of the reducent system. We believe that the information presented in the article is of value not only for the Ural River valley, but also for assessing the overall mycofloric diversity of the country.

Key words: Basidiomycota, *Amanita vittadinii*, macromycete, Ural river, geographical novelty, biodiversity.

А.Н. Сарсенова^{1*}, С.А. Абиев¹, Т.Е. Дарбаева²

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

²Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Казахстан, г. Уральск

*e-mail: assemgulsarsenova@gmail.com

***Amanita Vittadinii* (Moretti) Vittad. (Amanitaceae, Basidiomycota) –
новая микологическая находка для долины р. Урал**

Научно-исследовательские работы по выявлению видового состава микобиоты долины реки Урал в пределах Западно-Казахстанской области проводились в лесных сообществах региона с 2019 по 2022 год. В данной статье представлены данные о первой находке *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. на исследуемой территории. На основе полевых исследований впервые обнаружен новый ареал обитания сапротрофного шляпочного гриба *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. ранее не отмеченного для данного региона и являющегося географической новинкой. В статье описаны макро – и микроморфометрические характеристики находки, ее места нахождения и природные комплексы в местах произрастания вида, также было проведено геоботаническое описание основных лесообразующих и лугообразующих сообществ.

Ранее этот вид был известен только в южных регионах страны, да и там он мало изучен с микологической точки зрения, а сведения там бессистемны и отрывочны. А в долине р.Урал этот вид относится к числу неизученных видов. Однако известно, что объект исследования занимает большое место в экосистеме и является активной частью системы редуцентов. Считаем, что информация, представленная в статье, представляет ценность не только для долины реки Урал, но и для оценки общего микофлорного разнообразия страны.

Ключевые слова: Basidiomycota, *Amanita vittadinii*, макромицет, река Урал, географическая новинка, биоразнообразие.

Кіріспе

Amanita Pers. бүкіл әлемде таралған және көптеген жеуге жарамды, сонымен қатар улы және тіпті өлімге әкелетін саңырауқұлақтардан тұратын морфотаксондық туыс. Молекулалық филогенетика тұрғысынан да саңырауқұлақтардың ең танымал, космополит туыстарының бірі болып табылады [1-4].

Сондай-ақ бұл туыс ашық және жабықтұқымды өсімдіктермен эктомикоризалық ассоциация құрайтыны, әрі экожүйелерде маңызды рөл атқаратыны белгілі [5-9]. *Amanita* түрлерінің басым көпшілігі симбиотрофты болғанымен, арасында санаулы сапротрофты түрлері де кездеседі [9-11]. Бүгінгі таңда *Amanita* туысының 500-ге тарта түрлері анықталған [1, 8], алайда егер әлі сипатталмаған түрлерді есепке алсақ, бұл сан 900-ден астамға жетуі мүмкін [9-18]. Олардың 100-ге жуық түрі улы екені белгілі болса, 50-дей түрі жеуге жарамды болып табылады. Қалған түрлерінің жеуге жарамдылық деңгейі белгісіз. Жеуге жарамды өкілдері әлемнің көптеген елдерінде тұтынылып, экономика жағынан тиімді түрлер қатарынан орын алады [19-29].

Amanita туысы өкілдерінің жемісті денелері ірі, вольвалы немесе жекеше жамылғының қалдықтары түрінде сақталып, солып, өлген кезінде ыдырай бастайды [26].

Қалпақшасыменаяқшасыетженді, бір-бірінен оңай ажыратылады. Бастапқы даму кезеңдерінде жемісті денесі ортақ жамылғыда сақталып, кейін жамылғы жыртылып, түйнек тәрізді аяқшаның (аяқшасының жуандаған төменгі бөлігінде) негізінде бос немесе бітiсе өскен қапшық сияқты қынап (velum) түрінде қалады [27]. Бұл жамылғы аяқшаның төменгі бөлігінде және қалпақшаның төбе бетінде, жапалақ қабыршақ түрінде сақталады да, қалпақшаға механикалық әсер еткенде кутикуладан жеңіл ажырайды. Жекеше жамылғысы аяқшада бір немесе екі қабатты сақина түзеді немесе болмайды. Желбезектері (пластинкалары) бос, бекіп дамыған, ақ түсті, кейде сарғыш түсті [30-31].

Споралары түссіз, тегіс, дөңгелектен, эллипс тәрізді, әдетте ірі, споралар массасы ақ, немесе ақшыл-жасыл [30-31].

Жапырақты және қылқанжапырақты ағаш жыныстарымен эктомикориза түзеді [9-11, 30].

Біздің елімізде бұл туыс өкілдерінің таралуы жөніндегі алғашқы ақпарат «Қазақстанның споралы өсімдіктер флорасы» 13 томдық жинағының 13-кітабында (1-бөлім) көрсетілген. Мұнда елімізде анықталып, тіркелген *Amanita* туысының 18 түрі жіті сипатталып, таралу аймақтары қамтылған құнды мағлұмат берілген [30]. Соңғы қолжазбаларда *Amanita battarrae* (Boud.) Bon, *Amanita crocea* (Qu l.) Singer түрлері Қазақстан Республикасы үшін жаңа

түрлер екендігі көрсетілген [32]. Алайда *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. [33-34] сирек кездесетін, кей елдерде Қызыл Кітапқа енген түр [35-36] болып табылатын бұл макромицет кітаптың систематикалық бөлімі қалыптастырылғаннан кейін анықталды. Кейінгі микологиялық зерттеулер барысында елімізде бұл түрдің таралу ареалы туралы ақпарат толығы түсті. Атап айтсақ, соңғы жылдарда ҚР Ботаника және фитоинтродукция институтының гербарлық қорында сақталған үлгі Алматы облысы, Күш ауылы, Түрген өзені жайылмасы, шөпте, орман белдеуіне жақын маңайда (25.05.2016, Leg. И.Ф.Бородихин, Teste. Г.А.Нам) анықталған. Осы жылы солтүстік микробелдеу, Қазалы ауылы маңынан батысқа қарай, сайда (N 44°23'12.0'' E O 77°28'58.2'') 21.07.2016 ж. Е.В.Рахимова бұл түрдің жаңа мекен-ортасын тіркеген [37]. Дегенмен бұл түрдің өзге өңірлерде таралуы жөніндегі мәліметтер жоқтың қасы. Әсіресе микологиялық тұрғыда нашар зерттелген Жайық өзені аңғарында бұл туралы дерек бүгінге дейін мүлде тіркелмеген.

Қазақстан аумағынан анықталуы жөніндегі ақпараттардың шектеулілігін ескерсек, микологиялық тұрғыда біркелкі зерттелмеген, мәліметтері фрагментарлы көрініс тапқан Жайық өзені аңғарынан ресурстық әлеуеті аз зерттелген ағзалар тобына, экожүйедегі орны зор, редуценттер жүйесінің бөлігі болып табылатын *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. саңырауқұлағының жаңа мекен ортасын анықтау әлемдік басымдықтардың қатарындағы – биоалуантүрлілікті сақтау алғышарттарының бірі екені сөзсіз.

Осыған орай, жұмыстың мақсаты: Батыс Қазақстан облысы шегіндегі Жайық өзені аңғарында алғаш рет анықталған *Amanitaceae* тұқымдасына жататын *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. саңырауқұлағының таралу жағдайына сипаттама беру.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны: *Amanita* туысының өкілі *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad.

Зерттеу материалдары автордың өзінің Батыс Қазақстан облысы шегінде Жайық өзені аңғарына 2019-2022 жж. алдын-ала белгіленген, маршрутты әдіспен жүргізілген жоспарлы ғылыми экспедициялық зерттеулер нәтижесінде

жалпы саны 50-ге жуық далалық зерттеу жұмыстары негізінде алынды.

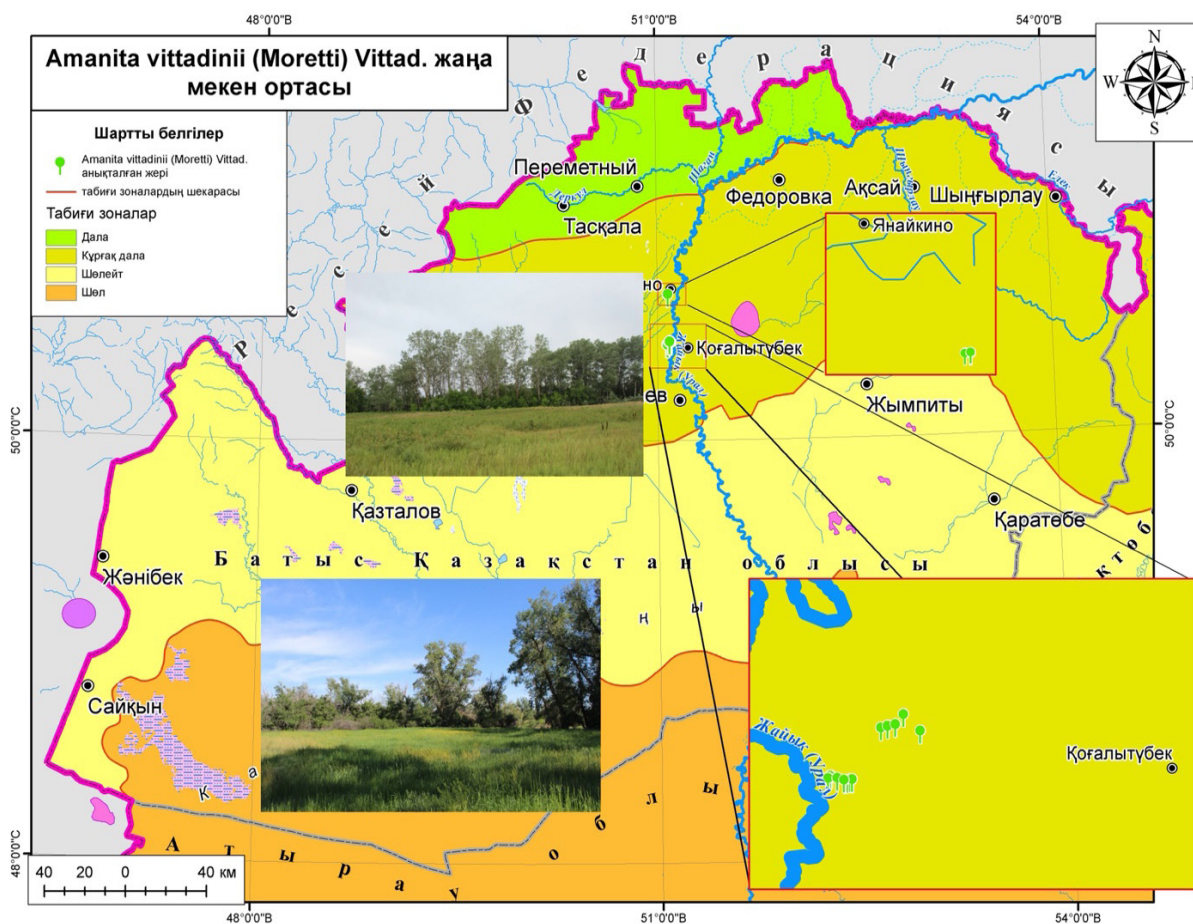
Саңырауқұлақтың жемісті денелерін жинау, кептіру және сақтау, олардың таралу ерекшеліктерін, субстраттарын, өсіп тұрған ортасындағы өсімдіктер қауымдастығын анықтау микологиялық және ботаникалық зерттеулерде қолданылып жүрген әдістерге сүйене отырып жүргізілді, гербарийлеу кезінде жойылатын макроморфологиялық белгілерін сипаттау үшін жемісті денелері суретке түсірілді. Үлгілердің жемісті денесін суретке түсіру үшін Canon EOS 4000D камерасы мен Iphone 12 камерасы қолданылды. Гербарилеуге және ұзақ мерзімге сақтауға арналған саңырауқұлақтың жемісті денелері зиянкестерден залалсыздандыру кептіргіш шкафтарда 50-55°C-та 30-40 мин бойы жүргізілді. Әрбір саңырауқұлақ үлгісі тиісті өңдеуден өткізілген соң арнайы нөмірленген қаптамада сақтауға қойылды. Әр қаптамада саңырауқұлақ үлгісінің реестрлік номері, түрлік атауы, жиналған жері мен күні және коллектордың аты-жөні көрсетілді.

Саңырауқұлақ түрлерін идентификациялау үлгінің морфологиялық сипаттамасы негізінде үлгілердің балғын (свежий) және кептірілген күйінде, сонымен қоса далалық жағдайда сипатталған белгілер мен суреттерді талдау көмегімен жүргізілді. Саңырауқұлақтың жемісті денелерінің, базидияларының және спораларының макро- және микроөлшемдері бинокулярлық лупалар, Olympus DP72 микроскопы мен EVOS® FL/FL Color флуоресцентті микроскопын пайдалана отырып жасалды, суретке түсірілді.

Саңырауқұлақтардың атауы мен авторлық аббревиатура Index Fungorum (www.indexfungorum.org) мәліметтер базасына [38], өсімдіктердікі International Plant Names Index (IPNI 2008) [39] сәйкес көрсетілді.

Зерттеу нәтижелері мен талдаулар

Батыс Қазақстан облысы шегінде Жайық өзені аңғары орманды алқабының макромицеттер алуантүрлілігін зерттеу мақсатында жүргізілген ғылыми экспедиция барысында біздің аймақ үшін алғаш рет, географиялық жаңа түр *Amanita Persoon* (Basidiomycota, *Amanitaceae*) туысының өкілі *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. анықтадық (сурет 1).



1-сурет – *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. популяциясының анықталған жері

Taxonomic Description: қалпақшасының диаметрі (4) 7–16 (21) см, қалың етженді, алдымен жартылай дөңгелектенген, кейін кең қоңырау тәрізді, ортасы доғал шығыңқы, түсі ақшыл, кейде әлсіз жасыл немесе қоңырлау, қалпақшасы мен аяқшасы ірі жапалақ қабыршақтармен жамылған, жиегі бойынша да қабыршақталған. Қабыршақтары ірі бұрыс пирамида тәрізді, дөңгелектенген пішінге ие, үлпілдек, бұл саңырауқұлақтың жасына қарай жұқа, тегіс, тісшелі күйде шеттеріне қарай қабыршақталады. Пластинкалары кең, бос, жиі, алдымен ақ, кейінірек сұр-кілегей реңкке ие. Трамалары билатеральды, гифтерінің диаметрі 4 – 18 мкм, аяқшасы центрлік, ақ, цилиндр тәрізді, аяқшасының негізіне қарай жіңішкерген 8–16 × 1,5–2,5 см, берік, нығыз, қос қабатты, қабыршақты, ақшыл сақиналы, одан төменірек концентрлі орналасқан ақ үшкірленген қабыршақтармен қапталған. Алайда ол тек вольвалы жас үлгілерде байқалады да, тез жоғалады (сурет 2).

Базидиялары төрт стеригмалы, 45-60×11-14 мкм, түйреуіштәрізді. Стеригмаларының биіктігі 4 – 4,5 мкм. Спора ұнтағы ақшыл, споралары түссіз, жұмыртқа тәріздес, 8 -13 ×6-8 мк, ұзынша келген эллипсоидты, бұрыс эллипсоидты, тегіс, амилоидты. Мәйегі ақ, автототықсыздану кезінде аздап сарғайып, әлсіз жағымды иісі болды (сурет 3).

Зерттеу нысаны *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. анықталған орта Жайық өзені аңғарының орталық жайылмасын алып жатыр. Орталық жайылма төрт негізгі топпен көрініс тапқан. Мұндағы алғашқы топты астық тұқымдастары *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Poa pratensis* L., *Festuca ovina* L., *Poa angustifolia* L., *Agropyron pectinatum* (M. Bieb.) P. Beauv. құрайтын шалғындық ценоздардан тұрады. Екінші топты орталық жайылманың ойпаң жерлерінде таралған *Carex acutiformis* Ehrh., *Carex acuta* L., *Carex praecox* Schreb., *Carex melanostachya* M. Bieb. ex Willd. қиякөлендер

құраса, үшінші топ *Glycyrrhiza glabra* L., *Lathyrus tuberosus* L., *Medicago falcata* L., *Pseudosophora alopecuroides* (L.) Sweet, *Vicia cracca* L., бұршақтұқымдастарынан құралған.

Шөптесін *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Rumex confertus* Willd., *Polygonum aviculare* L., *Ranunculus pedatus* Waldst. & Kit. және т.б. құралған шөптесін өсімдіктерден тұрады.



a



b



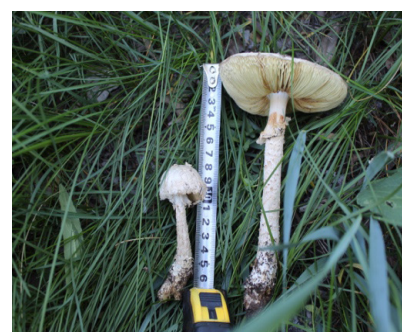
c



d



e



f



g



h

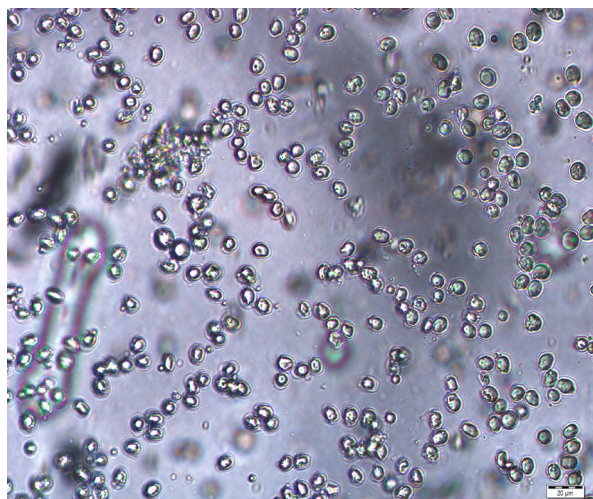


i

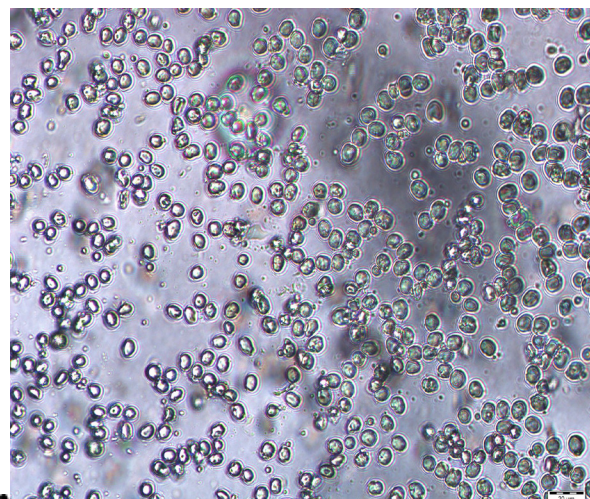
2-сурет – *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. макроморфологиялық ерекшеліктері, а – с – жас (балғын) базидиомалары, d – ірі жапалақ қабыршақтармен қапталған қалпақшасы, e – гименофоры мен жеке жамылғы қалдығы, сақинасы, f – i – ескі үлгілері. Pictures by A.Sarsenova

Орталық жайылмада шалғындық ценоздардан басқа ағаш және бұта тектес ормандық қауымдастықтар да қалыптасқан. Олар *Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L., *Ulmus laevis* Pall., *Salix alba* L., *Acer negundo* L. сияқты негізгі орман құраушы жыныстардан тұрды. Орман ағаштарының бұталы ярусын

Prunus spinosa L., *Rosa canina* L., *Rhamnus cathartica* L., *Lonicera tatarica* L. құрайды. Шөптесін жамылғыда *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth., *Leonurus cardiaca* L., *Cynoglossum officinale* L., *Glycyrrhiza glabra* L., *Dracocephalum ruyschiana* L., *Arctium lappa* L. және т.б. өседі.



a



b

3-сурет – *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. споралары

Amanita vittadinii (Moretti) Vittad. зерттеу аумағындағы біз анықтаған мекен-ортасы Жайық өзені аңғары жайылмасының ойпаң жерлеріндегі ақ (*Populus alba*) және қара теректі (*Populus tremula*) аралас орман жиегіндегі барқытжапырақты (*Glechoma hederacea*) – қоңырбасты (*Poa pratensis*), жыланбасты (*Dracocephalum thymiflorum*) – қылтанақсыз арпабасты (*Bromopsis inermis*), қияқөленді (*Carex praecox*), бидайықты (*Agropyron pectinatum*) – қылтанақсыз арпабасты (*Bromopsis inermis*), жатаған бидайықты (*Elytrigia repens*) – қылтанақсыз арпабасты (*Bromopsis inermis*) қауымдастықтарда анықтадық. Сонымен бірге ақ теректі орман (*P. alba*), ақ теректі (*P. alba*) – қияқөленді (*Carex acutiformis*), ақ теректі (*P. alba*) – бүлдіргенді (*Rubus caesis*) ақ теректі (*P. alba*) – миялы (*Glycyrriza glabra*), шегіршінді (*Ulmus laevis*) – барқытжапырақты (*Glechoma hederacea*), талды (*Salix alba*) – қияқөленді (*C. melanostachya*), шегіршінді (*U. laevis*), – бүлдіргенді (*R. caesis*), шегіршінді (*U. laevis*) – кирказонды (*Aristolochia clematites*) қауымдастықтарда бірінші рет тіркеп, анықтадық.

Жалпы, Жайық өзені Батыс Қазақстан облысының солтүстігінен оңтүстігіне дейін субмеридиандық бағытта бірнеше географиялық зоналар арқылы (дала, жартылай шөлейт және шөл аймақтары) ағып өтеді. Су сақтағыш, алқап, арна сипаттары бойынша Жайық өзені 3 – ке бөлінеді (ағыстар): жоғарғы, орта, және төменгі [40]. Батыс Қазақстан облысы шегінде Жайық өзенінің орта және төменгі ағыстары өтеді. Жайық

өзенінің алқабы Батыс Қазақстан шегінде орта есеппен 830 км – ге созылады [40]. Жайық өзені жайылмасы мен аңғары Батыс Қазақстанның биоалуантүрлілігінің интроаймақтық орталығы. Біздің 2019-2022 жж. аралығында жүргізілген ғылыми – зерттеу жұмыстарымыздың барысында бұл ұлан-ғайыр аумақ түгел дерлік негізгі кілтті аумақтары негізінде қамтылып, микологиялық зерттеулер жүргізіле бастады, бұл аумақтың микобиотасы жөніндегі ақпарат та толығы түсті. Десе де бұл тұста ескере кететін негізгі жайт, біз *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. түрін бұл жылдар аралығында тек Жайық өзенінің төменгі ағысында орналасқан Қоғалытүбек және Янайкино ауылдары маңынан жоғарыда көрсетілген қауымдастықтардан анықтадық. Нақтырақ айтсақ, Жайық өзенінің сол жағалауы, Қоғалытүбек ауылы маңы, реликт Бобровое көлінің қасындағы Жайық өзені орталық жайылмасындағы қауымдастықтарда анықталды. Бұл аймақ далалық және шөлейтті зонаның шекарасында орналасқан болса, Янайкино ауылы Жайықтың оң жағалауында, жартылай шөлейтті және шөлді аймақтың шегінде орналасқан. Янайкино ауылы маңындағы ұсақжапырақты аралас орман (*Populus alba* L., *Populus nigra* L., *Populus tremula* L.) жиегіндегі ақтеректі – миялы – ерте қияқөленді, ақтеректі – ақ бидайықты қауымдастықтарда, сонымен бірге тарақ бидайықты – қылтанақсыз арпабасты, жатаған бидайықты – ерте қияқөленді, астықтұқымдасты – айыр қазтабанды, жыланбасты – қылтанақсыз арпабасты қауымдастықтардан тұратын дала-

ланған шалғындардан *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. анықтап, жаңа таралу ареалын белгіледік. Бобровое көлі маңынан бұл түрді далалық зерттеу жұмыстарының көктемгі және жазғы маусымында кездестірсек, Янайкино ауылы маңынан нағыз жазғы маусымда анықтадық.

Қорытынды

Бүгінде құрғақ (аридті) аймақтардағы биоалуантүрлілікті қорғау аса маңызды, әсіресе бұл орайда бірегей табиғи кешен болып табылатын Жайық өзені аңғары микобиотасы қызығушылық тудыратыны сөзсіз. Микологиялық тұрғыда арнайы зерттеулер жүргізілмеген аймақ үшін анықталған жаңа түр мұндағы

макромицеттердің алуантүрлілігі жөніндегі ақпараттың молая түсуіне әкелетіні айқын. Сонымен зерттеу жұмысымыздың нәтижесінде Жайық өзені аңғары үшін бұрын-соңды белгіленбеген, алғаш рет анықталған, географиялық жаңалық болып табылатын *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. анықталған мекен ортасына геоботаникалық сипаттама жасалды. *Amanita vittadinii* (Moretti) Vittad. таксономиялық сипаттамасы, биоэкологиялық ерекшелігі көрсетілді, жаңа таралу ареалы анықталды. Әрине, зерттеу аумағының орманды алқаптарымен қоса жайылмалық шалғындар микобиотасына қарқынды зерттеу жұмыстарын жүргізуді жалғастыру әлі де ғылымдағы мәнді қалпақшалы саңырауқұлақ таксондарын анықтауға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

- 1 Tulloss R. E. *Amanita*-distribution in the Americas, with comparison to eastern and southern Asia and notes on spore character variation with latitude and ecology // *Mycotaxon*. – 2005. – Т. 93. – №. 189. – С. e231.
- 2 Harvey G. Letcher, Andy. 2007. *Shroom: A Cultural History of the Magic Mushroom*. New York: Ecco. ISBN 0 06 082828 5. pbk. 384 pages // *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture*. – 2007. – Т. 1. – №. 3. – С. 402-403.
- 3 Cai Q. et al. Multi-locus phylogeny of lethal amanitas: Implications for species diversity and historical biogeography // *BMC Evolutionary Biology*. – 2014. – Т. 14. – №. 1. – С. 1-16. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-14-143>
- 4 Cai Q., Cui Y. Y., Yang Z. L. Lethal amanita species in China // *Mycologia*. – 2016. – Т. 108. – №. 5. – С. 993-1009.
- 5 Yang Z. L. et al. *Amanita* // *Ectomycorrhizal Fungi Key Genera in Profile*. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1999. – С. 201-230. https://doi.org/10.1007/978-3-662-06827-4_8
- 6 Yang Z. L. *Flora fungorum sinicorum*. Vol. 27. *Amanitaceae* // *Science*, Beijing [in Chinese]. – 2005.
- 7 Wolfe B. E., Tulloss R. E., Pringle A. The irreversible loss of a decomposition pathway marks the single origin of an ectomycorrhizal symbiosis // *PLoS one*. – 2012. – Т. 7. – №. 7. – С. e39597. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039597>
- 8 Bas C. et al. A broader view on *Amanita* // *Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola*. – 2000. – Т. 43. – №. 2. – С. 9-12.
- 9 Tulloss R.E., Yang Z.-L. *Studies in the Amanitaceae* [online]. Available from <http://www.amanitaceae.org> [accessed 10 June 2022].
- 10 Bas C. Morphology and subdivision of *Amanita* and a monograph of its section *Lepidella* // *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*. – 1969. – Т. 5. – №. 4. – С. 285-573.
- 11 Hess J., Pringle A. The natural histories of species and their genomes: asymbiotic and ectomycorrhizal *Amanita* fungi // *Advances in botanical research*. – Academic Press, 2014. – Т. 70. – С. 235-257. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397940-7.00008-2>
- 12 Tulloss R. E. et al. *Amanita pruittii*-a new, apparently saprotrophic species from US Pacific coastal states // *Amanitaceae*. – 2014. – Т. 1. – №. 1. – С. 1-9.
- 13 Redhead S. A. et al. *Saproamanita*, a new name for both *Lepidella* E.-J. Gilbert and *Aspidella* E.-J. Gilbert (*Amaniteae*, *Amanitaceae*) // *IMA fungus*. – 2016. – Т. 7. – №. 1. – С. 119-129.
- 14 Yang Z. L., Cai Q., Cui Y. Y. Phylogeny, diversity and morphological evolution of *Amanitaceae* // *Biosystematics and ecology Series*. – 2018. – Т. 34. – С. 359-380.
- 15 Verma R. K., Pandro V. Diversity and distribution of amanitaceous mushrooms in India, two new reports from sal forest of central India // *Indian Journal of Tropical Biodiversity*. – 2018. – Т. 26. – №. 1. – С. 42-54.
- 16 Nascimento C. C. et al. *Amanita dulciodora* (*Amanitaceae*, *Basidiomycota*), a striking new species of *Amanita* section *Lepidella* from Northeast Brazil // *Plant Ecology and Evolution*. – 2018. – Т. 151. – №. 2. – С. 262-270.
- 17 Justo A. et al. Convergent evolution of sequestrate forms in *Amanita* under Mediterranean climate conditions // *Mycologia*. – 2010. – Т. 102. – №. 3. – С. 675-688. <https://doi.org/10.3852/09-1911>
- 18 Yang Z. L. *Atlas of the Chinese species of Amanitaceae* // *Beijing: Science*. – 2015.
- 19 Cui Y. Y. et al. The family *Amanitaceae*: molecular phylogeny, higher-rank taxonomy and the species in China // *Fungal Diversity*. – 2018. – Т. 91. – №. 1. – С. 5-230.
- 20 Jenkins D. T. *Amanita of North America*. – Mad River Press, 1986.
- 21 Yang Z. L. et al. On taxonomic studies of the Chinese *Amanitae* // *Mycosystem*. – 2000. – Т. 19. – №. 3. – С. 435-440.
- 22 Jo J. W. et al. A new species and two new records of *Amanita* (*Amanitaceae*; *Basidiomycota*) from South Korea // *Phytotaxa*. – 2020. – Т. 451. – №. 1. – С. 21-33.

- 23 Zhang L. F., Yang J. B., Yang Z. L. Molecular phylogeny of eastern Asian species of *Amanita* (Agaricales, Basidiomycota): taxonomic and biogeographic implications // *Fungal Divers.* – 2004. – Т. 17. – С. 219-238.
- 24 Kirk P. M. et al. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10th edn Wallingford: CAB International. – 2008.
- 25 Vizzini A. et al. Variability, host range, delimitation and neotypification of *Amanita simulans* (*Amanita* section *Vaginatae*): collections associated with *Helianthemum* grasslands, and epitypification of *A. lividopallescens* // *Phytotaxa.* – 2016. – Т. 280. – №.1. – С. 1–22.
- 26 Yang Z. L., Cai Q., Cui Y. Y. Phylogeny, diversity and morphological evolution of *Amanitaceae* // *Biosystematics and ecology Series.* – 2018. – Т. 34. – С. 359-380.
- 27 Verma R. K., Pandro V., Rao G. R. Two new records of gilled mushrooms of the genus *Amanita* (Agaricales: Amanitaceae) from India // *Journal of Threatened Taxa.* – 2020. – Т. 12. – №. 1. – С. 15194-15200.
- 28 Zhang P. et al. A review on the diversity, phylogeography and population genetics of *Amanita* mushrooms // *Mycology.* – 2015. – Т. 6. – №. 2. – С. 86-93.
- 29 Zhang P. et al. Lethal amanitas of East Asia characterized by morphological and molecular data // *Fungal Diversity.* – 2010. – Т. 42. – №. 1. – С. 119-133.
- 30 Самгина Д. И. Флора споровых растений Казахстана. Т. 13, кн. 1. Агариковые грибы // *Алма-Ата: Наука.* – 1981.
- 31 Абиев С.А. Заманауи микология. – Алматы: Эверо, 2018. – 296 б.
- 32 Fedorenko V. A. Annotated checklist of Basidiomycota new to Republic of Kazakhstan // *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology).* – 2019. – Т. 9. – №. 1. – С. 271-287.
- 33 Vizzini A. et al. Epitypification of *Agaricus vittadinii* (Basidiomycota, Amanitaceae) // *Phytotaxa.* – 2017. – Т. 326. – №.3. – С. 230-234.
- 34 Вассер С. П. Флора грибов Украины. Аманитальные грибы // *К.: Наукова думка.* – 1992. – С. 136-139.
- 35 Tănase C., Pop A. Red list of Romanian macrofungi species // *Bioplatform–Romanian National Platform for Biodiversity. Edit. Academiei Române, București.* – 2005. – С. 101-107.
- 36 Silaeva T. B. et al. Rare plants and fungi: materials for maintenance of the Red Book of the Republic of Mordovia for 2014 // *Publisher of the Mordovia State University, Saransk.* – 2014.
- 37 Рахимова Е.В., Нам Г.А., Ермекова Б.Д., Джетигенова У.К., Кызметова Л.А., Есенгулова Б.Ж. Разнообразие грибов пустынных низкогорий юго-востока Казахстана и хребта Кетмень. – Алматы, 2017. – 296 с.
- 38 Index Fungorum Database. Available from <http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp> (Өтінім берілген күн: 07.09.2021)
- 39 IPNI. 2008. The International Plant Names Index. Author query. Available: <http://www.ipni.org/ipni/authorsearchpage.do>
- 40 Петренко А.З., Джубанов А.А., Фартушина М.М., Чернышев Д.М., Тубетов Ж.М. Природно-ресурсный потенциал и проектируемые объекты заповедного фонда Западно-Казахстанской области – Уральск: РИО ЗКГУ, 2001. – 175 с.

References

- 1 Tulloss R. E. *Amanita*-distribution in the Americas, with comparison to eastern and southern Asia and notes on spore character variation with latitude and ecology // *Mycotaxon.* – 2005. – V. 93. – №. 189. – P. e231.
- 2 Harvey G. Letcher, Andy. 2007. *Shroom: A Cultural History of the Magic Mushroom*. New York: Ecco. ISBN 0 06 082828 5. pbk. 384 pages // *Journal for the Study of Religion, Nature and Culture.* – 2007. – V. 1. – №. 3. – P. 402-403.
- 3 Cai Q. et al. Multi-locus phylogeny of lethal amanitas: Implications for species diversity and historical biogeography // *BMC Evolutionary Biology.* – 2014. – V. 14. – №. 1. – P. 1-16. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-14-143>
- 4 Cai Q., Cui Y. Y., Yang Z. L. Lethal amanita species in China // *Mycologia.* – 2016. – V. 108. – №. 5. – P. 993-1009.
- 5 Yang Z. L. et al. *Amanita* // *Ectomycorrhizal Fungi Key Genera in Profile.* – Springer, Berlin, Heidelberg, 1999. – С. 201-230. https://doi.org/10.1007/978-3-662-06827-4_8
- 6 Yang Z. L. *Flora fungorum sinicorum*. Vol. 27. *Amanitaceae* // *Science, Beijing* [in Chinese]. – 2005.
- 7 Wolfe B. E., Tulloss R. E., Pringle A. The irreversible loss of a decomposition pathway marks the single origin of an ectomycorrhizal symbiosis // *PLoS one.* – 2012. – V. 7. – №. 7. – P. e39597. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039597>
- 8 Bas C. et al. A broader view on *Amanita* // *Bollettino del Gruppo Micologico G. Bresadola.* – 2000. – V. 43. – №. 2. – P. 9-12.
- 9 Tulloss R.E., Yang Z.-L. *Studies in the Amanitaceae* [online]. Available from <http://www.amanitaceae.org> [accessed 10 June 2022].
- 10 Bas C. Morphology and subdivision of *Amanita* and a monograph of its section *Lepidella* // *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi.* – 1969. – V. 5. – №. 4. – P. 285-573.
- 11 Hess J., Pringle A. The natural histories of species and their genomes: asymbiotic and ectomycorrhizal *Amanita* fungi // *Advances in botanical research.* – Academic Press, 2014. – V. 70. – P. 235-257. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397940-7.00008-2>
- 12 Tulloss R. E. et al. *Amanita pruitii*-a new, apparently saprotrophic species from US Pacific coastal states // *Amanitaceae.* – 2014. – V. 1. – №. 1. – P. 1-9.
- 13 Redhead S. A. et al. *Saproamanita*, a new name for both *Lepidella* E.-J. Gilbert and *Aspidella* E.-J. Gilbert (*Amanitaceae*, *Amanitaceae*) // *IMA fungus.* – 2016. – V. 7. – №. 1. – P. 119-129.
- 14 Yang Z. L., Cai Q., Cui Y. Y. Phylogeny, diversity and morphological evolution of *Amanitaceae* // *Biosystematics and ecology Series.* – 2018. – V. 34. – P. 359-380.
- 15 Verma R. K., Pandro V. Diversity and distribution of amanitaceous mushrooms in India, two new reports from sal forest of central India // *Indian Journal of Tropical Biodiversity.* – 2018. – V. 26. – №. 1. – P. 42-54.

- 16 Nascimento C. C. et al. *Amanita dulciadora* (Amanitaceae, Basidiomycota), a striking new species of *Amanita* section *Lepidella* from Northeast Brazil // *Plant Ecology and Evolution*. – 2018. – V. 151. – №. 2. – P. 262-270.
- 17 Justo A. et al. Convergent evolution of sequestrate forms in *Amanita* under Mediterranean climate conditions // *Mycologia*. – 2010. – V. 102. – №. 3. – P. 675-688. <https://doi.org/10.3852/09-1911>
- 18 Yang Z. L. *Atlas of the Chinese species of Amanitaceae* // Beijing: Science. – 2015.
- 19 Cui Y. Y. et al. The family Amanitaceae: molecular phylogeny, higher-rank taxonomy and the species in China // *Fungal Diversity*. – 2018. – V. 91. – №. 1. – P. 5-230.
- 20 Jenkins D. T. *Amanita of North America*. – Mad River Press, 1986.
- 21 Yang Z. L. et al. On taxonomic studies of the Chinese *Amanita* // *Mycosystem*. – 2000. – V. 19. – №. 3. – P. 435-440.
- 22 Jo J. W. et al. A new species and two new records of *Amanita* (Amanitaceae; Basidiomycota) from South Korea // *Phytotaxa*. – 2020. – V. 451. – №. 1. – P. 21–33.
- 23 Zhang L. F., Yang J. B., Yang Z. L. Molecular phylogeny of eastern Asian species of *Amanita* (Agaricales, Basidiomycota): taxonomic and biogeographic implications // *Fungal Divers*. – 2004. – V. 17. – P. 219-238.
- 24 Kirk P. M. et al. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10th edn Wallingford: CAB International. – 2008.
- 25 Vizzini A. et al. Variability, host range, delimitation and neotypification of *Amanita simulans* (*Amanita* section *Vaginatae*): collections associated with *Helianthemum* grasslands, and epitypification of *A. lividopallescens* // *Phytotaxa*. – 2016. – V. 280. – №.1. – P. 1–22.
- 26 Yang Z. L., Cai Q., Cui Y. Y. Phylogeny, diversity and morphological evolution of Amanitaceae // *Biosystematics and ecology Series*. – 2018. – V. 34. – P. 359-380.
- 27 Verma R. K., Pandro V., Rao G. R. Two new records of gilled mushrooms of the genus *Amanita* (Agaricales: Amanitaceae) from India // *Journal of Threatened Taxa*. – 2020. – V. 12. – №. 1. – P. 15194-15200.
- 28 Zhang P. et al. A review on the diversity, phylogeography and population genetics of *Amanita* mushrooms // *Mycology*. – 2015. – V. 6. – №. 2. – P. 86-93.
- 29 Zhang P. et al. Lethal amanitas of East Asia characterized by morphological and molecular data // *Fungal Diversity*. – 2010. – V. 42. – №. 1. – P. 119-133.
- 30 Samgina D.I. (1981) *Flora sporovyh rastenij Kazahstana* [Flora of the spore plants of Kazakhstan. Agarics.] Vol. 13(1). – Alma-Ata. – 272 p. (In Russian)
- 31 Abiev S.A. *Zamanaui mikologiya* [Modern mycology] (Almaty: Evero, 2018. – 296 p.). (In Kazakh)
- 32 Fedorenko V. A. Annotated checklist of Basidiomycota new to Republic of Kazakhstan // *Current Research in Environmental & Applied Mycology (Journal of Fungal Biology)*. – 2019. – V. 9. – №. 1. – P. 271-287.
- 33 Vizzini A. et al. Epitypification of *Agaricus vittadinii* (Basidiomycota, Amanitaceae) // *Phytotaxa*. – 2017. – V. 326. – №.3. – P. 230-234.
- 34 Vasser S. P. *Flora gribov Ukrainy. Amanital'nye griby* [Mushroom flora of Ukraine. Amanita mushrooms] (K.: Naukova dumka) – 1992. – P. 136-139. (In Russian)
- 35 Tănase C., Pop A. Red list of Romanian macrofungi species // *Bioplatform–Romanian National Platform for Biodiversity*. Edit. Academiei Române, București. – 2005. – P. 101-107.
- 36 Silaeva T. B. et al. Rare plants and fungi: materials for maintenance of the Red Book of the Republic of Mordovia for 2014 // *Publisher of the Mordovia State University, Saransk*. – 2014. (In Russian)
- 37 Rahimova E.V., Nam G.A., Ermekova B.D., Dzhetygenova U.K., Kyzmetova L.A., Esengulova B.ZH. (2017) *Raznoobrazie gribov pustynnyh nizkogorij yugo-vostoka Kazahstana i hrebta Ketmen'* [Variety of fungi of desert low mountains of the southeast of Kazakhstan and the Ketmen ridge] – Almaty. – 296 p.
- 38 Index Fungorum Database. Available from <http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp> (Accessed: 07.06.2022)
- 39 IPNI. 2008. The International Plant Names Index. Author query. Available: <http://www.ipni.org/ipni/authorsearchpage.do>
- 40 Petrenko A.Z., Dzhubanov A.A., Fartushina M.M., Chernyshev D.M., Tubetov Zh.M. (2001) Natural and resource potential and designed projects of reserved fund of the West Kazakhstan region. – Ural'sk: RIO ZKGU. – 175 p. (In Russian)

Н.А. Карабаев* , А.Э. Мамашукуров 

Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, Кыргызстан, г. Бишкек

*e-mail: nuru51@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ФИТОМАССЫ ХЛОПЧАТНИКА

Рассматриваются значения органических и минеральных удобрений внесенные на плантациях хлопчатника, возделываемые на орошаемых пашнях сероземов Араванского района Кыргызской Республики при формировании общей фитомассы хлопчатника, т.е. чем больше вноситься удобрений, тем больше продуцируется фитомасса хлопчатника, в т.ч. корневой массы и после уборки урожая хлопка-сырца будет поступать в почву большее количество послеуборочных растительных остатков – основного биоэнергетического материала – служащий на пополнения органического вещества почв. Варианты опыта с применением рекомендуемых доз минеральных удобрений, а также 1,5 и 0,5 норм работают на увеличение как общей фитомассы, так и урожайности хлопка-сырца, причем с увеличением количества минеральных удобрений повышаются их показатели. В постпандемийный период коронавируса, когда во- всем мире наблюдается резкое поднятие цен на минеральные удобрения повсеместно возрастает значение органических и зеленых удобрений и на этом фоне варианты опыта с применением навоза, озимых сидеральных растений и применение послеуборочных растительных остатков хлопчатника гозо-паи, представляют основные элементы зеленой экономики и имеют перспективы применения на плантациях хлопчатника. Варианты нашего опыта с применением навоза, озимых сидеральных растений и применение послеуборочных растительных остатков показали, резкое увеличение урожайности хлопка-сырца по сравнению с контрольным вариантом и дополнительное внесение органического вещества в их составе работает на повышение плодородия орошаемой пашни.

Ключевые слова: хлопчатника, орошаемая пашня, сероземы, минеральные удобрения, навоз, озимые сидераты, гозо-пая, урожайность, фитомасса.

N.A. Karabaev*, A.E. Mamashukurov

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

*e-mail: nuru51@mail.ru

The influence of various types of fertilizers on the formation of cotton phytomass

The values of organic and mineral fertilizers applied on cotton plantations cultivated on irrigated arable lands of gray soils of the Aravan region of the Kyrgyz Republic during the formation of the total cotton phytomass, in other words the more fertilizers are applied, the more cotton phytomass is produced, including root mass and after the harvest of raw cotton, a greater amount of post-harvest plant residues, the main bioenergy material, will enter the soil, serving to replenish soil organic matter. Variants of the experiment with the use of the recommended doses of mineral fertilizers, as well as 1.5 and 0.5 norms, work to increase both the total phytomass and the yield of raw cotton, and their performance increases with an increase in the amount of mineral fertilizers. In the post-pandemic period of the coronavirus, when there is a sharp rise in prices for mineral fertilizers around the world, the importance of organic and green fertilizers is increasing everywhere, and against this background, the options for the experiment with the use of manure, winter green manure plants and the use of post-harvest plant residues of cotton stalks represent the main elements of a green economy and have prospects for application on cotton plantations. Variants of our experience with the use of muck, winter green manure plants and the use of post-harvest plant residues showed a sharp increase in the yield of raw cotton compared to the control variant and the additional introduction of organic matter in their composition works to increase the fertility of irrigated arable land.

Key words: cotton, irrigated arable land, gray soils, mineral fertilizers, manure, winter green manure cotton-stalks, productivity, phytomass.

Н.А. Карабаев*, А.Э. Мамашукуров

К.И. Скрябин атындағы Кыргыз ұлттық аграрлық университеті, Кыргызстан, Бишкек қ.

*e-mail: nuru51@mail.ru

Мақта фитомассасының түзілуіне әртүрлі тыңайтқыштардың әсері

Жалпы мақта фитомассасының қалыптасуы кезінде Кыргыз Республикасының Араван облысының сұр топырақты суармалы егістік алқаптарында өсірілген мақта плантацияларына енгізілген органикалық және минералды тыңайтқыштардың құндылықтары, тыңайтқыштар неғұрлым көп қолданылса, соғұрлым мақта фитомассасы көбірек өндіріледі, соның ішінде тамыр массасы және шитті мақтаны жинап алғаннан кейін топырақтың органикалық заттарын толықтыру үшін шырыннан топыраққа негізгі биоэнергетикалық материал болып табылатын егіннен кейінгі өсімдік қалдықтарының көп мөлшері түседі. Минералды тыңайтқыштардың ұсынылатын дозаларын, сондай-ақ 1,5 және 0,5 нормаларды қолданумен тәжірибенің нұсқалары шитті мақтаның жалпы фитомассасын да, өнімділігін де, минералды тыңайтқыштар мөлшерінің ұлғаюымен олардың өнімділігін арттыруға бағытталған. артады. Дүние жүзінде минералды тыңайтқыштардың бағасы күрт көтерілген коронавирустың постпандемия кезеңінде органикалық және жасыл тыңайтқыштардың маңыздылығы барлық жерде артып келеді және осының аясында тыңайтқыштарды қолданумен тәжірибе нұсқалары пайда болды. көң, күздік жасыл тыңайтқыш өсімдіктері және мақта гозо-пасының егін жинаудан кейінгі өсімдік қалдықтарын пайдалану жасыл экономиканың негізгі элементтері болып табылады және мақта плантацияларында қолдану перспективалары бар. Көңді, күздік жасыл тыңайтқыш өсімдіктерін және егін жинаудан кейінгі өсімдік қалдықтарын пайдалану тәжірибесінің нұсқалары бақылау нұсқасымен салыстырғанда шитті мақта өнімділігінің күрт жоғарылағанын және олардың құрамына органикалық заттардың қосымша енгізілуін көрсетті. суармалы егістік жердің құнарлылығын арттыру.

Түйін сөздер: мақта, суармалы егістік, боз топырақ, минералды тыңайтқыш, көң, күздік көк тыңайтқыш, гозо-үлесі, өнімділік, фитомасса.

Введение

Хлопководство является основной сельскохозяйственной отраслью и его дальнейшее развитие имеет важное значение, так как оно одно из основных богатств, определяющее экономику и благосостояние населения нашей республики.

Перспектива развития хлопководства невозможна без его интенсификации. Повысить качество и урожайность хлопка-сырца можно не только за счет увеличения вложением в производство, но и путем улучшения технологии, в т.ч. биологизации их возделывания в различных почвенно-климатических регионах. В связи с этим необходимо эффективно использовать все имеющиеся ресурсы, способствующие повышению урожайности в т.ч. через повышение плодородия пашни, когда на повестке дня с особой остротой встает вопрос о необходимости обеспечения почвы органическим веществом, имеющим большое влияние на ее физические, химические и биологические свойства [1,6,9].

Поэтому исследования по применению органоминеральных удобрений для районированных и перспективных сортов средневолокнистого хлопчатника и их влияния на формирование фи-

томассы являются актуальными и направлены на увеличение валовых сборов хлопка – сырца в республике. Эти вопросы еще недостаточно изучены, особенно с применением сидератов и измельченной стеблей хлопчатника на формирования вегетативных и генеративных органов, а также на общую фитомассу и продуктивности хлопчатника в целом.

Исходя из вышеизложенных проведено исследования по изучению влияния различных доз удобрений, сидератов и послеуборочных растительных остатков хлопчатника на фитомассу хлопчатника в условиях сероземов Араванского района Ошской области Кыргызской Республики.

Объект и методы исследования

Изучение удобрений, в т.ч. сидератов и послеуборочных растительных остатков хлопчатника на формирования фитомассы отечественного и китайского сортов хлопчатника проведено в условиях орошаемого серозема Араванского района с внедрением почвосберегающих технологий. Исследование произведено с 2012 по 2016 годы на сорте хлопчатника «Фергана-3» и китайской селекции «К 43» по следующим вариантам:

1. Контроль
2. Рекомендуемая норма N-120 кг/га, P-90 кг/га, K-60 кг/га
3. 1,5 норма от рекомендуемой нормы
4. 0,5 норма от рекомендуемой нормы
5. Навоз 30 т/га
6. Сидераты*
7. Использование стебли хлопчатника в качестве удобрения**

где: – в варианте 6* в качестве сидератов использована озимая рожь, когда после уборки хлопчатника во второй декаде октября произведен посев ее семян, а в апреле ее фитомасса запахано (сидерат) в почву перед посевом хлопчатника.

– в варианте 7**, ежегодно (осенью, под вспашку) внесено около 250 ц/га измельченной гозо пай.

Методы исследований общепринятые в Кыргызстане [5,6,12].

Результаты исследования и обсуждение

Араванский район Ошской области является один из основных хлопкосеющих районов Кыр-

гызской Республики (КР), где климатические и почвенные условия позволяют получить запланированный урожай и высококачественное волокно хлопка с выращиванием среднеспелых сортов хлопчатника. В перспективе хлопководство для стран Центральной Азии является стратегической отраслью агропромышленного комплекса (АПК). Причем хлопок выступает не только основным сырьем для национальной текстильной индустрии, но и ценнейшим экспортным продуктом, определяющий потенциальную мощь страны наравне с хлебом, металлом, энергетикой, и занимает одно из ведущих мест в экономике.

Хлопководство для фермеров Араванского района является основным источником дохода и в последнее время они все больше применяют и выращивают различные сорта китайской селекции. Так, как сорта китайской селекции отличаются устойчивостью к различным вредителям, болезням, а также более высокой урожайностью. Однако, наряду с этим недостаточно изучены вынос элементов питания, влияние на свойства почв, т.е. изменения показателей продуктивности фитомассы хлопчатника.

Таблица 1 – Влияние органических и минеральных удобрений на формирование фитомассы и урожайности хлопка-сырца

№	Варианты	Фитомасса хлопчатника, ц/га								Удельный вес хлопка-сырца, %	Удельный вес вегетативных частей, %
		Листья	Стебель	Коробочки	Корень, 0-25 см	Корень, 25-50 см	Вегетативные части	Хлопок-сырец	Всего фитомассы		
Сорт Фергана-3											
1	Контроль	21,3	108,5	18	30,7	2,40	180,9	16,4	197,3	8,31	91,69
2	Рекомендуемая норма, N-120 , P-90 , K-60	53	159,6	30,9	50,9	6,20	300,6	32,2	332,8	9,68	90,32
3	1,5 норма от нормы	79,3	220	43,1	73,3	10,00	425,7	37	462,7	8,00	92,00
4	0,5 норма от нормы	34,1	148,6	24,1	40,5	3,60	250,9	24,5	275,4	8,90	91,10
5	Навоз 30 т/га	63,4	197,3	34,59	67,57	8,78	371,7	34,0	405,7	8,38	91,62
6	Сидераты	43,5	174,8	28,8	45,33	5,28	297,7	28,5	326,2	8,73	91,27
7	Гозо-пая хлопчатника	40,2	166,5	26,71	41,78	4,36	279,6	25,71	305,3	8,42	91,58
Сорт К-43											
1	Контроль	24,1	125,4	19,3	38,27	3,5	210,6	18	228,6	7,88	92,12
2	Рекомендуемая норма, N-120 , P-90 , K-60	56	181,9	34,9	58,6	7,3	338,7	33,5	372,2	9,00	91,00
3	1,5 норма от нормы	85,5	243,9	42,5	79,07	12,2	463,2	40,2	503,4	7,99	92,01
4	0,5 норма от нормы	41,6	166,7	26,3	43,8	4,5	282,9	26,7	309,6	8,62	91,38
5	Навоз 30 т/га	65,0	218,8	35,3	74,6	10,3	404,0	35,7	439,8	8,13	91,87
6	Сидераты	49,6	206,6	30,1	51,0	6,2	343,5	31,3	374,8	8,36	91,64
7	Гозо-пая хлопчатника	45,4	192,4	28,7	47,4	5,3	319,3	28,7	347,9	8,25	91,75

Целью нашего исследования является определение вышеуказанные показатели сорта китайской селекции по сравнению с отечественными сортами.

Результаты научно-исследовательской работы (НИР) показали, что, с внесением удобрений как минеральных, так и органических, увеличивается масса вегетативных и генеративных органов, а также урожайность хлопка-сырца у растений хлопчатника.

Фенологические наблюдения показали, что развитие хлопчатника, наряду с другими факторами, в основном зависит от действия внесенных норм минеральных удобрений и самые низкие растения по опыту формировались на неудобренных (контроль) вариантах. Самый высокий показатель вегетативной части показал 3-вариант (1,5 норма от рекомендуемой нормы) у сорта «Фергана-3» составил 425,7 ц/га, у китайской селекции «К-43» – 463,2 ц/га. Так, масса стеблей сорта «К-43» составил 243,9 ц/га, «Ферганы-3» 220,0 ц/га, масса листьев соответственно 85,5 и 79,3 ц/га. Следует отметить, что основная часть надземной фитомассы приходится на вегетативные органы хлопчатника (90,32 -91,69 %). Кроме того в варианте 1,5 норм удобрений увеличивается масса корней как пахотного (79,07 ц/га у «К-43» и 73,3 у «Фергана-3»), так и подпахотного (12,2 ц/га у «К-43» и 10,0 у «Фергана-3») слоев почвы. Увеличение корневой массы в почве способствует активизации микробиологических процессов. Внесенные 1,5 норм минеральных удобрений на фоне орошаемого земледелия хорошо усваивается растением и работают на повышение фитомассы и урожайности хлопчатника.

При рекомендуемой норме минеральных удобрений количество фитомассы сорта «К-43» составляет 372,2 ц/га, у «Ферганы-3» – 332,8, из них вегетативные части соответственно – 338,7 и 300,6 ц/га, а количество хлопка-сырца -33,5 и 32,2 ц/га. Самый высокий показатель удельного веса хлопка-сырца наблюдается при рекомендуемой норме минеральных удобрений (9,0 % у сорта «К-43» и 9,68% у «Фергана-3»).

При снижении нормы внесении удобрений на 4 варианте (0,5 норм удобрений) количество вегетативной части фитомассы хлопчатника резко снижается (250, 9 ц/га у «Ферганы-3» и 282,9 у «К-43»). Видно закономерность такого снижения при внесении 0,5 норм минеральных удобрений для количества корней и стебля.

Таким образом, наблюдается прямая коррелятивная связь между нормой внесенных минеральных удобрений и количеством продуцируемой фитомассы хлопчатника, т.е. минеральные удобрения напрямую влияют на развитие растений. Так, с применением минеральных удобрений прирост растений интенсивно нарастал, и на варианте 1,5 норм минеральных удобрений достигла максимальных значений, т.е. внесение минеральных удобрений способствует улучшению питательного режима и аттрагирующие способности органов хлопчатника работают на увеличение генеративных органов. Их применение в различных соотношениях на высоком агротехническом фоне способствуют увеличению общей воздушно-сухой массы фитомассы хлопчатника. Так при применении 1,5 норм удобрений общая фитомасса у сорта «К-43» составляет 503,4 ц/га и 462,7 ц/га у сорта «Фергана-3», а также увеличивается урожайность хлопчатника соответственно на 40,2 и 37,0 ц/га. [15].

Как видно, темпы роста и развития хлопчатника, прежде всего, зависят от уровня обеспеченности их необходимыми доступными элементами питания, которые быстро обеспечиваются при применении минеральных удобрений.

Полученные материалы НИР позволяет констатировать о том, что минеральные удобрения (варианты 2,3.4), активно включаются в биологический цикл на фоне оптимальных тепловых, водных и воздушных режимов возделывания хлопчатника, и поэтому эффективность применения минеральных удобрений очень высока для повышения урожайности хлопчатника. Значить накопленные на фоне применения минеральных удобрений послеуборочные растительные остатки хлопчатника можно использовать как органическое удобрение, для пополнения запасов гумуса почвы.

Следующим вариантом по продуктивности вегетативной части и хлопка-сырца оказывается 5- вариант: навоз 30 т/га. Урожайность хлопка-сырца сорта «Фергана-3» при внесении навоза составило 34,0 ц/га, а сорта «К-43» -35,7 ц/га, т.е. показатели у сорта «Фергана-3» на 207% выше, а у «К-43» на 198% выше по сравнению с контрольным вариантом. Это происходит на фоне резкого увеличения вегетативной массы, в т.ч. корневой массы (74,6 ц/га у «К-43» и 67,57 у «Фергана-3») при применении навоза. Как видно, показатели фитомассы и урожайности изучаемых сортов хлопчатника выше чем, при внесении рекомендуемых и 0,5 норм минеральных

удобрений, что явствует о хорошем качестве и способе внесения навоза. И это несмотря на то, что питательные элементы медленно высвобождаются при минерализации навоза и эффект от него проявляется постепенно. Значит, правильно приготовленный навоз в норме 30 т/га является хорошим подспорьем для увеличения урожайности хлопчатника и от внесения органических удобрений ожидается большая польза для показателей плодородия почв. На фоне роста цен на минеральные удобрения после пандемии коронавируса (почти на 2 раза) ожидается увеличение использования навоза при возделывании хлопчатника.

Однако дефицит навоза для удобрений полей, заставляет искать альтернативных источников органических удобрений. Поэтому для регулирования плодородия орошаемых сероземов Араванского района предлагается широкое использование растительных остатков и сидеральных культур.

Ведь с большим отчуждением фитомассы хлопчатника (сегодня с полей убирается вся надземная фитомасса) при повторных посевах и недостаточного поступления в почву органических веществ на фоне высокой степени их гумификации орошаемого земледелия отмечается деградация гумусного состояния сероземов. Такое состояние отражается в резком снижении содержания общего и лабильного гумуса, а также негумифицированного органического вещества. Это сопровождается ухудшением агрофизических и агрохимических свойств орошаемых сероземов. Такое малое поступление энергетических материалов (растительные остатки и органические удобрения) приводит к снижению экологических функций органического вещества почвы как аккумулятора энергии, вследствие чего происходит ухудшение энергетического ее состояния [7,12,14].

Для нормального функционирования агроэкосистемы все больше требуется дополнительных вложений энергии в составе поступлений органических веществ растительно-животного происхождения. Только внесением минеральных удобрений не обеспечиваем долгосрочной программы сохранения плодородия пашни и самое главное не соблюдаем чистоты экологии почв земледельческой территории [4].

Поэтому ключевым моментом повышения эффективности аграрного производства хлопководства Араванского района должно стать усиление механизма самовосстановления почвы на

основе воспроизводства и использования органического вещества растительного происхождения, т.е. широкое применение послеуборочных растительных остатков хлопчатника и внедрение сидеральных растений в аграрное производство в качестве органических удобрений. На основе этих агротехнических приемов, содержащие основы «зеленой» экономики рассматриваем полученные материалы 6 и 7 вариантов опыта.

При использовании озимых сидератов (озимая рожь) продуцируется общая фитомасса сортом «К-43» -374,8 ц/га, сортом «Фергана-3» -326,2 ц/га, а количество хлопка-сырца соответственно 31,3 и 28,5 ц/га, т.е. удельный вес хлопка-сырца у сорта «К-43» составляет 8,36%, а у «Ферганы-3» 8,73 % от общей фитомассы хлопка сырца. Внедрение сидеральных культур на орошаемых пашнях Араванского района дает возможность исключить отрицательное воздействие повторных посевов хлопчатника на показатели плодородия почвы и улучшают фитосанитарное состояние полей. Для хлопкоробов района на повестке стоит актуальный вопрос восстановления экологического состояния почв и рационального использования почвенных ресурсов, что составят основы решения эколого-экономической и продовольственной проблемы страны и для их решения предстоит широко использовать озимые сидеральные растения. Они экологически чистые, экономически выгодные органические удобрения и базируются на использовании ресурсов солнечной энергии и агроклиматического потенциала региона. Их природный потенциал котируемый как зеленое органическое удобрение, столь необходим сегодня при восполнении запасов органического вещества почвы, когда отчуждаемая с урожаем фитомасса хлопчатника намного превосходит возвращаемую часть в составе послеуборочных растительных остатков, т.е. не компенсируется отчуждаемая масса с урожаем и побочной продукцией.

При применении гозо-паи в качестве органических удобрений (7 вариант) продуцируется общей фитомассы сортом «К-43» -347,9 ц/га, «Фергана-3» -305,3 ц/га, а показатели урожайности соответственно -28,7 и 25,71 ц/га. Как видно наблюдается прямая коррелятивная связь между показателями фитомассы и урожайности хлопчатника и урожайность хлопчатника при использовании стебли хлопчатника в виде органических удобрений превосходит урожай хлопка-сырца контрольного варианта – на 159,4 %

у «К-43» и 156,8 % у «Фергана-3». Применение гозо-паи в качестве органического удобрения представляет большую перспективу. Однако широкое использование растительных остатков хлопчатника с их непосредственной заделкой в почву сдерживается нехваткой специальной техники по размельчению и заделке их в почву.

Учитывая результаты наших НИР по биологизации орошаемого земледелия (применение гозо-паи и сидератов) можно констатировать о том, что в Араванском районе должна быть создана система адаптивного экологического и ресурсосберегающего земледелия, отвечающие основным принципам «зеленой» экономики. Для них сегодня крайне актуален вопрос создания системы землепользования, построенной на сбалансированной системе представлений о почвенных процессах, системе питания растений и продукционном процессе растений.

Поэтому, в агротехнике возделывания хлопчатника упор должен быть сделан не столько на интенсификацию вложения ресурсов (удобрений, пестицидов и т. д.), сколько на интенсификацию процессов накопления и трансформации энергии в почве в форме органического вещества, пересмотра традиционных методов подготовки органических материалов и их использования.

Выводы

1. Применение минеральных удобрений работает на увеличение фитомассы и урожайности хлопчатника, где существует прямая положительная корреляция фитомассы с урожайностью хлопка-сырца хлопчатника, с повышением фитомассы, увеличивается урожайность хлопка-сырца. Однако резкий рост цен на минеральные удобрения в постпандемийный период заставляет хлопкоробов искать альтернативные источники удобрений.

2. Внедрение сидеральных растений в качестве зеленых удобрений с учетом по-

звоженно-климатических условий Араванского района и антропогенных факторов позволяет добиваться систематического ежегодного всевозрастания урожаев хлопчатника и повышения плодородия почв, что отвечают современным требованиям почвозащитного и энергосберегающего земледелия. Совместная минерализация зеленой фитомассы сидератов и фитомассы хлопчатника лучше способствует воспроизводству органического вещества орошаемой пашни.

3. Применение гозо-паи в качестве органического удобрения представляет большую перспективу и отвечает основным принципам «зеленой» экономики, где количество и качество органического вещества почвы – гумуса, поддерживается естественным пополнением, т.е. оставлением большего количества послеуборочной растительной массы хлопчатника.

Конфликт интересов (Мудделер кактыгысы, Conflict of interest)

Авторы совместно работали, прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Благодарности (Алгыс сөз, Acknowledgements)

Авторы статьи благодарны ректорату КНАУ за представленную возможность выполнения научно-исследовательской работы.

Источник финансирования (Қаржыландыру көзі, Funding)

Настоящая работа была выполнена в Кыргызском национальном аграрном университете им. К.И. Скрябина как научно-исследовательская работа и поддержана Департаментом науки Министерства образования и науки Кыргызской Республики в 2012- 2016 годы.

Литература

1. Аваев М.Г. Основы земледелия почвоведения и удобрения. Издательство «Высшая школа». – Москва-1967, с. 194-196
2. Белоусова М.А. Физиологические основы корневого питания хлопчатника -Ташкент, Фан, 1975.-С.64-66.
3. Бободжанова М. Д. Фотосинтез, донорно-акцепторные отношения и продуктивность средневолкнистого хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.). Душанбе 2007. Автореферат, с 11
4. Гасанова.А. О, Гахраманова Р. Ф. «Роль сидератов в увеличении урожайности хлопчатника и плодородия почвы» – Санкт-Петербург- 2020 © Научный журнал “Globus”, выпуск 7, 25 с.

5. Гришина Л.А., Самойлова Е.М. Учет биомассы и химический анализ растений. –Москва. Изд-во МГУ, 1971.-99 с.
6. Доспехов Б. А, Пупонин А.И. «Земледелие с основами почвоведения». -Москва «Колос» 1982 с 186
7. Достиев Х. Р. Функциональная активность фотосинтетического аппарата в связи с донорно-акцепторными отношениями у продуктивных сортов хлопчатника. Душанбе 2007. Автореферат, с 20
8. Ибраимжанов Б. С. Совершенствование экономического механизма регулирования развития хлопководства: На материалах Кыргызской Республики. Автореферат, ВАК РФ (08.00.05, 2006).
9. Карабаев Н.А. Агрехимико-экологические основы плодородия и продуктивности горных почв Кыргызстана.- Бишкек, 2000, -92 с.
10. Качинский Н.А. Корневая система растений в почвах подзолистого типа //Труды Московской областной сельскохозяйственной опытной станции.-Москва: 1925, ч.1, вып.7
11. Климат Киргизской ССР. – Фрунзе. Илим. 1965. -289 с.
12. Комилов А. Д. Влияние органо-минеральных удобрений на генетико-физиологические системы аттракции хлопчатника и его продуктивность в условиях центрального Таджикистана. Душанбе 2012. Автореферат, с 15.
13. Кулиев К.К. Влияние удобрений на питательный режим почвы и урожайность хлопчатника. Технические науки в России и за рубежом: материалы VI Междунар. науч. конф. Москва. Издательство Молодой ученый, 2016, 78-79 с.
14. Малицкий Н.А, Таджиев М, Кулдашев М. «Удобрения в хлопководстве». (Труды СоюзНИИХИ). Ташкент -1974, с. 99
15. Мамашукуров А.Э., Карабаев Н.А. Изменение фитомассы и урожайности хлопчатника при применении удобрений//Вестник КНАУ, 2016, №5, 147-155 с.
16. Латвилайвонг Пхудалай. «Влияние различных сочетаний питательных элементов и севооборота на плодородие почвы и урожай хлопчатника в условиях типичных сероземов». Ташкент, 1990. Автореферат, 18 с.
17. Орипов Р. Зимние промежуточные культуры в земледелии Узбекистана, их влияние на плодородие почвы, урожайность хлопчатника и других культур. Автореферат. -Самарканд 1982, с 248
18. Садиков А. Т. Изучение коллекции и отбор высокопродуктивных генотипов хлопчатника на основе аттрагирующей способности коробочек и фотосинтетических тес-признаков для селекции новых сор. Диссертация, Краснодар 2021, с 4, 71
19. Хужаназарова М. И. Агротехнические показатели и их роль в аттрагирующих способностях хлопчатника в условиях Северного Таджикистана. Душанбе 2007. Автореферат, с 20

References

1. Avaev M.G. Osnovy zemledeliya pochvovedeniya i udobreniya. Izdatel'stvo «Vysshaya shkola». - Moskva-1967, s. 194-196
2. Belousova M.A. Fiziologicheskie osnovy kornevogo pitaniya hlochatnika -Tashkent, Fan, 1975.-S.64-66.
3. Bobodzhanov M. D. Fotosintez, donorno-akceptornye otnosheniya i produktivnost' srednevoloknistogo hlochatnika (Gossypium hirsutum L.). Dushanbe 2007. Avtoreferat, s 11.
4. Gasanova A. O, Gahramanova R. F. «Rol' sideratov v uvelichenii urozhajnosti hlochatnika i plodorodiya pochvy» - Sankt-Peterburg- 2020 © Nauchnyj zhurnal "Globus", vypusk 7, 25 s.
5. Grishina L.A., Samojlova E.M. Uchet biomassy i himicheskij analiz rastenij. –Москва. Izd-vo MGU, 1971.-99 с.
6. Dospekhov B. A, Puponin A.I. «Zemledelie s osnovami pochvovedeniya». -Москва «Kolos» 1982. s 186.
7. Dostiev H. R. Funkcional'naya aktivnost' fotosinteticheskogo apparata v svyazi s donorno-akceptornymi otnosheniyami u produktivnyh sortov hlochatnika. Dushanbe 2007. Avtoreferat, s 20.
8. Ibraimzhanov B. S. Sovershenstvovanie ekonomicheskogo mekhanizma regulirovaniya razvitiya hlopkovodstva: Na materialah Kyrgyzskoj Respubliki. Avtoreferat, VAK RF (08.00.05, 2006).
9. Karabaev N.A. Agrohimiiko-ekologicheskie osnovy plodorodiya i produktivnosti gornyh pochv Kyrgyzstana.- Bishkek, 2000, -92 s.
10. Kachinskij N.A. Kornevaya sistema rastenij v pochvah podzolistogo tipa //Trudy Moskovskoj oblastnoj sel'skohozyajstvennoj opytnoj stancii.-Москва: 1925, ch.1, vyp.7
11. Klimat Kirgizskoj SSR. – Frunze. Ilim. 1965. -289 s.
12. Komilov A. D. Vliyanie organo-mineral'nyh udobrenij na genetiko-fiziologicheskie sistemy atrakcii hlochatnika i ego produktivnost' v usloviyah central'nogo Tadjhikistana. Dushanbe 2012. Avtoreferat, s 15.
13. Kuliev K.K. Vliyanie udobrenij na pitatel'nyj rezhim pochvy i urozhajnost' hlochatnika. Tekhnicheskie nauki v Rossii i za rubezhom: materialy VI Mezhdunar. nauch. konf. Moskva. Izdatel'stvo Molodoy uchenyj, 2016, 78-79 s.
14. Malickij N.A, Tadzhiiev M, Kuldashev M. «Udobreniya v hlopkovodstve». (Trudy SoyuzNIHI). Tashkent -1974, s. 99
15. Mamashukurov A.E., Karabaev N.A. Izmenenie fitomassy i urozhajnosti hlochatnika pri primenenii udobrenij//Vestnik KNAU, 2016, №5, 147-155 s.
16. Latvilajvong Phudalaj. «Vliyanie razlichnyh sochetanij pitatel'nyh elementov i sevooborota na plodorodie pochvy i urozhaj hlochatnika v usloviyah tipichnyh serozemov». Tashkent, 1990. Avtoreferat, 18 s.
17. Oriпов R. Zimnie promezhutochnye kul'tury v zemledelii Uzbekistana, ih vliyanie na plodorodie pochvy, urozhajnost' hlochatnika i drugih kul'tur. Avtoreferat. -Samar kand 1982, s 248.
18. Sadikov A. T. Izuchenie kollekcii i otbor vysokoproduktivnyh genotipov hlochatnika na osnove attragiryushchej sposobnosti korobochek i fotosinteticheskikh tes-priznakov dlya selekcii novyh sorov. Dissertaciya, Krasnodar 2021, s 4, 71.
19. Huzhanazarova M. I. Agrotekhnicheskie pokazateli i ih rol' v attragiryushchih sposobnostyah hlochatnika v usloviyah Severnogo Tadjhikistana. Dushanbe 2007. Avtoreferat, s 20.

Д.К. Булханова¹, У.К. Бисенов^{1*}, А.У. Утаубаева²,
М.В. Мамышева², М. Есенаманова¹, Г.Б. Алпамысова³

¹Атырауский университет имени Х. Досмухамедова, Казахстан, г. Атырау

²Западно-Казахстанский университет им. М. Утемисова, Казахстан, г. Уральск

³Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент

*e-mail: bisenovy@mail.ru

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ПУСТЫННЫХ И ПОЛУПУСТЫННЫХ РАЙОНАХ АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ГАРМАЛЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PEGANUM HARMALA L.*) И СПОСОБЫ ИХ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В статье проведен геоботанический анализ растений, произрастающих в пустынных и полупустынных районах Атырауской области, а также изучены анатомо-морфологические особенности вегетативных органов на примере адраспана обыкновенного или гармалы (*Peganum harmala L.*). В настоящее время изучение биологических особенностей растений, произрастающих в пустынных и полупустынных районах является актуальным, что связано с проблемой опустынивания. Гармала обыкновенная (*Peganum harmala L.*) является биоиндикатором процессов опустынивания. Исследования проводились в течение вегетационного сезона в период с 2020 по 2022 г.г. на территории Кызылкогинского района Атырауской области на трех ключевых участках, включал флористический состав каждого участка. Для названия ассоциаций использовались доминирующие виды растений. Проведен отбор растительных образцов и изучено анатомическое строение вегетативных органов. Анатомические срезы изготавливались вручную с использованием холодильного микротомы (ТОС-2). Фотографии снимались под микроскопом МБИ-6 со специальной фотоконструкцией. Математическая обработка результатов экспериментальной работы осуществлялась посредством компьютерной программы «STATISTICA». При исследовании растительных образцов гармалы обыкновенной (*Peganum harmala L.*) выявлены особенности в анатомическом строении растения. *Peganum harmala L.* не имеет покровных волосков, имеет признаки приспособляемости, позволяющей удерживать влагу, а формирование слизистых клеток в мезофилле, накопление кристаллов в клетках эпидермиса снижает интенсивность транспирации. По сравнению с корнями, между трахеальными элементами стебля имеются просветы нескольких вновобразованных типичных трубок. Структурные изменения в корне влияют на водопроницаемые и механические свойства образующихся элементов древесины. Это обусловлено тем, что растение имеет прицентрическую структуру, которая отражает его приспособленность к засушливым условиям.

Ключевые слова: пустынные и полупустынные районы, Гармала обыкновенная, анатомическое строение, биоиндикатор, проблемы опустынивания.

D.K. Bulkhanova¹, U.K. Bissenov^{1*}, A.U. Utaubaeva²,
M.V. Momysheva², M.S. Yessenamanova¹, G. B. Alpamysova³

¹Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Kazakhstan, Atyrau

²M.Utemisov West Kazakhstan University, Kazakhstan, Uralsk

³Yuzhno-Kazakhstan University named after M.Auezov, Kazakhstan, Shymkent

*e-mail:bisenovy@mail.ru

Biological features of plants growing in desert and semi-desert areas of Atyrau region on the example of common harmala (*Peganum harmala L.*) and ways of their adaptation to environmental conditions

In the article, geobotanical analysis of samples produced in empty and half-filled regions of the Atyrau region was carried out, as well as the anatomical and morphological features of vegetative bodies on the example of fixed or garmali (*Peganum harmala L.*). At present, the study of Biological Diversity, produced in wasteful and partial areas, is relevant, which is associated with problematic issues. Garmala

(*Peganum harmala* L. it is a bioindicator of the process of opustination. Exploration was carried out in the growing season for the period from 2020 to 2022 on the territory of the Kyzylorda region in Atyrau region with three key areas, including the Floristic area. For reference, the association used dominating weeds. The work was carried out with the help of extensive images and anatomical construction of vegetative organs. Anatomical periods have been modified with the use of a holodile Microtome (TOS-2). The photographs were taken under the microscope MBI-6 with special photographic structures. The mathematical analysis of the results of experimental work was carried out by the computer program "Statista". At the study of rare images of garmali annular (*Peganum harmala* L. the features of the anatomical structure of the body. *Peganum harmala* L. it does not have pubescent voloski, it has the appearance of mucus, which allows you to drain the vagina, the formation of mucus cells in the mesophyll, the accumulation of crystals in the cells of the epidermis reduces the intensity of transpiration. In comparison with cornices, between tracheal elements, there are unsurpassed typical pipes. Structural changes in the cornice are based on water and mechanical property of the elements of the drevesin image. It was noted that the expansion has a central structure, which determines its availability for flexible services.

Key words: desert and semi-desert areas, *Harmala vulgaris*, anatomical structure, bioindicator, desertification problems.

Д.К. Булханова¹, У.К. Бисенов^{1*}, А.У. Утаубаева²,
М.В. Мамышева², М. Есенаманова¹ Г.Б. Алпамысова³

¹Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Қазақстан, Атырау қ.

²М. Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Қазақстан, Орал қ.

³М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

*e-mail:bisenov@mail.ru

Кәдімгі гармала (*Peganum harmala* L.) мысалында Атырау облысының шөл және шөлейт аймақтарында өсетін өсімдіктердің биологиялық ерекшеліктері мен сыртқы ортаға бейімдеушілік қабілеттері

Мақалада Атырау облысының шөлді және шөлейт аймақтарында өсетін өсімдіктерге геоботаникалық талдау жүргізілді, сондай-ақ кәдімгі адраспан немесе гармала (*Peganum harmala* L.) мысалында вегетативті органдардың анатомиялық-морфологиялық ерекшеліктері зерттелді. Қазіргі уақытта шөлді және шөлейт аймақтарда өсетін өсімдіктердің биологиялық ерекшеліктерін зерттеу өзекті болып табылады, бұл шөлейттену проблемасымен байланысты. Жалпы Гармала (*Peganum harmala* L.) шөлейттену процестерінің биоиндикаторы болып табылады. Зерттеулер 2020 жылдан 2022 жылға дейінгі кезеңде Атырау облысы Қызылқоға ауданының аумағында үш негізгі учаскеде жүргізілді, оған әр учаскенің флористикалық құрамы кірді. Ассоциацияларды атау үшін өсімдіктердің басым түрлері қолданылды. Өсімдік үлгілері іріктеліп, вегетативті мүшелердің анатомиялық құрылымы зерттелді. Анатомиялық кесінділер тоңазытқыштық микротомды (TOS-2) пайдаланып қолмен жасалған. Фотосуреттер арнайы фотоконструкциясы бар МБИ-6 микроскопымен түсірілген. Эксперименттік жұмыстың нәтижелерін математикалық өңдеу "STATISTICA" компьютерлік бағдарламасы арқылы жүзеге асырылды. Кәдімгі гармаланың (*Peganum harmala* L.) өсімдік үлгілерін зерттеу кезінде өсімдіктің анатомиялық құрылымында ерекшеліктер анықталды. *Peganum harmala* L. жабын түктері жоқ, ылғалды сақтауға бейімделу белгілері бар, ал мезофиллде шырышты жасушалардың пайда болуы, эпидермис жасушаларында кристалдардың жиналуы транспирация қарқындылығын төмендетеді. Тамырлармен салыстырғанда, сабақтың трахеальды элементтері арасында бірнеше жаңадан пайда болған типтік түтіктердің люмендері бар. Тамырдағы құрылымдық өзгерістер пайда болған ағаш элементтерінің су өткізгіштігі мен механикалық қасиеттеріне әсер етеді. Бұл өсімдіктің центристік құрылымға ие болуына байланысты, бұл оның құрғақ жағдайларға бейімделуін көрсетеді.

Түйін сөздер: шөлді және шөлейт аймақтар, кәдімгі Гармала, анатомиялық құрылым, биоиндикатор, шөлейттену проблемалары.

Введение

Вся территория Атырауской области находится в Прикаспийской впадине. Это первоначальная аккумуляционная равнина, освобожденная от моря в голоценном периоде [1]. Структура почвенного покрова области в связи с почво-

образующим факторами и разнообразностью состава очень сложная. Встречаются песчаные почвы, сорно-соленые, желто-коричневые и солончаковые почвы [2].

Разнообразные виды растительной флоры обеспечивают друг другу взаимные благоприятные условия для роста, и виды растений,

распространенные в одном участке образуют растительные сообщества [3]. Большую часть территории области занимают песчаные пустыни. В песчаной зоне распространены наиболее устойчивые к пустыне виды растений. В целом флора территории области зависит от почвенного покрова. Растительный покров в пределах области характеризуется разнообразными сообществами [4].

Песчаные массивы представлены сообществами ксероморфно-псаммофильных растений. Здесь широко распространены еркеково-полынные, шагырово-еркековые, изенево-полынные, полынно-молочаевые ассоциации [5]. В котловинах выдувания кияк вместе с вейником и донником образует сплошные заросли. Из кустарников встречаются джугун, тамарикс, астрагал. В понижениях на лугово-светло-каштановых почвах поселяются пырей, солодка, вейник, ажрек, кермек, изредка тамарикс. Растительный покров бурой почвы представлен различными ассоциациями полыни белоземельной, еркека, биюргуна [6]. Широко распространены солянковы, сарсазановы сообщества, приуроченные к засоленным местообитаниям. На солонцах среди бурых почв растительность изреженная и состоит из полыни малоцветковой, биюргуна, камфоросмы. Нередко песчаные пастбища засорены адраспаном, итсигеком [7].

Как известно, основными экологическими факторами, определяющими функционирование и строение растений, являются свет, тепло, вода, почвенные условия [8]. В конце XIX в. Е. Варминг предложил различать растения по эколого-морфологическим признакам и выделил по отношению к водному режиму три группы: гигрофиты, мезофиты, ксерофиты.

Ксерофиты являются растениями сухих почв и воздуха, растут в условиях постоянного или сезонного дефицита влаги, обитают в степях, полупустынях и пустынях, а также в средиземноморской области. Они имеют целый ряд анатомо-морфологических признаков, по которым группу делят на две подгруппы: суккуленты и склерофиты [9]. Склерофиты – растения с жесткими узкими или кожистыми листьями с завернутыми краями [10]. Листья могут быть и редуцированы до сухих чешуек, колючек. В пустынях такие растения имеют характерный вид кустарников или небольших деревцев с прутьевидными зелеными безлистными стеблями (саксаул, миндаль, тамарикс, верблюжья колючка, джугун и др.). Склерофиты добывают воду с помощью мощной корневой системы, достига-

щей до грунтовых вод. Широко представлена в степях и пустынях группа многолетних ксероморфных злаков, которые образуют плотные многостебельные куртины. Листья злаков узкие, сухие, свернуты в трубочку для сокращения испаряющей поверхности. Ксерофиты обладают рядом приспособительных признаков, позволяющих существовать в условиях постоянного или сезонного дефицита влаги [11].

Ксерофиты – растения сухих местообитаний, способные переносить продолжительную засуху [12]. Более подробной является классификация ксерофитов П.А. Генкеля, согласно которой выделяют 6 групп, одной из которых является группа гемиксерофитов. Гемиксерофиты (полуксерофиты или фреатофиты) – растения, у которых сильно развиты приспособления к добыванию воды. Они имеют глубоко идущую, сильно разветвленную корневую систему, обладающую высокой концентрацией клеточного сока, низким (очень отрицательным) водным потенциалом. Их корневые системы могут достигать грунтовых вод, если последние лежат не слишком глубоко. Обладают хорошо развитой проводящей системой. Листья тонкие, с густой сетью жилок и очень высокой интенсивностью транспирации. Благодаря высокой интенсивности транспирации температура листьев значительно понижается, что позволяет осуществлять процесс фотосинтеза при высоких дневных температурах. Листья некоторых из них покрыты волосками, создающими защитный слой, который дополнительно предохраняет листья от перегрева. К гемиксерофитам относятся: *Leymus sabulosus*, *Crambe cordifolia*, *Capparis herbacea*, *Medicago daghestanica*, *Glycyrrhiza glabra*, *Alhagi pseudalchagi*, *Peganum harmala*, *Zygophyllum fabago* и др. [13].

Целью данной работы являлось проведение геоботанического анализа растений, произрастающих в пустыни и полупустыни, изучение способности растений приспосабливаться к данным условиям, а также изучение анатомо-морфологических особенностей вегетативных органов адраспана обыкновенного или гармалы (*Peganum harmala* L.).

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в течение вегетационного сезона в период с 2020 по 2022 г.г. на территории Кызылкогинского района Атырауской области. Район исследования расположен в пустынной и полупустынной зонах. Было выде-

лено три опытных участка: первый участок расположен на берегу реки Ойыл, второй участок – около села Миялы, третий участок – пастбище Суюгали, расположенное в 10 км от районного центра села Миялы. Изучался флористический состав каждого участка. Для названия ассоциаций использовались доминирующие виды растений.

Кроме того, был проведен отбор растительных образцов гармалы обыкновенной (*Peganum harmala* L.) в количестве 20 экземпляров и изучение анатомического строения вегетативных органов данных образцов. Для определения анатомических особенностей исследуемого вида отбирались листья среднего листового яруса полностью развитого, неповрежденного побега. Для анализа брался фрагмент из средней листовой части. Поперечное сечение стебля выполнено на участке междоузлия средней части побега. Для фиксации отобранных образцов вегетативных органов гармалы обыкновенной, использовался фиксирующий раствор (спирт- глицерин – вода в соотношении 1:1:1) [14]. Образцы отбирались из растений разного возраста и особенно из растений, находящихся в фазе цветения. Срезы корня готовились из средней и дистальной частей.

Анатомические срезы изготавливались вручную с использованием холодильного микротомы (ТОС-2). Толщина среза составляла 10-15 мкм. Фотографии снимались под микроскопом МБИ-6 со специальной фотоконструкцией. При анатомическом исследовании использовался окулярный микрометр МОВ 1- для линейного измерения [15].

Анатомические исследования проводились на средней части стебля растений, собранных

в период полного цветения, и на листьях, отобранных в средней части побега. В целом приготовлено и проанализировано около 30 срезов из вегетативных органов растения. При описании морфологического и анатомического строения побегов растений использовались труды известных специалистов [16]. Математическая обработка результатов экспериментальной работы осуществлялась посредством компьютерной программы «STATISTICA».

Результаты исследования и их обсуждение

Почва в районе первого участка влажная (из-за близости к реке) и относительно богата гумусом. Рельеф представлен холмисто-увалистой равниной. Около 65-70% площади территории покрыто растительностью. В составе фитоценоза данной территории при изучении флористического состава были выделены следующие доминантные виды: *Artemisia absinthium* L., *Phragmites australis* Cav., *Scirpus lacustris*., *Poligonum aviculare* .

Растительный покров представлен четырьмя подъярусами: растения первого подъяруса: *Phragmites australis* Cav. – Тростник обыкновенный – Кәдімгі қамыс өсімдіктері, высота до 400 см. Второй подъярус представлен следующим растением: *Scirpus lacustris* – Камыш озерный – Көл өлең шөбі с высотой 100-250 см. Третий подъярус образован полынью: *Artemisia absinthium* L. – Полынь горькая – Ащы жусан, высотой 60-100 см. Растение четвертого подъяруса: *Poligonum aviculare* – Горец птичий – Құс тараны с высотой 10-80 см (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка количества видов в растительном сообществе (первый участок исследуемой территории, берег реки Ойыл, Кызылкогинский район)

Названия растений	Обилие по шкале Друде
<i>Artemisia absinthium</i> L. – Полынь горькая -Ащы жусан	Soc
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud. – Тростник обыкновенный – Кәдімгі қамыс	
<i>Artemisia taurica</i> Willd – Полынь таврическая – Таврия жусаны	
<i>Scirpus lacustris</i> L., syn. <i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla) – Камыш озерный – Көл өлеңшөбі	
<i>Poligonum aviculare</i> L. – Горец птичий – Құс тараны	Cop 1
<i>Peganum harmala</i> L. – Гармала обыкновенный – Қарапайым гармала	
<i>Descurainia sophioides</i> (Fisch. ex Hook.) O.E. Schulz – Полевая горчица – Дала қышасы	
<i>Anabasis salsa</i> – Ежовник солончаковый -Сортаң бұйырғын	
<i>Artemisia fragans</i> Willd – Полынь душистая -Қара жусан	

Продолжение таблицы

Названия растений	Обилие по шкале Друде
<i>Lycopodium clavatum</i> L. – Плаун булавовидный – Шоқпарбас плаун	Sol
<i>Calligonum erinaceum</i> Borszcz. – Джужгун ежеплодный – Кірпі жеміс жүзгін	
<i>Corispermum laxiflorum</i> Schrenk – Верблюдка рыхлоцветковая – Селдіргүл балқанбақ	
<i>Peganum harmala</i> L. – Гармала обыкновенный – Қарапайым гармала	

Примечание. Soc – массовый, Cop 1 -достаточный, Sol – частичный

50% территории второго участка покрыто растительностью и почва песчаная. Исследуемый растительный покров данной территории характерны для пустынной и полупустынной зон [17]. Преобладающими в количественном отношении видами являлись: *Artemisia absinthium* L., *Descurainia sophioides*., *Peganum harmala* L., *Artemisia taurica*, *Artemisia fragans* Willd.

Растительность на этом участке представлена тремя подъярусами. В первом подъярусе

встречается *Descurainia sophioides* – Полевая горчица – Дала қыпшасы, *Artemisia fragans* Willd. – Полынь душистая – Қара жусан достигающие высоты 150-120 см. Во втором подъярусе встречаются *Artemisia absinthium* L. – Полынь горкая – Ащы жусан, *Artemisia taurica* – Полынь таврическая – Таврия жусаны с общим фоном 60-100 см. В третьем подъярусе встречаются следующие виды: *Poligonum aviculare*, *Anabasis salsa*, *Camelina microcarpa*, *Carduus acanthoides*, *Euphorbia stepposa* (табл. 2).

Таблица 2 – Кызылкогинский район, территория села Миялы

Название растения	Размер (шкала Друде)
<i>Artemisia absinthium</i> L. – Полынь горкая-Ащы жусан	Soc
<i>Descurainia sophioides</i> – Полевая горчица -Дала қышасы	
<i>Peganum harmala</i> L. – Гармала обыкновенный – Қарапайым гармала	
<i>Artemisia fragans</i> Willd. -Полынь душистая-Қара жусан	
<i>Artemisia taurica</i> – Полынь таврическая – Таврия жусаны	
<i>Poligonum aviculare</i> – Горец птичий – Құс тараны	Cop 1
<i>Anabasis salsa</i> – Ежовник солончаковый -Сортаң бұйырғын	
<i>Camelina microcarpa</i> – Рыжик мелкоплодный – Ұсақжемісті арыш	
<i>Carduus acanthoides</i> L. – Чертополох колючий – Түйетікен	
<i>Euphorbia stepposa</i> – Молочай степной -Сүттіген	Sol
<i>Ceratocarpus arenarius</i> L. – Рогач песчаный-Құм ебелегі	
<i>Corispermum laxiflorum</i> Schrenk. -Верблюдка рыхлоцветковая – Селдіргүл балқанбақ	
<i>Lycopodium clavatum</i> L. – Плаун булавовидный – Шоқпарбас плаун	

Примечание. Soc-массовый, Cop 1-достаточный, Sol-частичный

На третьем участке была изучена растительность пастбища Суюгали, расположенного в 10 км от районного центра Миялы. Территория третьего участка ровная, почва светло-коричневая. Это участок является один из самых мест, где выпасается большое количество домашнего скота, поэтому видовое разнообразие здесь скудное

[18]. Растительность покрывает примерно 65% исследуемой площади и формирует 2 подъяруса. К первому подъярусу по шкале Друде Soc-массовой доминантный, имеющих высоты примерно 60-100 см составляет растения *Artemisia absinthium* L. Полынь горкая – Ащы жусан и *Artemisia fragans* Willd – Полынь душистая –

Қара жусан, *Artemisia taurica* – Полынь таврическая – Таврия жусаны [19].

В втором ярусе растут растения имеющих высоты 5-25 см *Anabasis salsa* – Ежовник солончако-

вый – Сортаң бұйырғын, *Carduus acanthoides* L. – Чертополох колючий – Түйетікен., *Descurainia sophioides*, Полевая горчица – Дала қышасы (таблица 3).

Таблица 3 – Пастбище Суюгали, расположенное в 10 км от районного центра Миялы

Название растения	Размер (шкала Друде)
<i>Artemisia absinthium</i> L. – Полынь горькая-Ащы жусан	Soc
<i>Ceratocarpus arenarius</i> L. – Рогащ песчаный-Құм ебелегі	
<i>Peganum harmala</i> L. – Гармала обыкновенная – Қарапайым гармала	
<i>Artemisia fragans</i> Willd – Полынь душистая -Қара жусан	
<i>Artemisia taurica</i> – Полынь таврическая – Таврия жусаны	
<i>Polygonum aviculare</i> – Горец птичий – Құс тараны	Cop 1
<i>Anabasis salsa</i> – Ежовник солончаковый -Сортаң бұйырғын	
<i>Euphorbia stepposa</i> – Молочай степной-Сүттіген	
<i>Carduus acanthoides</i> L. – Чертополох колючий – Түйетікен	
<i>Descurainia sophioides</i> – Полевая горчица -Дала қышасы	Sol
<i>Camelina microcarpa</i> – Рыжик мелкоплодный – Ұсақжемісті арыш	
<i>Corispermum laxiflorum</i> Schrenk.А-Верблюдка рыхлоцветковая – Селдіргүл балқанбақ	
<i>Lycopodium clavatum</i> L – Плаун булавовидный-Шоқпарбас плаун	

Примечание. Soc-массовый, Cop 1-достаточный, Sol-частичный

На территории исследования вид Гармала обыкновенная (*Peganum harmala* L.) встречается в большом количестве. Это многолетнее травянистое растение, распространенное в полупустынных степях Восточной Европы и Центральной Азии, в том числе в южных и западных регионах Казахстана, обладает лекарственными свойствами [20].

Гармала содержит значительное количество алкалоидов, производных хиназолина и индола [21]. Из суммы алкалоидов выделяют гармалин, гармин (банистерин), гармолон и L-пеганин (вазицин) в чистом виде, а в последние годы было обнаружено присутствие пегамина, пеганола, дезоксипеганина, пеганидина в вегетативных органах зародыша. 50-95% алкалоидов [22], содержащихся в семенах, принадлежат гармалину, в корнях преобладает гармин (67-74% от общего числа алкалоидов) [23].

Наружная часть листа гармалы обыкновенной (*Peganum harmala* L.) покрыта толстым слоем кутикулы, по мере уменьшения количества воды в растении, кутикула становится плотной, что указывает на то, что данное растение относится к ксерофитным растениям [24]. Под ку-

тикулой в один ряд располагаются клетки эпидермиса. Толщина клеток верхнего эпидермиса составила $18,41 \pm 1,78$ мкм, толщина клеток нижнего эпидермиса – $11,21 \pm 2,12$ мкм, форма клеток округло-четырёхгранная (рис.1).

Амфистоматические, аноцитарные типы устьиц наблюдались в верхней и нижней эпидермисе листа. Под верхним и нижним эпидермальными слоями листа располагается 2-3 ряда столбчатой паренхимы. Под столбчатой тканью располагается слой клеток, полость которых заполнена мелкоигольчатыми кристаллами оксалата кальция [25]. Толщина столбчатого мезофилла листа составляет $45,03 \pm 2,14$ мкм, рыхлый (губчатый) мезофилл имеет толщину $14,05 \pm 1,78$ мкм. В клетках губчатой паренхимы также наблюдались кристаллы и друзы оксалата кальция.

Размер коллатеральных проводящих пучков невелик, они заполнены бесцветными клетками паренхимы. Определен круг коллатерального проводящего пучка, состоящий из элементов флоэмы и ксилемы. Элементы ксилемы, флоэмы в проводящем пучке узкопросветные. Стенка трубки ксилемы утолщена, элементы флоэмы узкого диаметра, тонкостенные (Рис.2).

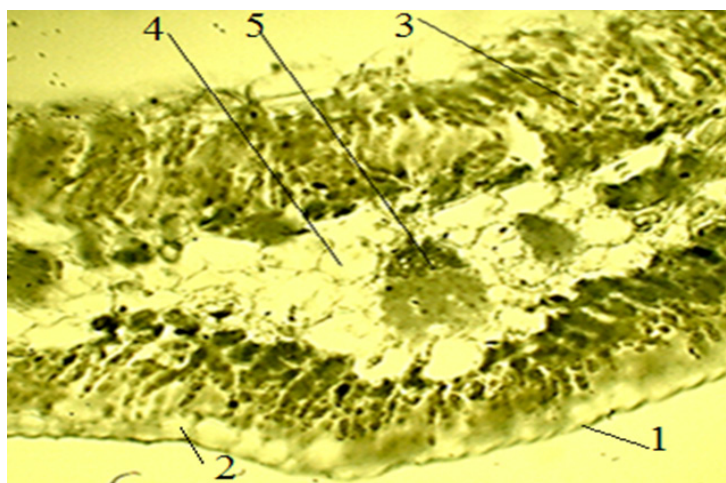
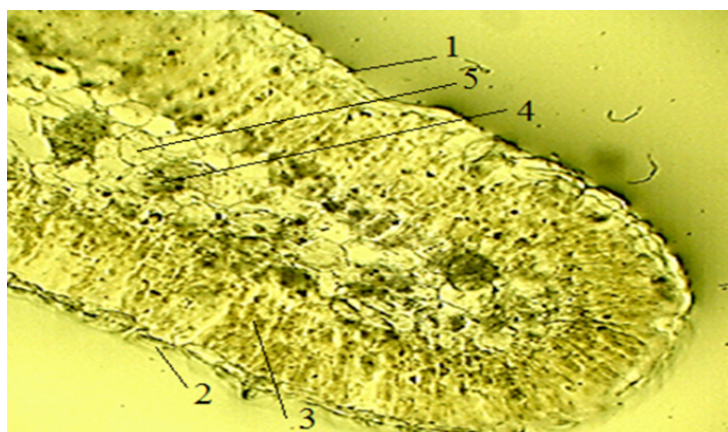
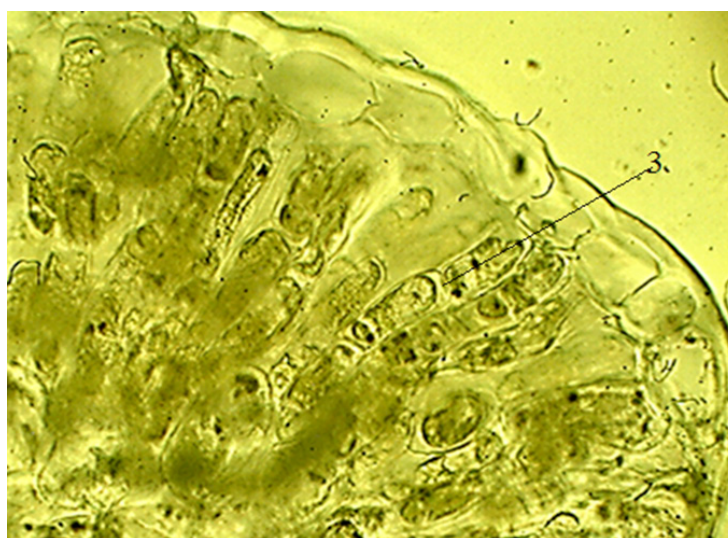


Рисунок 1 – Гармала (*Peganum harmala* L.). Анатомическое строение листа (x100)
1-кутикула, 2 – эпидермис, 3 – столбчатый мезофилл, 4 – губчатый мезофилл, 5 -центральный проводящий пучок



А – Структура листа



Б – структура листа

Рисунок 2 – *Peganum harmala* L. анатомическое строение листа растения (x400)
- кутикула, 2 – эпидермис, 3 – столбчатый мезофилл, 4 – проводящий пучок, 5 – рыхлый мезофилл

Клетки эпидермиса прямоугольной формы, слегка вытянутые с латеральной части, чередуются с крупными, мелкими полигональными клетками, устьичный аппарат амфистоматического типа. Отсутствие обкладки из механической ткани на проводящем пучке листьев является признаком адаптации к ксерофитной среде, характерной для растения адраспан [26].

На поперечном срезе стебеля, толщина которого составляет $45,74 \pm 0,77$ мкм, видна плотная кутикула. Под кутикулой расположен однослойный эпидермис, стенки клеток которого соприкасаются друг с другом на концах (рис. 3). Некоторые клетки эпидермиса накапливают мелкие глыбки оксалата кальция. В эпидермисе встречаются железистые волоски.

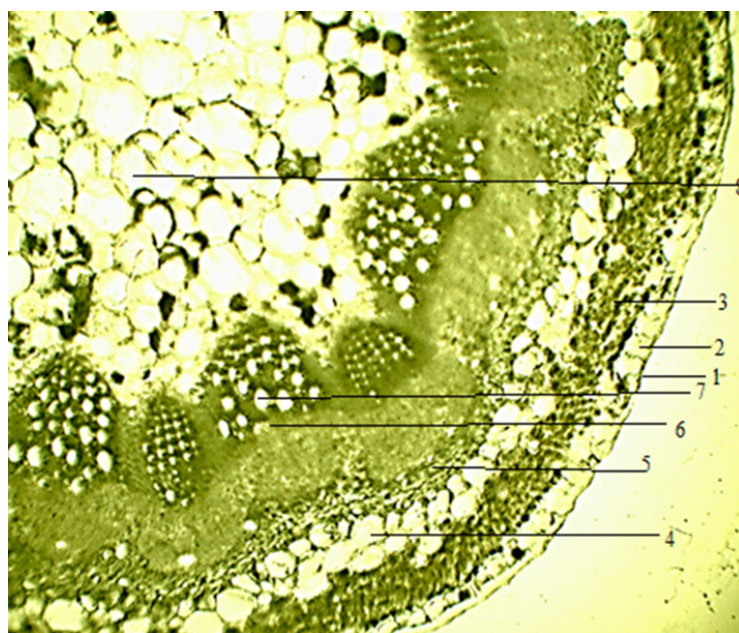


Рисунок 3 – Гармала (*Peganum harmala* L.) анатомическое строение стебля растений (x100)
- оболочка, 2 – слой эпидермиса, 3 – хлорофилл, 4 – паренхима, 5 – склеренхима,
6 – проводящий пучок, 7 – ксилема, 8 – стержневая паренхима

Под оболочкой располагается гиподерма, в гиподерме наблюдается скопление кристаллов оксалата кальция. Клетки хлоренхимы имеют изодиаметрическую форму. Склеренхима утолщена в верхней части проводящего пучка. Утолщение склеренхимы свидетельствует об адаптивном признаке, свойственном ксерофитным растениям. В основной части центрального цилиндра сосредоточены проводящие пучки. Диаметр центрального цилиндра $268,04 \pm 12,41$ мкм. В центральном цилиндре сосредоточены различные по объему проводящие пучки. Центральная цилиндрическая паренхима имеет большой объем, стенки выраженные, слизистые. Между флоэмой и ксилемой в проводящем пучке выявлен камбиальный слой. Площадь ксилемной трубки составляет $35,2 \pm 4,15$ мкм (рис.4)

Стенки проводящей системы стебля состоят из различных типов трахей и трахеид с различным типом утолщения. Трахеи узкопросветные,

сетчатой или спиралевидной формы, имеют перфорации. Отверстия супротивные, правильные или переходные, овальные и круглые. Форма стенок трахеид ступенчатая, решетчатая, с закругленными краями. Концы либриформных волокон загнуты или острые. Таким образом, трахейные элементы стебля хорошо развиты.

В растении присутствуют слизистые клетки с адаптивной способностью удерживать влагу. Кроме того, накопление кристаллов оксалатов в клетках эпидермиса снижает транспирацию.

Анатомическое строение корней растения обыкновенный адраспан или гармала (*Peganum harmala* L.) имеет многослойную оболочку. Толщина корневой оболочки $59,1 \pm 8,27$ мкм. Внутренняя часть перидермального слоя занята феллодермой. На поперечном срезе корня обнаруживаются волокна склеренхимы, стенки которых утолщены. Утолщение стенки волокон склеренхимы свидетельствует о ксерофитности растения.

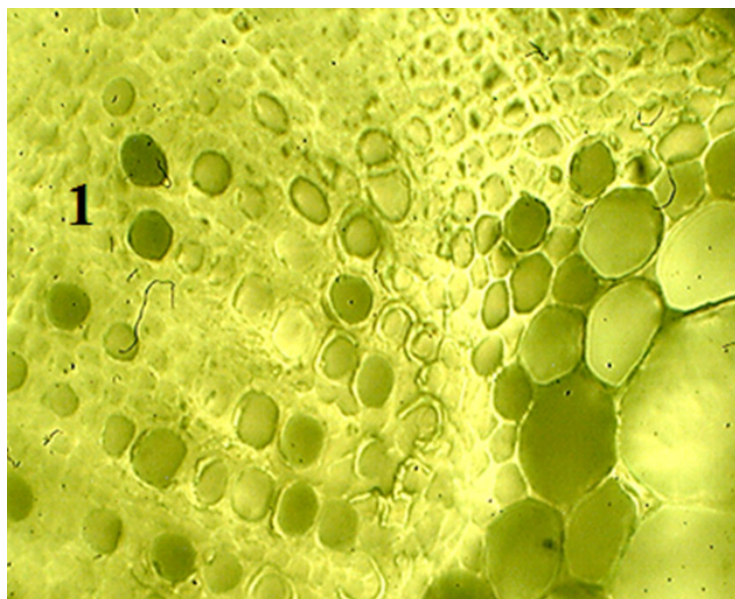


Рисунок 4 – Ксилемная трубка стебля растения адраспана (*Peganum harmala* L.)(x400).
1 – ксилемная трубка

В ряду склеренхимных волокон обнаружены пучки кристаллов оксалатов кальция. В центральном цилиндре корня сосуды проводящих пучков располагаются, образуя несколько противоположных рядов [27]. Вторичная флоэма направлена в пояс склеренхимы, а вторичная ксилема рассеяна. Между флоэмой и ксилемой обнару-

живается слой камбия. В паренхимных клетках центрального цилиндра выявлены идиобласты – элементы выделительной ткани. В идиобластах накапливаются минеральные и биологические активные вещества. Диаметр центрального цилиндра в среднем составляет $412,8 \pm 2,37$ мкм. (рис. 5).

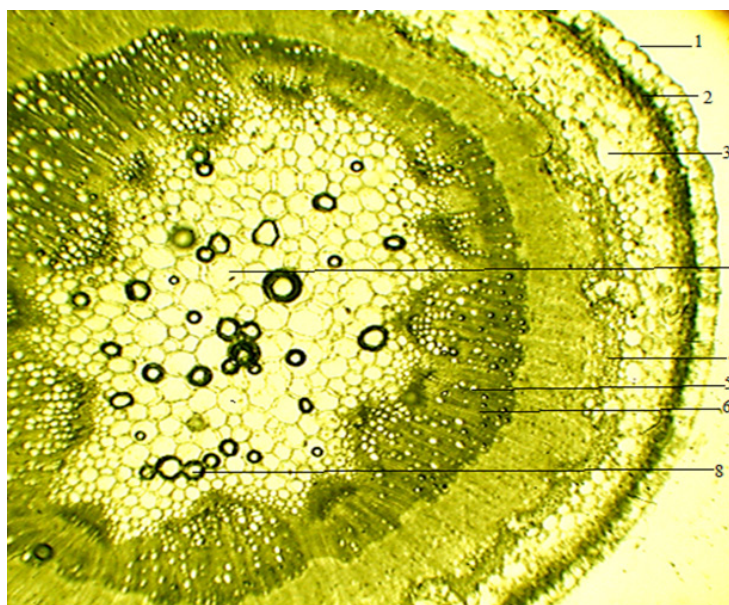


Рисунок 5 – *Peganum harmala* L. Ксилемная трубка корня растений (x100)
1 – оболочка, 2 – феллодерма, 3 – паренхима, 4 – склеренхима, 5 – ксилема,
6 – проводящий пучок, 7 – стержневая паренхима, 8 – идиобласт

Заключение

Таким образом, при исследовании растительных образцов гармалы обыкновенной (*Peganum harmala* L.) были выявлены особенности в анатомическом строении растения. Это обусловлено тем, что растение имеет прицентрическую структуру, которая отражает его приспособленность к засушливым условиям.

Peganum harmala L. являющаяся гемиксерофитом, не имеет покровных волосков, сохраняет признаки приспособляемости, позволяющей удерживать влагу, а формирование слизистых клеток в мезофилле, накопление кристаллов в клетках эпидермиса снижает интенсивность транспирации.

По сравнению с корнями, между трахеальными элементами стебля имеются просветы не-

скольких вновь образованных типичных трубок. Структурные изменения в корне влияют на водопроницаемые и механические свойства образующихся элементов древесины.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и знакомы с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность Нурмухановой Акмарал Садыковне, и.о. профессору кафедры Биоразнообразия и биоресурсов КазНУ им. аль Фараби за оказание методической помощи в исследовании анатомического строения вегетативных органов растений.

Литература

1. Ebrahimi Gaskarei R1., Mukhambetov B., Bissenov U. Phytoremediation technique is eco-friendly and sustainable solution for the contaminated coastal environments cleanup in Atyrau region – Kazakhstan. // The 22 Association of State Universities of The Caspian Region Countries University of Guilan, Iran. – 2019. – С. 15-17.
2. Околелова А. А., Капля V. N., Лапченков А. Г. Evaluation of oil content in soils. // Scientific bulletin Series: Natural Sciences. 43(1), – 2019. – С. 76-86.
3. Шайхмежденова У.Г., Утешкалиева А.М. Флора Атырауской области// Учебное пособие, Атырау. – 2019. – С. 54-59.
4. Каженбаев Е. Атырау облысының географиясы. – 2000. – С. 17-85.
5. Есенманова М. С., Бисенов У.К., Нұрғазы К. Ш., Дүйсеғалиев М.Ж. Махамбет М.К. Атырау облысы аумағындағы топырақтың физика-химиялық қасиеттері және өсімдіктер биологиясы. // AIP Conference Proceedings. – 2021. 2402 (060002). – С. 7-8.
6. Бисенов У. К., Булханова Д. К. Атырау облысында өсетін өсімдіктердің экологиялық ерекшеліктері [Ecological features of plants growing in Atyrau region]. // International scientific and practical conference “Modern problems of physical and Mathematical Sciences and interdisciplinary research. – 2021. – С. 310-312.
7. Гилязов Е. Г. Новые материалы. Нефтехимия и экология // Избранные труды. – 2015. №2. – С. 18-35.
8. Есенманова М. С., Бисенов У. К., Нұрғазы К. Ш., Дүйсеғалиев М. Ж., Замзамова Н. Analysis and characterization of the chemical composition of forage crops growing in Atyrau region. // AIP Conference Proceedings. 2402 (060003). – 2021. – С. 2-5.
9. Агелеуов Е.А. Флора поймы реки Урал // Алма-Ата: Наука. – 1987. – С. 56-67.
10. Култиасов И. М. Экология растений // Учебник-М.:Изд-во Москва. – 2002. – С. 143-144.
11. Биологический энциклопедический словарь//М.: Сов. Энциклопедия. -1986. – С. 549-552.
12. Коровкин О.А. Антомия и морфология высших растений: словарь терминов // М.: Бустард. – 2007. – С. 89-35.
13. Тайсумов М.А. Классификация ксерофитов Российского Кавказа по морфолого-физиологическим признакам и схема их деления//Journal of Modern Problems of Science and Education. – 2014. – №3. – С. 7-10.
14. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника // М.: МГУ. – 1960. – С. 260-267.
15. Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятков А. Г. Справочник по ботанической микротехнике // Москва: МГУ. – 2004. – С. 313-315.
16. Пермяков А.И. Микротехника// М.: МГУ. – 1988. – С. 11-29.
17. Бисенов У.К., Кисимова Г.О. Мұнайлы аймақпен ластанған жерде өсетін доминантты өсімдіктердің биологиялық ерекшеліктері//Актуальные проблемы естественных наук. Материалы международной научно-практической конференции, Атырау. – 2019. – С. 98-102.
18. Бисенов У.К., Нуриева А. Плодородие почв на пастбищных и сенокосных угодьях в условиях Атырауской области// VI Международная конференция «Актуальные научные исследования в современном мире». – 2019. – С. 44-48.

19. Булханова Д. К., Бисенов У. К. Атырау облысының топырақ жамылғысы мен өсімдіктерінің қазіргі жағдайы // Республикалық ғылыми-практикалық конференция «Наука и образование: актуальные вопросы, достижения, инновации», Ақтобе. – 2021. – С. 25-29.
20. Abutbul S., Golan-Goldhirsh A., Barazani O., Ofir R., Zilberg D. Screening of desert plants for use against bacterial pathogens in fish. // *Israeli J of Aquacult.* – 2005. – №57, – P. 71-80.
21. Захаров В.п., Либизов Н.И., Асланов Х.А. Лекарственные вещества из растений и способы их производства [Medicinal substances from plants and methods of their production]. // Ташкент: Издательство Академии наук Узбекской ССР «ФАН». – 2008. – С. 146-147.
22. Орехов А.П. Химия Алкалоидов. – Moscow. – 2012. – С. 862-865.
23. Iranshahy M., Fazly Bazzaz S., Haririzadeh G., Abootorabi BZ., Mohamadi AM., Khashyarmansh Z. Chemical composition and antibacterial properties of *Peganum harmala* L. *Avicenna J Phytomed.* – 2019. – 9 (6), – P. 530-537.
24. Asgarpanah J., Ramezanloo F. Chemistry, pharmacology and medicinal properties of Iranshahy et al. *AJP.* – 2019. – 9 (6), – С. 1573-1580.
25. Al-Shamma A., Drake S., Flynn D.L., Mitscher L. A., Park Y.H., Rao G.S., Simpson A., Swayze J.K., Veysoglu T., Wu S.T. Antimicrobial agents from higher plants. Antimicrobial agents from *Peganum harmala* seeds. // *J Nat Prod.* – 1981. – №44, – С. 745-747.
26. Russell J. *Garmala obyknovennaja* [Harmala is ordinary]. Moscow. – 2013. – С. 109-110.
27. Benbott A., Yahyia A., Belaidi A. Assessment of the antibacterial activity of crude alkaloids extracted from seeds and roots of the plant *Peganum harmala* L. // *J Nat Prod Plant Resour.* – 2012. – №2, – С. 568-573.

References

1. Abutbul S., Golan-Goldhirsh A., Barazani O., Ofir R., Zilberg D. Screening of desert plants for use against bacterial pathogens in fish. *Israeli J of Aquacult.* -2005. – № 57.- P. 71-80.
2. Ageleuov E.A. *Flora pojmy reki Ural* [Flora of the floodplain of the Ural River]. // Alma-ata: Nauka. – 1987. – С. 56-67.
3. Al-Shamma A., Drake S., Flynn D.L., Mitscher L. A., Park Y.H., Rao G.S., Simpson A., Swayze J.K., Veysoglu T., Wu S.T. Antimicrobial agents from higher plants. Antimicrobial agents from *Peganum harmala* seeds. *J Nat Prod.* -1981. – №44. – P. 745-747.
4. Asgarpanah J., Ramezanloo F. Chemistry, pharmacology and medicinal properties of Iranshahy et al. // *AJP.* -2019. – № 9 (6), – P. 1573-1580.
5. Barykina R. P., Veselova T. D., Devyatov A. G. *Spravochnik po botanicheskoj mikrotehnikе* [Textbook on botanical microtechnics]. Moscow: MSU. – 2004. – С. 313-315.
6. Benbott A., Yahyia A., Belaidi A. Assessment of the antibacterial activity of crude alkaloids extracted from seeds and roots of the plant *Peganum harmala* L. // *J Nat Prod Plant Resour.* – 2012. – № 2. – P. 568-573.
7. *Biologicheskij jenciklopedicheskij slovar* [Biological Encyclopedic dictionary]. M.: Sov. Encyclopedia. – 1986. – С. 549-552.
8. Bisenov U. K., Bulkhanova D. K. Атырау облысында өсетін өсімдіктердің жекологиялық ерекшеліктері [Ecological features of plants growing in Atyrau region] // International scientific and practical conference “Modern problems of physical and Mathematical Sciences and interdisciplinary research. – 2021. – С. 310-312.
9. Bisenov U.K., Kisimova G.O. Munaily aimakpen lastangan zherde osetin dominantty osimdikterdin biologiyalyk erekshelekteri. [Biological features of dominant plants growing on land contaminated with oilseeds] // Actual problems of natural sciences. Materials of the international scientific and practical conference. Atyrau, – 2019. – С. 98-102.
10. Bisenov U.K., Nurieva A. Plodorodie pochv na pastbishnyh i senokosnyh ugod'jah v uslovijah Atyrauskoj oblasti. [Soil fertility on pasture and hayfields in the Atyrau region] // VI International Conference “Current Scientific research in the modern World”. -2019. – С. 44-48.
11. Bulkhanova D. K., Bisenov U. K. Атырау облысынyn топырақ жамылғысы мен осимдиктерinin казіргі zhagdayy. [Ccurrent state of soil cover and vegetation of Atyrau region] // Republican scientific and practical conference “Science and education: actual issues, achievements, innovations”. Aqtope. – 2021. – С. 25-29.
12. Ebrahimi Gaskarei R1., Mukhambetov B., Bissenov U. Phytoremediation technique is eco-friendly and sustainable solution for the contaminated coastal environments cleanup in Atyrau region – Kazakhstan // The 22 Association of State Universities of The Caspian Region Countries University of Guilan, Iran. – 2019. – С. 15-17.
13. Gilazhov E. G. *Novye materialy. Neftehimija i jekologija* [New materials. Petrochemistry and ecology] // Selected works. -2015. – №2. – С. 18-35.
14. Iranshahy M., Fazly Bazzaz S., Haririzadeh G., Abootorabi BZ., Mohamadi AM., Khashyarmansh Z. Chemical composition and antibacterial properties of *Peganum harmala* L. *Avicenna J Phytomed.* -2019. – 9 (6). – С. 530-537.
15. Kazhenbayev E. Атырау облысынyn geografiyasы. [Geography of Atyrau region]. -2000. – С. 17-85.

16. Korovkin O.A. Anatomija i morfologija vysshih rastenij: slovar' terminov. [Anatomy and morphology of higher plants: dictionary of terms] // M.: Bustard. – 2007. – С. 89-35.
17. Kultiasov I. M. Jekologija rastenij. [Plant ecology]. // Textbook-M.: Publishing House Moscow. – 2002. – С. 143-144.
18. Okolelova A. A., Kaplya V. N., Lapchenkov A. G. Evaluation of oil content in soils. // Scientific bulletin Series: Natural Sciences. – 2019. – 43 (1). – С 76-86.
19. Orekhov A.P. Himija alkaloidov [Chemistry of alkaloids]. // Moscow: Book on demand. – 2012. – С. 862-865.
20. Permyakov A.I. Mikrotehnika. [Microtechnics]. // M.: MSU. -1988. – С. 11-29.
21. Prozina M.N. Botanicheskaja mikrotehnika [Botanical microtechnics]. // M.: MSU. – 1960. – С. 260-267.
22. Russell J. Garmala obyknovennaja [Harmala is ordinary]. // Moscow: Book on demand. – 2013. -С. 109-110.
23. Shaikhmezhdenova U.G., Uteshkalieva A.M. Flora Atyrauskoj oblasti. [Flora of Atyrau region] // Bulletin of ASU, Atyrau. – 2019. – 53 (2). – С. 54-59.
24. Taisumov M.A. Klassifikacija kserofitov Rossijskogo Kavkaza po morfologo-fiziologicheskim priznakam i shema ih delenija. [Classification of xerophytes of the Russian Caucasus by morphological and physiological characteristics and the scheme of their division] // Journal of Modern Problems of Science and Education. -2014. №3. – С. 7-10.
25. Yessenamanova M. S., Bissenov U. K., Nurgazy K. Sh., Dyussegaliev M. Zh. Makhambet M. Physical and chemical properties of soils and plant biology of the territory of Atyrau region. // AIP Conference Proceedings. – 2021. – 2402 (060002). – С. 1-8.
26. Yessenamanova M. S., Bissenov U. K., Nurgazy K. Sh., Dyussegaliev M. Zh., Zamzamova N. Analysis and characterization of the chemical composition of forage crops growing in Atyrau region. // AIP Conference Proceedings. – 2021. – 2402 (060003). – P. 2-5.
27. Zakharov V.P., Libizov N.I., Aslanov H.A. Lekarstvennye veshhestva iz rastenij i sposoby ih proizvodstva. [Medicinal substances from plants and methods of their production]. // Tashkent: Publishing House of the Academy of Sciences of the Uzbek SSR "FAN". – 2008. – С. 146-147.

2-бөлім
БИОТЕХНОЛОГИЯ

Section 2
BIOTECHNOLOGY

Раздел 2
БИОТЕХНОЛОГИЯ

А.С. Машжан^{1,2,3}, **Р. Хавьер-Лопес²**, **А.О. Бисенбай^{1,3}**,
А.Б. Галипова¹, **И.С. Савицкая¹**, **Н.К. Биркеланд²**,
А.С. Кистаубаева^{1*}

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

²Университет Бергена, Норвегия, г. Берген

³Филиал ТОО «Национальный центр биотехнологии», Казахстан, г. Алматы

*e-mail: kistaubayeva.kaznu@gmail.com

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕРМОФИЛЬНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ ГОРЯЧЕГО ИСТОЧНИКА КАЗАХСТАНА И ОЦЕНКА ИХ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ

Термофильные микроорганизмы являются менее изученной, но важной группой микроорганизмов за счёт их способности продуцировать уникальные по своим свойствам ферменты. В связи с этим требуется изучение ранее не исследованных термальных источников на территории Казахстана для поиска новых теплолюбивых микроорганизмов с биотехнологическим потенциалом. Для этого в данной работе впервые были выделены и охарактеризованы термофильные бактерии из геотермального источника, Алматинская область, Республика Казахстан на предмет их способности продуцировать внеклеточные гидролитические ферменты (амилаза, целлюлаза, протеаза, и липаза). По результатам проведенных исследований было определено, что три из пяти изолятов показали высокую ферментативную активность на все четыре типа фермента и остальные продуцировали, по крайней мере, несколько внеклеточных гидролитических ферментов. Филогенетический анализ по универсальному бактериальному гену 16s рНК и результаты биохимической характеристики (на полосках API 50CHE и API Zym) показали, что все выделенные изоляты из термального источника отличаются от ныне известных видов рода *Geobacillus*, что в свою очередь указывает на то, что данный геотермальный источник является богатым местом обитания новых неизученных видов микроорганизмов с уникальными ферментами, более того один из пяти изолятов показал самую высокую оптимальную температуру роста при 75°C среди представителей данного рода.

Ключевые слова: термофильные бактерии, идентификация, 16S рНК, филогенетический анализ, гидролитические ферменты.

A. Mashzhan^{1,2,3*}, R. Javier-Lopez², A.O. Bisenbay^{1,3},
A.B. Talipova¹, I.S. Savitskaya¹, N.K. Birkeland², A.S. Kistaubayeva^{1*}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²University of Bergen, Norway, Bergen

³Almaty Branch of the National Center for Biotechnology, Kazakhstan

*e-mail: kistaubayeva.kaznu@gmail.com

Identification of thermophilic bacteria from the hot spring of Kazakhstan and assessment of their enzymatic activity

Thermophilic microorganisms are a less studied, but important group of microorganisms due to their ability to produce enzymes that are unique in their properties. In this regard, it is required to study previously unexplored thermal springs on the territory of Kazakhstan in order to search for new thermophilic microorganisms with biotechnological potential. For this purpose, under this study, for the first time, thermophilic bacteria from a geothermal source near the city of Zharkent, Almaty region, Republic of Kazakhstan were isolated and characterized for their ability to produce extracellular hydrolytic enzymes (amylase, cellulase, protease, and lipase). Based on the results of the studies, it was determined that three of the five isolates showed high enzymatic activity for all four types of enzymes and the rest produced at least several extracellular hydrolytic enzymes. Phylogenetic analysis for the universal bacterial 16s rRNA gene and biochemical characterization results (on API 50CHE and API Zym strips) showed that all derived isolates from the thermal spring differ from the currently known species of the genus *Geobacillus*, which indicates that this geothermal spring is a

rich habitat for new unexplored species of microorganisms with unique enzymes. Moreover, one of the five isolates showed the highest optimal growth temperature at 75°C among the representatives of this genus.

Key words: thermophilic bacteria, identification, 16S rRNA, phylogenetic analysis, hydrolytic enzymes.

А.С. Машжан^{1,2,3}, Р. Хавьер-Лопес², А.О. Бисенбай^{1,3},
А.Б. Талипова¹, И.С. Савицкая¹, Н.К. Биркеланд², А.С. Кистаубаева^{1*}

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

²Берген университеті, Норвегия, Bergen қ.

³«Национальный центр биотехнологии», Қазақстан, ЖШС Алматы қаласындағы филиалы.

*e-mail: kistaubayeva.kaznu@gmail.com

Қазақстанның ыстық термалды су көздерінен термофильді бактерияларды анықтау және олардың ферментативті белсенділігін бағлау

Термофилді микроорганизмдердің зерттелуі сирек кездеседі, бірақ ерекше ферменттер бөліп шығару қасиеттеріне байланысты микроорганизмдердің маңызды тобына жатады. Осы тұрғыдан алғанда, Қазақстан аумағындағы зерттелмеген ыстық су көздері биотехнологиялық потенциалы бар жаңа жылу сүйгіш микроорганизмдерді іздеу үшін зерттеуді қажет етеді. Бұл жұмыста алғаш рет Қазақстан Республикасы, Алматы облысындағы геотермиялық су көзінен термофилді бактериялар бөлініп, олардың жасушадан тыс гидролитикалық ферменттерді (амилаза, целлюлаза, протеаза, және липаза) зерттелген. Зерттеу нәтижелері бойынша бес изоляттың үшеуі ферменттің барлық төрт түріне жоғары ферментативті белсенділік танытқан, ал қалғандары кем дегенде бірнеше жасушадан тыс гидролитикалық ферменттер түзетіні анықталған. Бактериялық әмбебап 16s рРНҚ генінің филогенетикалық талдауы және биохимиялық сипаттамасының нәтижелері (API 50CHE және API Zym жолақтарында) осы термалды су көзінен оқшауланған барлық изоляттардың қазіргі уақытта белгілі *Geobacillus* тұқымдас түрлерінен ерекшеленетінін көрсетті. Аталған геотермалды су көзі – бірегей ферменттері бар зерттелмеген жаңа микроорганизмдердің түрлеріне бай мекен екені көрсетілген және бес изоляттың біреуі 75°C-та өсуге қабілеттілігі бар екені анықталған, бұл осы тұқымдас өкілдерінің арасында ең жоғары оңтайлы өсу температурасы екені дәлелденген.

Түйін сөздер: термофильді бактериялар, идентификация, 16S рРНҚ, филогенетикалық талдау, гидролиздік ферменттер.

Введение

Геотермальные зоны представляют собой селективные места обитания термофильных микроорганизмов, служащих ценным источником уникальных биомолекул и экстремозимов [1, 2]. Наиболее часто выделяемыми термофильными бактериями из горячих источников являются представители рода *Geobacillus*, *Anoxybacillus* и другие близкородственные бактерии [3, 4]. Бактерии рода *Geobacillus* вызывают особый интерес у биотехнологов за счёт их способности продуцировать термозимы, такие как, протеазы [5, 6], липазы [7, 8] и биоактивные молекулы. Род *Geobacillus*, как один из представителей порядка *Bacillales*, включает аэробные и факультативно анаэробные спорообразующие бациллы. До 2001 года они были сгруппированы как термофильные виды *Bacillus* spp., но накопление доказательств кластеризации многих термофилов в отдельную подгруппу (группа 5), на основе анализа бакте-

риального гена 16S рРНҚ, привело к их рекласификации в отдельный род, *Geobacillus* gen. nov [9]. Большинство штаммов *Geobacillus* растут в интервале температур 45-70°C и, будучи катаболически разнообразными, легко выделяются из активных сообществ, растущих в компосте, горячих источниках и глубоких геотермальных участках. Однако *Geobacillus* spp. также могут быть выделены в таких средах как почва, боливийские Анды, глубоководные воды и даже Марианский желоб, где температура редко превышает отметку 30°C. Это парадоксальное явление было недавно исследовано учёным Zeigler [10], который связывает это в основном со свойствами *Geobacillus* spp. образовывать споры.

Поиск и активное изучение новых термофильных микроорганизмов с высокой ферментативной активностью связан с их огромным потенциалом применения в фармацевтике, производстве моющих средств, целлюлозно-бумажной и крахмальной промышленности и многих

других производственных отраслях [11]. В этих промышленных процессах в основном используются такие ферменты как амилаза, целлюлаза, ксиланаза, пектиназа, протеаза и липаза, многие из которых были выделены из термофильных микроорганизмов и стабильно работают при высоких температурах [12, 13]. Эти ферменты секретируются культуральную жидкость, что значительно облегчает процесс очистки конечного продукта от клеток продуцентов.

С наступлением новой эры науки улучшились инструменты и методы в изучении микробиологических объектов. Современные молекулярно-биологические и независимые от культивирования методы существенно расширили наше понимание структурного и функционального состава микробных сообществ в термальных источниках [14]. Однако выделение чистых культур все ещё необходимо для оценки физиологического и биотехнологического потенциала термофильных микробов, обитающих в горячих источниках.

Цель настоящего исследования – выделить и идентифицировать термофильные бактерии из Жаркентского геотермального источника, способных продуцировать внеклеточные гидролитические ферменты, такие как липаза, протеаза, амилаза и целлюлаза.

Материалы и методы

Координаты геотермального источника Жаркент – 43°58'377" Ш., 079°39'424" Д., находится в Алматинской области, рядом с городом Жаркент, в урочище Жаркунак. На территории геотермального источника расположено множество термальных скважин с разной температурой и глубиной. Из-за своей удалённости, источник менее подвержен влиянию антропогенного фактора, и тем самым сохранил своё биоразнообразие. Температуру и pH воды в источнике определяли *in situ* с использованием портативного комбинированного измерителя температуры pH / EC / TDS (Milwaukee BEM802). Температура горячего источника в период отбора проб составляла 76°C, значение pH воды находилось в диапазоне 7-8. Образцы воды отбирались в стерильные пробирки объёмом 50 мл (Falcon).

Отобранную пробу воды высевали на питательную среду Nutrient Agar (HiMedia, Индия). Для получения чистых изолятов использовали метод штриха с повторением не менее трех раз. Такие характеристики как клеточная морфоло-

гия, спорообразование и подвижность изолятов бактерий анализировали с помощью фазо-контрастного микроскопа (Nikon, Eclipse E400) и сканирующего электронного микроскопа (Jeol JSM-7400F). Сканирование проводилось при увеличениях от 2,000X до 8,500X [15].

Изоляты тестировали на стрипах API 50СНВ (BioMerieux, Inc., Франция) на усвоение и ферментацию 49 соединений углеводов. Бактериальной суспензии в объёме 100 мкл наносились на полоски (strips) и инкубировались при 55-65°C в течение 48 часов в согласно инструкциям производителя. Каталазная активность определялась по образованию пузырьков после добавления нескольких капель 3% H₂O₂ [16]. Активность оксидазы определялась по окислению тетраметил-р-фенилендиамина [17]. Выделение H₂S определялась с использованием агаризованной среды TSI, (Triple sugar iron agar (Sigma, США)).

Для определения влияния температуры на рост изолятов, микроорганизмы культивировались в колбах объёмом 50 мл на универсальной среде Nutrient broth (Sigma-Aldrich, США) в объёме 25 мл. Оптимальные условия культивирования подбирались путём инкубирования в интервале заданных температур (от 40 до 95°C с регулярным шагом в 5°C), времени максимального накопления биомассы (12, 24, 36 часов) в зависимости от посевной концентрации клеток (10⁵-10⁷ КОЕ/см³) и pH среды (от 3 до 10). Рост изолятов измерялись путём определения оптической плотности. Оптическую плотность детектировали при 620 нм на спектрофотометре (спектрофотометр PD-303, Arel, Япония).

Скрининг термофильных бактерий, продуцирующих внеклеточные гидролазы, проводился с использованием различных источников углерода, таких как карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), картофельный крахмал, твин 80 и обезжиренное молоко. Ферментативная активность изолятов анализировалась по способности синтезировать протеазу, амилазу, липазу и целлюлазу по размеру (мм) и наличию зон специфического окрашивания или просветления вокруг колоний [16]. Эти зоны образуются в результате гидролиза соответствующих субстратов в конечные продукты ферментативных реакций.

Гидролиз казеина тестировались на чашках со средой, содержащий (мас./об.) сухое обезжиренное молоко (20%), глюкозу (0,5%) и гелрит (1,5%); на положительные результаты указывали чёткие зоны гидролиза вокруг колоний [16]. Разложение КМЦ тестировалась на среде, содержа-

шей (мас./об.) КМЦ (1%), NaCl (0,01%), NaNO₃ (0,02%), K₂HPO₄ (0,01%), MgSO₄ (0,003%), KCl (0,003%), пептон (0,01%), гелерит (1,5%) [18, 19]. Гидролиз крахмала определялась путём тестирования на чашках со средой, содержащей (мас./об.) растворимый крахмал (2%), триптон (1%), дрожжевой экстракт (0,1%) и гелерит (1,5%). Прозрачная зона гидролиза вокруг колонии, образовавшаяся после окрашивания раствором Люголя (0,5% I₂ и 1,0% KI в дистиллированной воде), указывала на наличие активности целлюлазы и амилазы [20, 21]. **Продукция липолитических ферментов** оценивалась на среде Spirit blue agar (Sigma, США) с добавлением 1% твина 80 (Sigma, США) и гелерита (1,5%). Наличие липазной активности определялись видимыми осадками кальциевых солей жирных кислот [16]. Ферментативная активность определялась, также с использованием индикаторных стрипов API ZYM (bioMérieux, Inc., Франция). Целостность клеток изолятов была разрушена с помощью соникатора (MSE Mk 2 150 watts, USA).

После культивирования бактерий перенесли в пробирку Falcon объемом 25 мл, и затем центрифугировали при 4°C в течение 12 минут при 7500 об/мин, надосадочная жидкость сливалась. Геномная ДНК выделяли из осажденных клеток с помощью набора для экстракции бактериальной геномной ДНК NA2100 SIGMA GenElute™ компании Sigma-Aldrich, согласно стандартному протоколу производителя. Качество и количество ДНК определялась с помощью UV-Vis спектрофотометра NanoDrop™ One / OneC Microvolume UV-Vis от ThermoFisher Scientific. После этого проводились электрофорез в 0,8% агарозном геле для анализа размера и качества ДНК. В качестве маркера использовались GeneRuler DNA Ladder Mix от ThermoFisher (номер по каталогу: SM0333). Электрофоретическое разделение проводилось в течение 35 минут при 80 В /см. Для амплификации генов 16S рРНК были использованы универсальные пары праймеров 27f (5'-GAG TTT GAT CCT GGC TCA -3') и 1525r (5'-GAA AGG AGG AGA TCC AGC C-3') (нумерация *Escherichia coli*) [22]. Состав реакционной смеси, использованной для амплификации, содержал: 10 нг ДНК, 5 мкл 10x буфера для ПЦР, 5 мкл 10 mM дНТФ, 0,5 мкл каждого праймера (10 mM / мкл), 0,125 мкл Taq ДНК-полимеразы и деионизированная вода до конечного объема 25 мкл. Программа ПЦР: начальная денатурация матриц в течение 3 мин при 96°C, затем 30 циклов стадий включающих;

денатурацию в течение 30 с при 96°C, отжиг в течение 30 с при 55°C и удлинение в течение 2,5 мин при 72°C (окончательное удлинение в течение 10 мин при 72°C). Для очистки ПЦР продуктов использовали набор NA1020-1KT GenElute™ PCR Cleanup Kit (Sigma).

Продукты ПЦР анализировались в лаборатории UiB Sequencing facility (Бергенский университет, Норвегия) для проведения циклов реакции секвенирования в соответствии с протоколом Big Dye v3.1 в. Полученные последовательности были скорректированы с использованием программного обеспечения MEGA X [23]. Затем они были объединены с использованием программного пакета EMBOSS [24]. Готовая последовательность сравнивалась в BLAST с помощью пакета Blastn, используя параметры по умолчанию (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

Филогенетическое древо, основанное на последовательности анализа гена 16S рРНК выделенных изолятов, было построено для изучения эволюционной взаимосвязи между описанными видами рода *Geobacillus*. Последовательности гена 16S рРНК различных видов *Geobacillus* были получены из базы данных Genbank [25, 26]. Филогенез был построен с помощью веб-сервера GGDC [27], доступному по адресу <http://ggdc.dsmz.de/>, с использованием программного конвейера филогеномики DSMZ [28], адаптированного к отдельным генам. Множественное выравнивание последовательностей было создано с помощью MUSCLE [29]. Деревья максимального правдоподобия (ML) и максимальной приближенности (MP) были выведены из сопоставления с RAxML [30] и TNT [31]. Для максимального правдоподобия (ML) использовалась быстрая начальная загрузка в сочетании с критерием начальной загрузки autoMRE [32] и последующий поиск лучшего дерева; для максимальной приближенности (MP) использовалось 1000 повторений начальной загрузки в сочетании с заменой ветвей пополам и повторным соединением дерева и десятью повторениями добавления случайных последовательностей. Последовательности были проанализированы на композиционную предвзятость с использованием теста X², реализованного в RAUP [33]. **Типовые штаммы некоторых видов** рода *Geobacillus* были включены в филогенетический анализ, где *Caldibacillus debilis* Tf (NR_029016.1) был использован в качестве внешней группы.

Последовательности гена 16S рРНК, описанные в этом исследовании, были депонированы в GenBank под регистрационными номерами (Accession numbers) OQ296045-OQ296049.

Результаты и обсуждение

Из пробы, собранной в геотермальном источнике Жаркент, было выделено пять различных бактериальных изолятов. Им были присвоены следующие коды: 1AkW1, 1AkW2, 1AkW4, 1AkW5, 1AkW8. Для данных изолятов был выполнен ряд различных идентификационных тестов, такие как анализ на спорообразование; исследование морфологии; определение подвижности; способность к аэробному росту; тест

на каталазную и оксидазную активность; способность использования сахаров (API 50CHE); энзиматическая активность (API Zym) и продукцию H_2S . Морфологически колонии изолятов незначительно различались по форме, цвету, текстуре и консистенции. Через 18 часов инкубации, исследуемые изоляты образовывали округлые выпуклые колонии бело-кремового цвета с волнистым краем. Клетки всех изолятов были неподвижными, грамположительными, палочковидными, спорообразующими и облигатными аэробами. Морфологические характеристики некоторых изолятов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа. Полученные изображения изолятов представлены на рисунке 1.

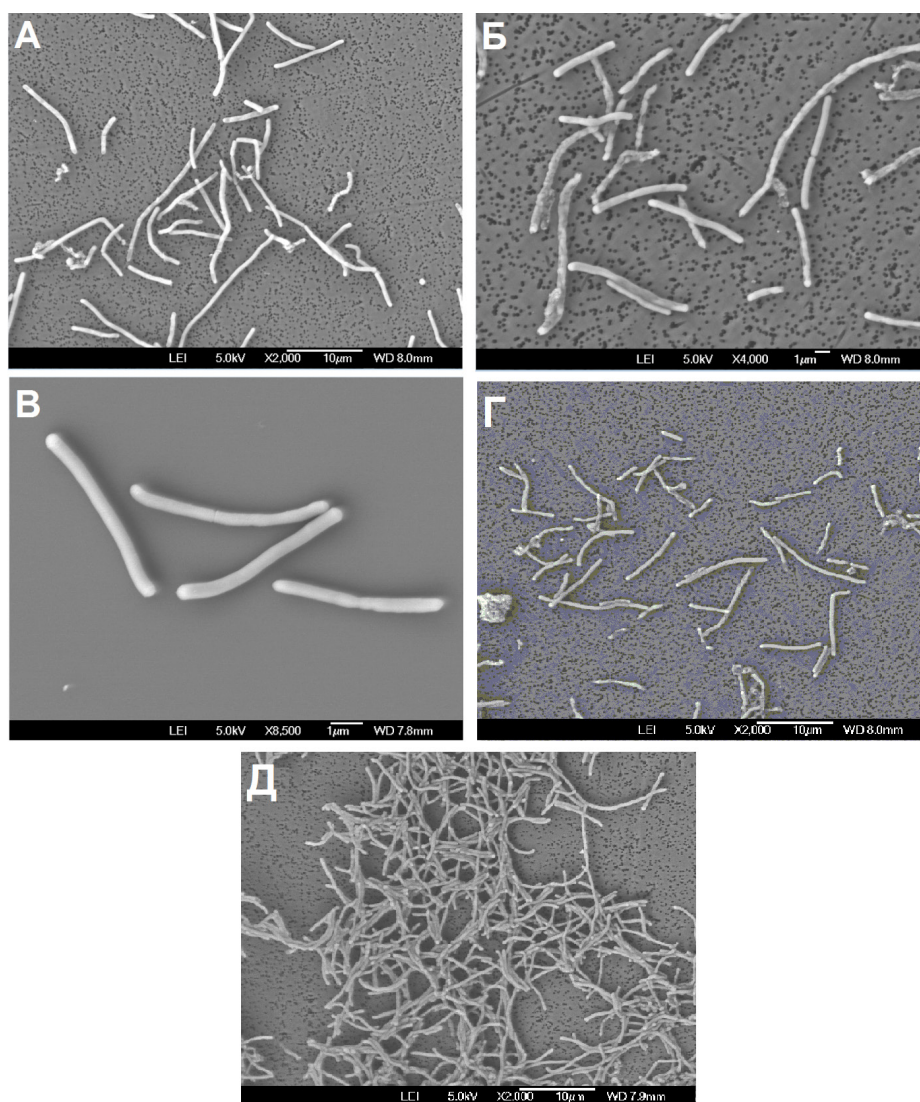


Рисунок 1 – Электронные фотографии, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа; А. 1AkW1, Б. 1AkW8, В. 1AkW2, Г. 1AkW4, Д. 1AkW5 (при увеличениях от 2,000X до 8,500X)

Морфология этих изолятов типична для бактерий, принадлежащих к группе *Geobacillus*. Было обнаружено, что бактериальные изоляты (1AkW1, 1AkW2, 1AkW4, 1AkW5 и 1AkW8) имеют палочковидную форму. Размеры клеток варьировались от 2,4 до 8 мкм в длину и от 0,4 до 0,9 мкм в ширину.

4 до 0,9 мкм в ширину.

Полученные изоляты были способны к росту на питательных средах при pH 5-11 и при температурах от 45 до 83°C и при оптимальных условиях при значении pH 6-8 и температуре от 65 и до 75°C, соответственно. Для изолятов 1AkW2, 1AkW4 и 1AkW5 оптимальная температура роста составила 65°C, а максимальная и минимальная температуры составили 80°C и 45°C. Для изолята 1AkW1 оптимальная температура роста составила 70°C, а максимальная и минимальная температуры составили 75°C и 45°C. Самая высокая оптимальная температура роста наблюдалась у изолята 1AW8, 75°C, а максимальная и минимальная температуры 83°C и 45°C. При сравнении диапазона температуры для роста выделенных изолятов с наиболее близкородствен-

ными видами было определено, что изоляты в данном исследовании имеют более высокую температуру роста и более широкий диапазон значений pH (таблица 1).

Все выделенные бактериальные изоляты не продуцировали H₂S, но образовывали каталазу. Профили, полученные на стрипах API 50 CH для пяти штаммов, показали фенотипическое разнообразие, и ни один из восьми изолятов не обладал одинаковыми фенотипическими особенностями (таблица 1). Использование сахаров варьировало: изолят 1AW5 был способен использовать N-ацетилглюкозамин и амигдалин, а изолят 1AkW4 D-тагатозу, в то время как 1AkW8 рамнозу. Все изоляты образовывали кислоту из глюкозы, фруктозы и мальтозы, но ни один из пяти выделенных изолятов не был способен использовать эритритол, D-арабинозу, L-ксилозу, адонитол, метил-D-ксилопиранозид, L-сарбозу, дульцитол, D-сорбитол, Метил-D-маннопиранозид, арбутин, салицин, D-лактозу, инулин, ксилит, гентиобиозу, D-ликсозу, D-фукозу, L-фукозу, D-арабитол, L-арабитол, глюконат, 2-кетоглюконат и 5-кетоглюконат.

Таблица 1 – Характеристики, отличающие выделенные изоляты из Казахстана от близкородственных видов рода *Geobacillus*

Характерная особенность	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Подвижность	-	-	-	-	-	+	+	НД	+
Длина клеток	2-3,6	1,7-2,9	2-3,9	2-2,9	2-4,7	НД	2-3,5	≤0,9	3,5
Ширина клеток	0,5-1	0,6-1	0,5-1,2	0,6-0,9	0,7-1,4	НД	0,6-1	≤3	1,5
Оксидазная активность	±	-	-	±	±	+	-	+	+
Продукция H ₂ S	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
Споры									
Цилиндрический	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Субтерминальный	+	-	+	-	-	+	+	+	+
Терминальный	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Центральный / парацентральный	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Диапазон температуры для роста (°C)	45-80	45-80	45-80	45-80	45-83	55-70	30-70	37-68	37-70
Оптимальная температура для роста (°C)	70	65	65	65	75	55-60	40-60	55	60
Диапазон pH для роста	5.0-11	5.0-11	5.0-11	5.0-11	5.0-11	6.0-8.0	6.0-9.0	6.0-8.0	5.0-9.0
API 50 CH									
Глицерин	+	-	+	+	-	НД	±	-	+
Эритритол	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
D-арабиноза	-	-	-	-	-	+	НД	НД	НД
L-арабиноза	-	-	-	+	+	+	-	-	-

Продолжение таблицы

Характерная особенность	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рибоза	+	±	+	+	-	НД	-	-	+
D-ксилоза	+	-	-	+	+	+	-	+	В
L-ксилоза	-	-	-	-	-	+	НД	НД	НД
Адонит	-	-	-	-	-	НД	В	+	-
Метил-D-ксилопиранозид	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
Галактоза	+	+	+	+	-	+	±	V	V
D-манноза	+	±	+	-	+	+	+	+	+
L-сорбоза	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
Рамноза	-	-	-	-	+	НД	-	-	-
Дульцит	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
Инозитол	+	+	-	-	-	НД	-	+	V
D-маннитол	+	-	-	+	+	+	-	+	V
D-сорбитол	-	-	-	-	-	НД	-	-	-
Метил-D-маннопиранозид	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
Метил-D-глюкопиранозид	+	+	+	+	+	НД	+	НД	V
N-ацетилглюкозамин	-	-	-	±	-	НД	-	НД	V
Амигдалин	-	-	-	+	-	НД	-	НД	-
Арбутин	-	-	-	-	-	НД	-	НД	-
Эскулин	+	+	+	+	+	НД	±	-	+
Салицин	-	-	-	-	-	НД	-	НД	±
D-целлобиоза	-	-	+	+	+	+	-	+	V
D-лактоза	-	-	-	-	-	НД	±	-	В (±)
D-мелибиоза	+	+	+	+	±	НД	+	НД	V
D-трегалоза	+	+	+	+	+	НД	+	+	V
Инулин	-	-	-	-	-	НД	0	0	0
D-мелецитоза	+	+	+	+	+	НД	0	0	0
D-рафиноза	+	+	+	+	+	НД	+	НД	V
Крахмал	+	+	+	+	±	+	+	+	+
Гликоген	-	-	+	+	±	НД	+	НД	V
Ксилит	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
Генциобиоза	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
D-гураноза	+	-	+	+	+	НД	+	НД	-
D-Ликсоза	-	-	-	-	-	НД	НД	НД	НД
D-Тагатоza	-	-	±	-	-	НД	НД	НД	НД

Примечание: Виды: 1, изолят 1AkW1; 2, изолят 1AkW2; 3, изолят 1AkW4; 4, изолят 1AkW5; 5, изолят 1AkW8; 6, *G. Lituanicus*; 7, *G. stearothermophilus*; 8, *G. kaustophilus*; 9, *G. thermoleovorans*. Данные для 6 были взяты из Kuisiene и др. [34]; для 7–9 были взяты из Coorevits и др. [35]; данные для 1-5 были получены в ходе настоящего исследования. +, положительный; ±, слабopоложительный; -, отрицательный; В, результат варьируется в пределах штаммов; НД, нет доступных данных. Все штаммы были отрицательными на продукцию индола, D-фукоза, L-фукоза, D-арабитол, L-арабитол, Глюконат, 2-кетоглюконат, 5-кетоглюконат. Все штаммы были положительными на каталазу и продукцию кислоты из глюкозы, фруктозы, D-сахароза, и мальтозы.

В ходе экспериментов выяснилось, что в результате скрининга ферментативной активности все изоляты были способны продуцировать вне-

клеточные гидролитические ферменты, такие как протеаза, целлюлаза, амилаза, и липаза (таблица 2).

Таблица 2 – Продукция гидролаз изолятами при разных температурах

Изоляты	Ферментная активность*																			
	Протеаза					Целлюлаза					Амилаза					Липаза				
	45°	55°	65°	75°	80°С	45°	55°	65°	75°	80°С	45°	55°	65°	75°	80°С	45°	55°	65°	75°	80°С
1AkW1	O	O	O	O	O	L	M	H	L	O	L	M	H	O	O	O	O	O	O	O
1AkW2	L	M	H	L	O	L	M	H	L	O	L	M	H	O	O	O	O	O	O	O
1AkW4	L	M	H	L	O	L	M	M	O	O	L	M	H	L	O	L	M	H	O	O
1AkW5	L	M	H	O	O	L	M	H	O	O	M	H	H	O	O	L	M	M	L	O
1AkW8	L	L	H	H	L	L	M	H	H	L	L	L	M	H	L	L	M	H	H	O

* Активность фермента выражается диаметром прозрачной зоны (в случае протеазы, амилазы и целлюлозы) и осадением (в случае липазы) вокруг колоний (<5 мм; L(low)) (5-10 мм; M (medium)) (>10 мм; H (high)) (отсутствует; O(zero))

Все пять изолятов были способны продуцировать амилазу и целлюлазу, четыре из них продуцировали протеазу, три продуцировали липазу. Кроме того, три изолята (1AkW4, 1AkW5, 1AkW8) продуцировали комбинацию из четырёх внеклеточных гидролитических ферментов, изолят 1AkW2 продуцировал 3 (протеаза, целлюлаза, и амилаза) внеклеточных фермента и изолят 1AkW1 продуцировал 2 (протеаза, и амилаза)

внеклеточных фермента. Оптимальная температура для активности ферментов была в диапазоне температур между 65 и 70°С, минимальная – 45°С, максимальная – 75°С. Оптимальное значение pH для работы ферментов находилось в диапазоне от 6,5 до 8.

Результаты оценки энзиматической активности с помощью полосок (strips) API ZYM приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Ферментативная активность выделенных изолятов на полосках API ZYM

Изоляты	Название обнаруженного фермента*																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1AkW1	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	3	3	0	0	0
1AkW2	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	4	2	0	2	0
1AkW4	0	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	1	0	4	2	0	0	0
1AkW5	0	4	4	4	4	4	2	2	1	4	4	4	4	0	0	4	1	0	0	0
1AkW8	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	4	4	0	0	0

Примечание: *1, Отрицательный контроль; 2, щелочная фосфатаза; 3, эстераза (C4); 4, эстераза липаза (C8); 5, липаза (C14); 6, leucine arylamidase; 7, валинариламидаза; 8, цистинариламидаза; 9, трипсин; 10, α-химотрипсин; 11, кислая фосфатаза; 12, нафтол-AS-BI-фосфогидролаза; 13, α-галактозидаза; 14, β-галактозидаза; 15, β-глюкуронидаза; 16, α-глюкозидаза; 17, β-глюкозидаза; 18, N-ацетил-β-глюкозаминидаза; 19, α-маннозидаза; 20. α-фукозидаза.

Бактериальные изоляты культивировали в течение 15 ч при 65-75°С на питательном агаре. Тест-полоски инкубировали при 65 ° С в течение 8 часов, после считывали результаты. Степень продукции фермента оценивали качественно по шкале от 0 до 4,0 где 0 указывает на отсутствие продукции фермента, а 4 указывает на высокую продукцию фермента.

Все изоляты, протестированные с помощью API ZYM, оказались положительными по следующим ферментам: Щелочная фосфатаза, Эстераза (С 4), Эстераза липаза (С 8), Кислая фосфатаза, Нафтол-АС-БИ-фосфогидролаза, α -галактозидаза и α -глюкозидаза и отрицательны по β -галактозидаза, β -глюкуронидаза, N-ацетил- β -глюкозаминидаза и α -фукозидаза. Не один из выделенных изолятов не был способен образовывать β -галактозидазу, β -глюкуронидазу, N-ацетил- β -глюкозаминидазу. Полученные с помощью стрипов API ZYM результаты еще раз доказывают высокую ферментативную активность выделенных термофильных бактерий.

Филогенетический анализ изолятов начался с ПЦР-амплификации гена 16S рРНК с использованием программы, описанной в разделе «МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ». Продукты ПЦР проверялись с помощью электрофореза в 1,0% агарозном геле. Было проведено несколько реакций секвенирования с использованием ПЦР продуктов. Последовательности ДНК, полученные с помощью каждого праймера,

были объединены, и была получена последовательность, соответствующая почти полному гену 16S рРНК. Эта последовательность сравнивалась в BLAST (NCBI). После чего изолят 1AkW1 продемонстрировал родство со штаммом *Geobacillus stearothermophilus* DSM 458 (сходство 99,80%) и *Geobacillus lituanicus* N-3 (сходство 99,80%); 1AkW2 со штаммом *Geobacillus lituanicus* N-3 (сходство 99,53%); 1AkW4 со штаммом *Geobacillus stearothermophilus* B5 (сходство 99,80%); 1AkW5 со штаммом *Geobacillus kaustophilus* NBRC 102445 (сходство 99,92%) и *Geobacillus thermoleovorans* FJAT-2391. Изолят 1AkW8 продемонстрировал родство со штаммом *Geobacillus kaustophilus* NBRC 102445 (сходство 99,59%).

Филогенетическая принадлежность пяти изученных изолятов показали ближайших филогенетических соседей в банке данных генов со значением гомологии от 99,3% до 100%. Филогенетическое дерево для рода *Geobacillus*, построенное на основе последовательности гена 16S рРНК, показано на рисунке 2.

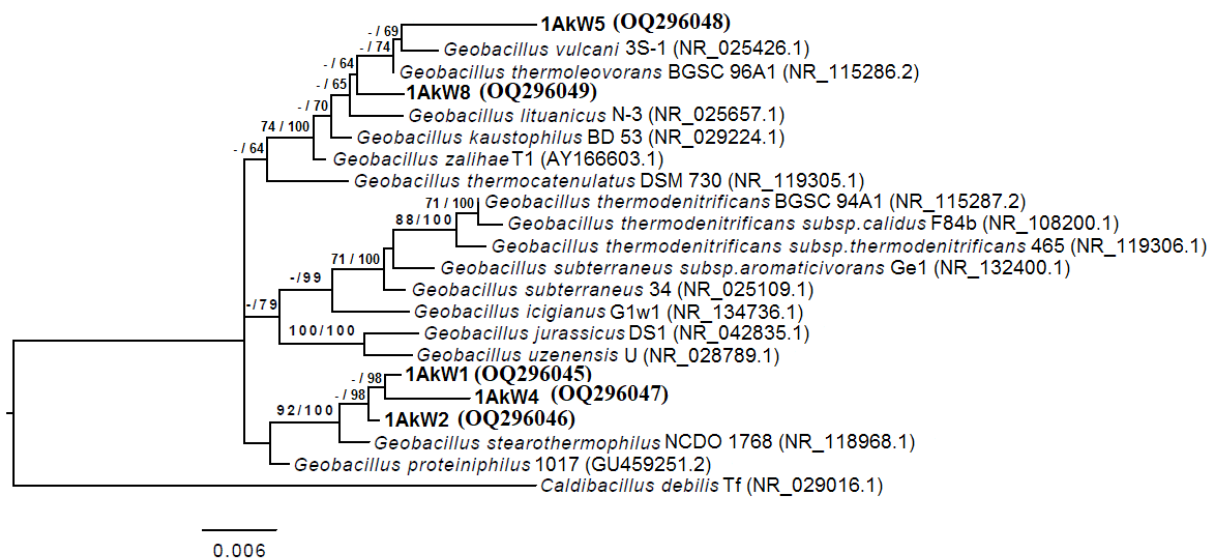


Рисунок 2 – Филогенетическое дерево с выделенными изолятами и представителями рода *Geobacillus*. Дерево максимального правдоподобия (ML), выведенное в рамках модели GTR + GAMMA и укорененное путём укоренения в средней точке. Ветви масштабируются с точки зрения ожидаемого количества замен на сайт. Цифры над ветвями являются значениями поддержки, если они превышают 60% от начальной загрузки ML (слева) и MP (справа)

Для построения дерева необходимо была входная матрица нуклеотидов, которая включала в себя 22 операционных таксономических единицы и 1574 символа, 173 из которых были переменными, а 58 из них были экономно-ин-

формативными. Проверка базовой частоты показала отсутствие смещения композиции ($p = 1,00$, $\alpha = 0,05$). Анализ максимального правдоподобия (ML) в рамках модели GTR + GAMMA дал наивысшую логарифмическую вероятность

-3656,78, тогда как расчётный параметр альфа составлял 0,02 единиц. Начальная загрузка ML не сходилась, поэтому было выполнено 1000 повторов; средняя поддержка составила 47,37%. Анализ максимальной экономии (MP) дал лучший результат 251 (индекс согласованности 0,74, индекс удерживания 0,71) и 2 лучших дерева. Средняя поддержка начальной загрузки MP составила 81,11%.

Таким образом, филогенетическое дерево показало, что изолят 1AW5 образует кластер с наиболее близким штаммом *G. vulcani* 3S-1 (NR_025426.1), тогда как изоляты 1AkW1, 1AkW2, 1AkW4, 1AkW8 образуют свои собственные ветви.

В настоящем исследовании для характеристики и идентификации пяти изолятов *Geobacillus spp.* особое внимание уделялось как фенотипическим, так и генотипическим признакам. Биохимические и физиологические признаки очень важны, поскольку они дают ключ к отбору более эффективных штаммов для дальнейших исследований, имеющих прикладное значение.

Основываясь на параметрах роста микроорганизмов и биохимических характеристиках, таких как устойчивость к высокой температуре, низкая потребность в питательных веществах, наличие спор и данные филогенетического анализа, было установлено, что все 5 изолятов оказались близкими представителями рода *Geobacillus*. Полученные данные согласуются с результатами ряда работ по изучению состава микрофлоры термальных источников [9, 34-38].

Одна из интересных особенностей, наблюдаемых с точки зрения физиологических особенностей, заключалась в том, что во время культивирования большинство выделенных изолятов могли расти при более высоких значениях температур (до 85°C) и в широком диапазоне pH (pH 5-10) по сравнению с ранее известными представителями рода *Geobacillus* [9, 34, 35, 38]. Поскольку известные виды *Geobacillus* демонстрируют низкие значения идентичности

на основе последовательности гена 16S рРНК [39], существует вероятность того, что некоторые штаммы (1AkW1, 1AkW2, 1AkW4, 1AkW5 и 1AkW8) из этого исследования представляют новые виды. Однако для определения этого потребуется ДНК-ДНК гибридизация и другие дополнительные анализы. Положительные результаты в отношении активности гидролитических ферментов указывают на потенциальное применение этих изолятов в промышленной биотехнологии.

Заключение

Таким образом, в результате проделанной работы было выделено 5 различных по своим характеристикам изолятов, продуцирующих термостабильные целлюлазы, протеазы, липазы и амилазы. Разнообразие условий роста изолятов позволяет надеяться, что их гидролитические ферменты будут обладать устойчивостью в широком диапазоне значений pH и термостабильностью. Это в свою очередь делает их потенциальными кандидатами для использования в пищевой [40], в производстве моющих средств [41] и целлюлозно-бумажной промышленности [42].

Настоящее исследование вносит новый и важный вклад в документирование микробного разнообразия экстремофилов в Казахстане. Более того, полученные данные позволяют утверждать, что термальный источник Жаркента содержит уникальное сообщество термофильных микроорганизмов.

Благодарность, конфликт интересов

Это исследование финансируется Комитетом науки Министерства высшего образования и науки Республики Казахстан (№ гранта AP14871683 «Биотехнология переработки кератиновых побочных продуктов с помощью иммобилизованных термофильных бактерий»). Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Raddadi Noura, Cherif Ameer, Daffonchio Daniele, et al. "Biotechnological applications of extremophiles, extremozymes and extremolytes." *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, Issue no. 19 (October 2015): 7907-13. DOI: 10.1007/s00253-015-6874-9
2. DeCastro M.E., Rodriguez-Belmonte E., Gonzalez-Siso M.I. "Metagenomics of Thermophiles with a Focus on Discovery of Novel Thermozyms." *Front Microbiol.*, Issue no. 7 (September 2016): 1521. DOI: 10.3389/fmicb.2016.01521
3. Suzuki Hirokazu. "Peculiarities and biotechnological potential of environmental adaptation by *Geobacillus* species." *Appl Microbiol Biotechnol*, Issue no. 102 (December 2018): 10425-37. DOI: 10.1007/s00253-018-9422-6

4. Goh K.M., Kahar U.M., Chai Y.Y., et al. "Recent discoveries and applications of *Anoxybacillus*." *Appl Microbiol Biotechnol.*, Issue no. 97 (February 2013): 1475-88. DOI: 10.1007/s00253-012-4663-2
5. Zhu W., Cha D., Cheng G., et al. "Purification and characterization of a thermostable protease from a newly isolated *Geobacillus* sp. YMTc 1049." *Enzyme Microb. Technol.*, Issue no. 6 (May 2007): 1592-7. DOI: 10.1016/j.enzmictec.2006.11.007
6. Iqbal I., Aftab M.N., Afzal M., et al. "Purification and characterization of cloned alkaline protease gene of *Geobacillus stearothermophilus*." *J Basic Microbiol.*, Issue no. 2 (September 2015): 160-71. DOI: 10.1002/jobm.201400190
7. Balan A., Ibrahim D., Abdul Rahim R., Ahmad Rashid F.A. "Purification and Characterization of a Thermostable Lipase from *Geobacillus thermodenitrificans* IBRL-nra." *Enzyme Res.*, (November 2012): 1-7. DOI: 10.1155/2012/987523
8. Zhu Y., Li H., Ni H., et al. "Molecular cloning and characterization of a thermostable lipase from deep-sea thermophile *Geobacillus* sp. EPT9." *World J Microbiol Biotechnol.*, Issue no. 2 (February 2015): 295-306. DOI: 10.1007/s11274-014-1775-0
9. Nazina T., Tourova T., Poltarau A., et al. "Taxonomic study of aerobic thermophilic bacilli: descriptions of *Geobacillus subterraneus* gen. nov., sp. nov. and *Geobacillus uzenensis* sp. nov. from petroleum reservoirs and transfer of *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus thermocatenulatus*, *Bacillus thermoleovorans*, *Bacillus kaustophilus*, *Bacillus thermodenitrificans* to *Geobacillus* as the new combinations *G. stearothermophilus*, *G. th*", *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, Issue no. 2 (March 2001): 433-46. DOI: 10.1099/00207713-51-2-433
10. Zeigler D.R. "The *Geobacillus* paradox: why is a thermophilic bacterial genus so prevalent on a mesophilic planet?" *Microbiology*, Issue no. 1 (January 2014): 1-11. DOI: 10.1099/mic.0.071696-0
11. Coolbear T., Daniel R., Morgan H. *The enzymes from extreme thermophiles: bacterial sources, thermostabilities and industrial relevance. Enzymes and Products from Bacteria Fungi and Plant Cells*. Verlag, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1992, 57-98.
12. Gupta G., Srivastava S., Khare S., Prakash V. "Extremophiles: an overview of microorganism from extreme environment." *Int. j. environ. agric. biotech.*, Issue no. 2 (June 2014): 371-80. DOI: 10.5958/2230-732X.2014.00258.7
13. Busk P.K., Lange L. "Cellulolytic potential of thermophilic species from four fungal orders." *AMB Express.*, Issue no. 1 (August 2013): 47. DOI: 10.1186/2191-0855-3-47
14. López-López O., Cerdán M.E., González-Siso M.I. "Hot spring metagenomics. *Life*." Issue no. 2 (February 2013): 308-20. DOI: 10.3390/life3020308
15. Mashzhan A., Javier-López R, Kistaubayeva A, Savitskaya I, Birkeland N-K. "Metagenomics and Culture-Based Diversity Analysis of the Bacterial Community in the Zharkent Geothermal Spring in Kazakhstan". *Current Microb.* Issue no. 8 (August 2021). DOI: 10.1007/s00284-021-02545-2
16. Wehr H.M., Frank JF. *Standard methods for the examination of dairy products. 17thedn*. Washington, DC, USA: American Public Health Association, 2004, 36-57
17. Kovacs N. "Identification of *Pseudomonas pyocyanea* by the oxidase reaction." *Nature*, Issue no. 4535 (September 1956): 703. DOI: 10.1038/178703a0
18. Shaikh N.M., Patel A., Mehta S., Patel N. "Isolation and Screening of Cellulolytic Bacteria Inhabiting Different Environment and Optimization of Cellulase Production." *Univers. J. Environ. Res. Technol.*, Issue no. 1 (2013): 39-49.
19. Shokatayeva D., Ignatova L., Savitskaya I., et al. "Bacterial Cellulose and Pullulan from Simple and Low Cost Production Media." *Eurasian Chem.-Technol. J.*, Issue no. 3 (February 2019): 247-58. DOI: 10.18321/ectj866
20. Cowan D.A. *Industrial enzymes. Biotechnology, the Science and the Business*. London, UK: CRC Press, 1991, 311-40.
21. Kasana R.C., Salwan R., Dhar H., et al. "A Rapid and Easy Method for the Detection of Microbial Cellulases on Agar Plates Using Gram's Iodine." *Curr. Microbiol.*, Issue no. 5 (September 2008): 503-7. DOI: 10.1007/s00284-008-9276-8
22. Woese CR., Gutell R., Gupta R., Noller H.F. "Detailed analysis of the higher-order structure of 16S-like ribosomal ribonucleic acids." *Microbiol Rev.*, Issue no. 4 (December 1983): 621-69
23. Kumar S., Stecher G., Li M., et al. "MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms." *Mol Biol Evol.*, Issue no. 6 (June 2018): 1547-9. DOI: 10.1093/molbev/msy096
24. Rice P., Longden I., Bleasby A. "EMBOSS: The European molecular biology open software suite." *Trends Genet.*, Issue no. 6 (Jun 2000): 276-7. doi: 10.1016/s0168-9525(00)02024-2
25. Benson D.A., Karsch-Mizrachi I., Lipman D.J., et al. "GenBank." *Nucleic Acids Res.*, 33(Database issue) (January 2005): D34-D38. DOI: 10.1093/nar/gki063
26. Tatusova T. "Update on Genomic Databases and Resources at the National Center for Biotechnology Information. In: Carugo O., Eisenhaber F. (eds) *Data Mining Techniques for the Life Sciences. Methods in Molecular Biology*. New York, USA: Humana Press, 2016, 3-30.
27. Meier-Kolthoff J.P., Auch A.F., Klenk H.P., Goker M. "Genome sequence-based species delimitation with confidence intervals and improved distance functions." *BMC Bioinf.*, Issue no. 60 (February 2013). DOI: 10.1186/1471-2105-14-60
28. Meier-Kolthoff J.P., Hahnke R.L., Petersen J., et al. "Complete genome sequence of DSM 30083(T), the type strain (U5/41(T)) of *Escherichia coli*, and a proposal for delineating subspecies in microbial taxonomy." *Stand. Genomic Sci.*, Issue no. 2 (December 2014). DOI: 10.1186/1944-3277-9-2
29. Edgar Robert, "MUSCLE: multiple sequence alignment with high accuracy and high throughput." *Nucleic Acids Res.*, Issue no. 5 (March 2004): 1792-7. DOI: 10.1093/nar/gkh340
30. Stamatakis Alexandros, "RAxML version 8: a tool for phylogenetic analysis and post-analysis of large phylogenies." *Bioinformatics*, Issue no. 9 (May 2014): 1312-3. DOI: 10.1093/bioinformatics/btu033
31. Goloboff P.A., Farris J.S., Nixon K.C., "TNT, a free program for phylogenetic analysis." *Cladistics.*, Issue no. 5 (Jul 2008): 774-86. DOI: 10.1111/j.1096-0031.2008.00217.x

32. Pattengale N.D., Alipour M., Bininda-Emonds O.R.P. et al., "How Many Bootstrap Replicates Are Necessary?" *J. Comput. Biol.*, Issue no. 3 (April 2010): 337-54. DOI: 10.1089/cmb.2009.0179
33. Swofford D., "PAUP*: *Phylogenetic analysis using parsimony (and other methods)*, version 4.0 b10. Sunderland, UK: Sinauer Associates, 2002, 49-56.
34. Kuisiene N., Raugalas J., Chitavichius D. *Geobacillus lituanicus* sp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol.*, Issue no 6 (November 2004): 1991-5. DOI: 10.1099/ijs.0.02976-0
35. Coorevits A., Dinsdale A.E., Halket G., et al. Taxonomic revision of the genus *Geobacillus*: emendation of *Geobacillus*, *G. stearothermophilus*, *G. jurassicus*, *G. toebii*, *G. thermodenitrificans* and *G. thermoglucosidans* (nom. corrig., formerly 'thermoglucosidasius'); transfer of *Bacillus thermantarcticus* to the genus as *G. thermantarcticus* comb. nov.; proposal of *Caldibacillus debilis* gen. nov., comb. nov.; transfer of *G. tepidamans* to *Anoxybacillus* as *A. tepidamans* comb. nov.; and proposal of *Anoxybacillus caldiproteolyticus* sp. nov. *Int J Syst Evol Microbiol.*, Issue no 7 (July 2012): 1470-85. DOI: 10.1099/ijs.0.030346-0
36. Adiguzel A., Ozkan H., Baris O., et al. Identification and characterization of thermophilic bacteria isolated from hot springs in Turkey. *J. Microbiol. Methods.*, Issue no 3 (December 2009): 321-8. DOI: 10.1016/j.mimet.2009.09.026
37. Verma A., Gupta M., Shirkot P. Isolation and characterization of thermophilic bacteria in natural hot water springs of Himachal Pradesh (India). *Bioscan.*, Issue no 3 (July 2014): 947-52.
38. Schleifer K-H. Phylum XIII. Firmicutes Gibbons and Murray 1978, 5 (Firmacutes [sic] Gibbons and Murray 1978, 5). *Bergey's Manual® of Systematic Bacteriology*. New York, USA: Springer, 2009, 19-1317.
39. Zeigler D.R. Application of a recN sequence similarity analysis to the identification of species within the bacterial genus *Geobacillus*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, Issue no 55 (May 2005): 1171-9. DOI: 10.1099/ijs.0.63452-0
40. Novik G., Savich V., Meerovskaya O. *Geobacillus Bacteria: potential commercial applications in industry, bioremediation, and bioenergy production*, in: Mishra, M. (Eds.), *Growing and Handling of Bacterial Cultures*. London, UK: IntechOpen, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.76053
41. Naganthran A., Masomian M., Rahman R.N., Ali M., Nooh H. "Improving the Efficiency of New Automatic Dishwashing Detergent Formulation by Addition of Thermostable Lipase, Protease and Amylase." *Molecules.*, Issue no. 9 (September 2017): DOI:10.3390/molecules22091577
42. Yang S., Potprommanee L., Wang X-Q. et al. "Characterization of a thermophilic cellulase from *Geobacillus* sp. HTA426, an efficient cellulase-producer on alkali pretreated of lignocellulosic biomass." *Plos One.*, Issue no. 4 (April 2017). doi: 10.1371/journal.pone.0175004

MPNТИ 674.031.186; 631.53.026; 57.086.13

<https://doi.org/10.26577/eb.2023.v95.i2.07>

Т.Т. Турдиев^{1*}, Б.Ж. Кабылбекова², И.Ю. Ковальчук^{1,2},
З.Р. Мухитдинова¹, С.Н. Фролов¹, И.Р. Рахимбаев¹, Н.П. Огарь³

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

²Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства, Казахстан г. Алматы

³Caspian University, Международный Фонд сохранения яблони Сиверса, Казахстан, г. Алматы

*e-mail: turdievtt@mail.ru

СОХРАНЕНИЕ ГЕРМОПЛАЗМЫ ДИКОРАСТУЩИХ ФОРМ ГРУШИ МЕТОДОМ КРИОКОНСЕРВАЦИИ

Одним из перспективных путей решения проблемы сокращения площадей, снижения продуктивности насаждений и рентабельности выращивания груши, является широкое вовлечение в селекционный процесс новых доноров ценных хозяйственно-биологических признаков и адаптационных свойств, которыми обладает дикорастущий эндемичный вид груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder), произрастающий в Туркестанской области и находящийся под угрозой исчезновения и подвид груши обыкновенной (лесной) (*Pyrus pyraster* L.), растущей на юге и юго-востоке. Целью исследований являлось выявить ареалы распространения диких популяции груши и сохранить их в генбанке. Для надёжного сохранения видов – уточнены, выявлены, нанесены на карты современные ареалы произрастания популяций груши, применён эффективный метод сохранения семян – криоконсервация в жидком азоте при сверхнизкой температуре. В результате мониторинга выявлено 6 популяций, зафиксированы координаты произрастания деревьев на 16-ти участках груши Регеля и 2 популяции груши обыкновенной. Для создания криобанка – в местах естественного произрастания проведен сбор плодов в период биологического созревания. Разработан эффективный протокол криосохранения семян в жидком азоте, показано стимулирующее влияние сверхнизкой температуры на всхожесть семян. Определена продолжительность стратификации семян для получения всходов.

Ключевые слова: груша, семена, популяции, криоконсервация, жидкий азот, генетические ресурсы.

T.T. Turdiev^{1*}, B.Zh. Kabyzbekova², I.Yu. Kovalchuk^{1,2},
Z.R. Mukhitdinova¹, S.N. Frolov¹, I.R. Rakhimbaev¹, N.P. Ogar³

¹Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, Almaty

²Kazakh Research Institute of Horticulture, Kazakhstan, Almaty

³Caspian University, Sievers International Foundation for the Preservation of the Apple Tree, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: turdievtt@mail.ru

Preservation of the germoplasm of wild pear forms by the cryopreservation

One of the promising ways to solve the problem of reducing areas, reducing the productivity of plantations and the profitability of pear cultivation is the widespread involvement in the breeding process of new donors of valuable economic and biological traits and adaptive properties that the wild endemic species of Regel's pear (*Pyrus regelii* Rehder), which grows in Turkestan region and endangered and subspecies of the common (forest) pear (*Pyrus pyraster* L.), growing in the south and southeast of Kazakhstan. The aim of the research was to identify the distribution areas of wild pear populations and save them in the Genebank. For the reliable conservation of species, modern areas of growth of pear populations have been clarified, identified, mapped, and an effective method of preserving seeds has been applied – cryopreservation in liquid nitrogen at ultra-low temperature. As a result of monitoring, 6 populations were identified, the coordinates of tree growth were recorded in 16 areas of the Regel pear and 2 populations of the common pear. To create a Cryobank – in places of natural growth, fruits were collected during the period of biological maturation. An effective protocol for cryopreservation of seeds in liquid nitrogen has been developed, and the stimulating effect of ultralow temperature on seed germination has been shown. The duration of seed stratification for seedlings was determined.

Key words: pear, seeds, populations, cryopreservation, liquid nitrogen, genetic resources.

Т.Т. Турдиев^{1*}, Б.Ж. Кабылбекова², И.Ю. Ковальчук^{1,2},
З.Р. Мухитдинова¹, С.Н. Фролов¹, И.Р. Рахимбаев¹, Н.П. Огарь³

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

²Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми зерттеу институты, Қазақстан, Алматы қ.

³Caspian University, Сиверс алма ағаштарын сақтау халықаралық қоры, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: turdievtt@mail.ru

Криоконсервация әдісімен жабайы алмұрт формаларының гермоплазмасын сақтау

Алмұрттардың алқаптарының қысқаруы, егістіктердің өнімділігінің және алмұрт өсірудің рентабельділігінің төмендеуі мәселелерін шешудің перспективті жолдарының бірі селекциялық процеске құнды шаруашылық-биологиялық белгілер мен бейімделу қасиеттеріне ие жаңа донорлар ретінде Түркістан облысында өсетін, құрып кету қаупі төнген жабайы өсетін Регель алмұртының (*Pyrus regelii* Rehder) эндемик түрі және республиканың оңтүстігі және оңтүстік-шығысында өсетін кәдімгі алмұрт түр тармағы (орман) (*Pyrus pyraster* L.) кеңінен енгізу болып табылады. Зерттеу жұмыстарының мақсаты – жабайы алмұрт түрлерінің таралу ареалын анықтау және оларды генбанкте сақтау. Түрлерді сенімді сақтау үшін – алмұрт популяциясы өсуінің қазіргі заманғы ареалдары нақтыланды, анықталды, карталарға түсірілді, тұқымдарды сақтаудың тиімді әдісі белгіленді – ультра төмен температурада сұйық азотта криоконсервациялау. Мониторинг нәтижесінде 6 популяция анықталды, Регель алмұртының 16 учаскесінде және қарапайым алмұрттың 2 популяциясында ағаштардың өсу координаттары тіркелді. Криобанк құру үшін табиғи өсу орындарында биологиялық пісіп жетілу кезеңінде жемістер жиналды. Сұйық азотта тұқымдарды криосақтаудың тиімді хаттамасы әзірленді, аса төмен температураның тұқымның өнуіне ынталандырушы әсері көрсетілді. Көшеттер алу үшін тұқымдарды стратификациялау ұзақтығы анықталды.

Түйін сөздер: алмұрт, тұқымдар, популяциялар, криоконсервация, сұйық азот, генетикалық ресурстар.

Введение

Груша – одна из самых популярных плодовых культур. По распространению на территории Казахстана она занимает второе место после яблони [1, 2].

В южных и юго-восточных регионах Казахстана имеются исключительно благоприятные условия для выращивания груши. Тем не менее, в последние годы площади, занимаемые грушей, постепенно сокращаются. Одной из основных причин сокращения площадей является массовая гибель саженцев груши из-за поражения болезнями, наиболее опасной из которых является «бактериальный ожог» вызываемый *Erwinia amylovora* (Burrill 1882). Меры по подавлению болезни малоэффективны, поэтому сильно заражённые сады погибают, а производство саженцев сведено к минимуму. Изменение климата и недостаток поливной воды также сказывается на долговечности посадок. Для преодоления вышеуказанных сложностей, ограничивающих повышение продуктивности насаждений груши и рентабельности её выращивания в Казахстане, необходимо создать новые устойчивые сорта этой культуры. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является широ-

кое вовлечение в селекционный процесс новых доноров ценных хозяйственно-биологических признаков. Перспективными донорами являются произрастающие в Казахстане дикорастущие виды груши, несущие гены высокой адаптивности к экстремальным факторам и болезням.

На территории Казахстана произрастает два вида груши – груша обыкновенная (*Pyrus pyraster* L.) и груша Регеля *Pyrus regelii* Rehder. Дикие сородичи культурных растений содержат большее разнообразие ценных генов, чем сорта или даже гибриды дикорастущих лесов. Однако существует опасность утраты гермоплазмы уникальных дикорастущих форм. Экспедиции, проведенные Казахским Научно-Исследовательским институтом плодоводства и виноградарства установили, что в Заилийском и Джунгарском Алатау имеются дикие плодовые леса площадью около 11 тыс. га, с численностью деревьев более миллиона, которые находятся в очень неблагоприятных условиях, практически не охраняются, часто вырубаются на дрова, а молодые деревья поедает скот.

В Туркестанской и Жамбылской области выделяются лесосеменные участки груши Регеля [3], который является редким видом в Казахстане и встречается единично. Эндемик Тянь-Шаня

и Памиро-Алтая, реликт среднеазиатских субтропических саванн эпохи палеогена. Особенно важно, что юго-восточные районы Казахстана являются самой северной границей произрастания этого вида, в геноме которого могут быть заложены уникальные адаптационные свойства. Она очень засухоустойчива, устойчива к болезням, зимостойка, нетребовательна к почве. Достигает в высоту 1,5-2,0 м, поэтому может являться хорошим подвоем, передавая свойства низкорослости и позднего цветения (июнь). Это важно для избегания влияния поздневесенних заморозков. Также подходят для озеленения благодаря красивым совершенно разным листьям на одном дереве (перистые, лопастные и цельные длинные). Занесена в Красную книгу Южно-Казахстанской области, статус 1(Е), редкий вид – находящиеся под угрозой исчезновения. Дальнейшее существование вида невозможно без осуществления специальных мер охраны [4]. Груша лесная *Pyrus pyrastrer* L.–подвид груши обыкновенной (*Pyrus communis* L.). Деревья долговечны (около 100 лет), высотой до 20 м. Цветёт с апреля по май, является перспективным подвоем, совместимым с большинством сортов. Встречаются отдельные деревья и небольшие рощи в предгорной зоне Заилийского и Джунгарского Алатау.

Существуют две базовые стратегии для сохранения генетического разнообразия: *in situ* – в естественных местообитаниях, и *ex situ* – в коллекциях [5]. Стратегия сохранения *in situ* – поддержание компонентов биологического разнообразия на особо охраняемых природных территориях (заповедниках и т.п.), а также в условиях фермерских хозяйств и на приусадебных участках [6]. Особое значение имеет сохранение *in situ* дикорастущих сородичей культурных растений, в качестве генетического резервуара для дальнейшей селекции [7]. Сохранение *ex-situ* – сохранение компонентов биологического разнообразия вне их естественных мест обитания. Наиболее эффективны технологии, сочетающие элементы сохранения *in situ* и *ex situ* [8].

Развивается новая междисциплинарная наука – биотехнология сохранения растений, основной задачей которой является дополнение существующих методов сохранения биоразнообразия с современными биотехнологическими инструментами, обеспечивающими возможность устойчивого управления генетическими ресурсами.

Эффективность сохранения генофонда растений *ex situ* может быть повышена путём создания генетических банков растений. Различают следующие виды генетических банков: генные банки семян [9], полевые генные банки [10], хранение растительного материала *in vitro* [11]. Долговременное хранение растительного материала в виде семян является одним из самых распространенных и эффективных методов сохранения генофонда растений благодаря возможности размещения большого количества образцов в ограниченном объеме и сравнительно низкой трудоемкости [12]. С 2008 г. на архипелаге Шпицберген действует рассчитанное на 4.5 млн образцов международное хранилище семян культурных видов растений в многолетнемерзлых горных породах. Хранилище оборудовано рефрижераторами, обеспечивающими температуру хранения -18°C . В 2018 г. количество хранящихся в нем образцов превысило 1 млн. [13]. Образцы, полученные со всего мира, включают семена таких растений, как пшеница, рис, ячмень, сорго, кукуруза, бобовые и кормовые культуры, а также овощи. Образцы представляют собой дубликаты (резервные копии) семян, хранящиеся в национальных, региональных и международных генных банках. Депонирование может быть осуществлено только по соглашению с депонентом, и образцы семян в хранилище остаются собственностью депонирующего генного банка [14]. Предполагается, что температура -18°C позволит сохранить качество семян до 30-40 лет. Однако ряд исследователей считает, что для длительного хранения семян требуются более низкие температуры [15]. Наиболее эффективным способом сохранения жизнеспособности семенного материала растений является криоконсервация – хранение при сверхнизких температурах в жидком азоте или его парах. Этот способ приводит к полной остановке жизнедеятельности, что позволяет сохранять семена очень длительное время без снижения всхожести [16].

Для сохранения генофонда дикорастущих форм растений в основном используют гермоплазму в виде семян [17]. Понижение температуры в помещениях и использование герметично закрывающихся контейнеров способствуют продлить жизнеспособность семян до 10-ти и более лет, а температура жидкого азота (-196°C) дает возможность хранить семена, сохраняя способность к прорастанию практически неограниченное время.

Установлено, что сверхнизкие температуры не оказывают отрицательного влияния на всхожесть семян *in vitro*. Также отмечается стимуляция прорастания семян после криоконсервации [18].

Изучено влияние различных способов замораживания при криохранении и оттаивания на жизнеспособность семян дикорастущих деревьев и кустарников семейств *Rosaceae* и *Grossulariaceae* из коллекции ВИР [19].

Способы замораживания в жидком азоте и оттаивания как свежесобранных, так и криоконсервированных семян яблони не повлияли на их жизнеспособность [20].

Криоконсервированные семена абрикоса после быстрого замораживания в жидком азоте показали жизнеспособность от 82,5 до 100% и эмбриональные оси от 98,5 до 100% [21, 22].

Для надёжного сохранения дикорастущих видов груши *P. Regelii* и *P. pyraster* – уточнены, выявлены, нанесены на карты современные ареалы произрастания популяций, применён эффективный метод сохранения семян – криоконсервация в жидком азоте при сверхнизкой температуре.

Материалы и методы

Объектами исследования являлись дикорастущие формы груши – *Pyrus regelii* Rehder и *Pyrus pyraster* L.

С целью уточнения современных ареалов произрастания и создания карты-схемы дикорастущих популяций груши Регеля (*P. regelii*) проведен мониторинг в Южно-Казахстанской области (РГУ «Каратауский государственный природный заповедник» и «Сайрам-Угамский Государственный Национальный природный парк»), груши лесной (*P. pyraster*) – на юге «Сайрам-Угамский Государственный Национальный природный парк» и юго-востоке Казахстана – Заилийский Алатау (ущ. Иссык).

Для получения семян плоды груши собирали в местах естественного произрастания в период созревания. Для проведения экспериментов по криоконсервации было использовано 200 г. семян груши. Влажность семян определяли высушиванием в 3-х кратной повторности при температуре 103°C с помощью влагомера (KERN-MLB 50-3). Замораживали в жидком азоте в 5 мл полипропиленовых криопробирках с влажностью 10-11%, 7-8% и 5-6%. Размораживание семян проводили при +4°C в течение 12 часов. Для успешного прорастания, дополнительно

выдерживали при +4°C в течение 4, 8 или 12 недель в полипропиленовых пластиковых контейнерах с влажным перлитом [23]. Всхожесть после криоконсервации в жидком азоте определяли проращиванием, для этого контейнеры с семенами переносили в светокультуральную комнату (температура 24°C, фотопериод 16/8). Всхожесть семян рассчитывали как отношение числа проросших семян к числу первоначально заложенных, в процентном выражении.

Результаты и обсуждение

Определение ареалов произрастания и места сбора семян груши – *Pyrus regelii* Rehder и *Pyrus pyraster* L.

Полевые исследования по уточнению современных ареалов произрастания популяций груши Регеля показали, что небольшие массивы груши приурочены к долинам горных рек, где она произрастает на надпойменных террасах. Единичные деревья или их группы встречаются также в нижней части южных склонов гор. Распространение груши Регеля отмечено на юго-западном макросклоне гор Каратау. В Западном Тянь-Шане они встречаются в горах Каракус, Алатау и на участке в каньоне р. Аксу по южным склонам, на высотах от 700 до 1400 м н.у.м. В ущелье Жусалы (правый приток р. Аксу) груша Регеля обнаружена на южной террасе склона на высоте порядка 2600 м н.у.м., что объясняется специфическим микроклиматом этого ущелья. Ареалы выявлены методом классификации космического снимка Landsat 8, разрешение 15 метров. Более точный ареал произрастания груши Регеля может быть получен при классификации космического снимка с использованием спектральной подписи данного растения.

В процессе камеральной обработки данных полевых исследований, с использованием специализированной программы ArcGIS 10.2. выявлены и нанесены на электронные топографические карты М 1:700 000 ареалы произрастания груши Регеля в Казахстане в целом: хребтов Боролдаятау, Кыргызский, западный Каратау, восточный Каратау и горы Каракус, Алатау, Кульжабасы. Прибором GPS фиксировались координаты произрастания груши Регеля на 16-ти участках и выявлено 6 популяций, а груши лесной на 4-х участках и выявлено 2 популяции. В таблице и на рисунке 1 представлен перечень точек с координатами, в которых достоверно была обнаружена груша Регеля. На западных и восточных

хребтах Каратау зафиксированы две популяции груши Регеля, а также зафиксирована одна популяция груши по южным и северным склонам хр. Боролдайтау. Она встречается по относительно крутым склонам ущелий на высотах от 500 до 1500 м н.у.м. На Киргизском хребте груша Рее-

ля отмечена только в западной части, одиночными деревьями. Здесь она находится практически у восточной границы своего ареала. В таблице также представлен перечень точек с координатами, в которых достоверно была обнаружена груша лесная.

Таблица 1 – Ареалы произрастания и места сбора семян груши – *Pyrus regelii* Rehder и *Pyrus pyraaster* L.

Популяция	Номер точки сбора	Координаты по GPS	Высота н.у.м. м.	Участок
Вид груши: <i>Pyrus regelii</i> Rehder				
1	1	N 44° 01' 08.1» E 68° 03' 51.6»	1412	Западный хр. Каратау
	2	N 44° 00' 58.7» E 68° 05' 44.3»	895	Западный хр. Каратау
	3	N 43° 47' 805» E 68° 06' 510»	500	Западный хр. Каратау
	4	N 43° 45' 22.8» E 68° 31' 56.6»	1246	Западный хр. Каратау
	5	N 43° 45' 02.3» E 68° 32' 07.2»	1062	Западный хр. Каратау
2	6	N 42° 52' 55.68» E 69° 53' 16.26»	716	Хр. Боролдайтау
	7	N 42° 43' 51.1» E 70° 17' 30.9»	950	Хр. Боролдайтау
	8	N 42° 40' 37.4» E 70° 16' 30»	1142	Хр. Боролдайтау
3	9	N 42° 29' 42.4» E 70° 05' 40.6»	954	горы Каракус
	10	N 42° 25' 33.8» E 70° 20' 22.2»	1380	горы Каракус
	11	N 42° 20' 33.744» E 70° 33' 04.180»	2600	горы Каракус
4	12	42° 25' 11.215» 70° 13' 15.115»	1000	горы Алатау
5	13	N 42° 52' 35.1» E 70° 40' 57.3»	1500	Восточный хребет Каратау
	14	N 42° 53' 13.32» E 70° 42' 44.58»	790	Восточный хребет Каратау
	15	N 42° 52' 30.0» E 70° 43' 51.2»	759	Восточный хребет Каратау
6	16	N 42° 51' 25.914» E 72° 05' 20.940»	1040	Кыргызский хребет
Вид груши: <i>Pyrus pyraaster</i> L				
1	17	N 42° 10' 817» E 070° 20' 071»	1564	Хребет Тогем
	18	N 42° 10' 817» E 070° 20' 071»	1564	Хребет Тогем
2	19	N 43° 16' 083» E 077° 30' 863»	1637	Заилийский Алатау (ущ. Иссык)
	20	N 43° 16' 290» E 077° 30' 613»	1506	Заилийский Алатау (ущ. Иссык)

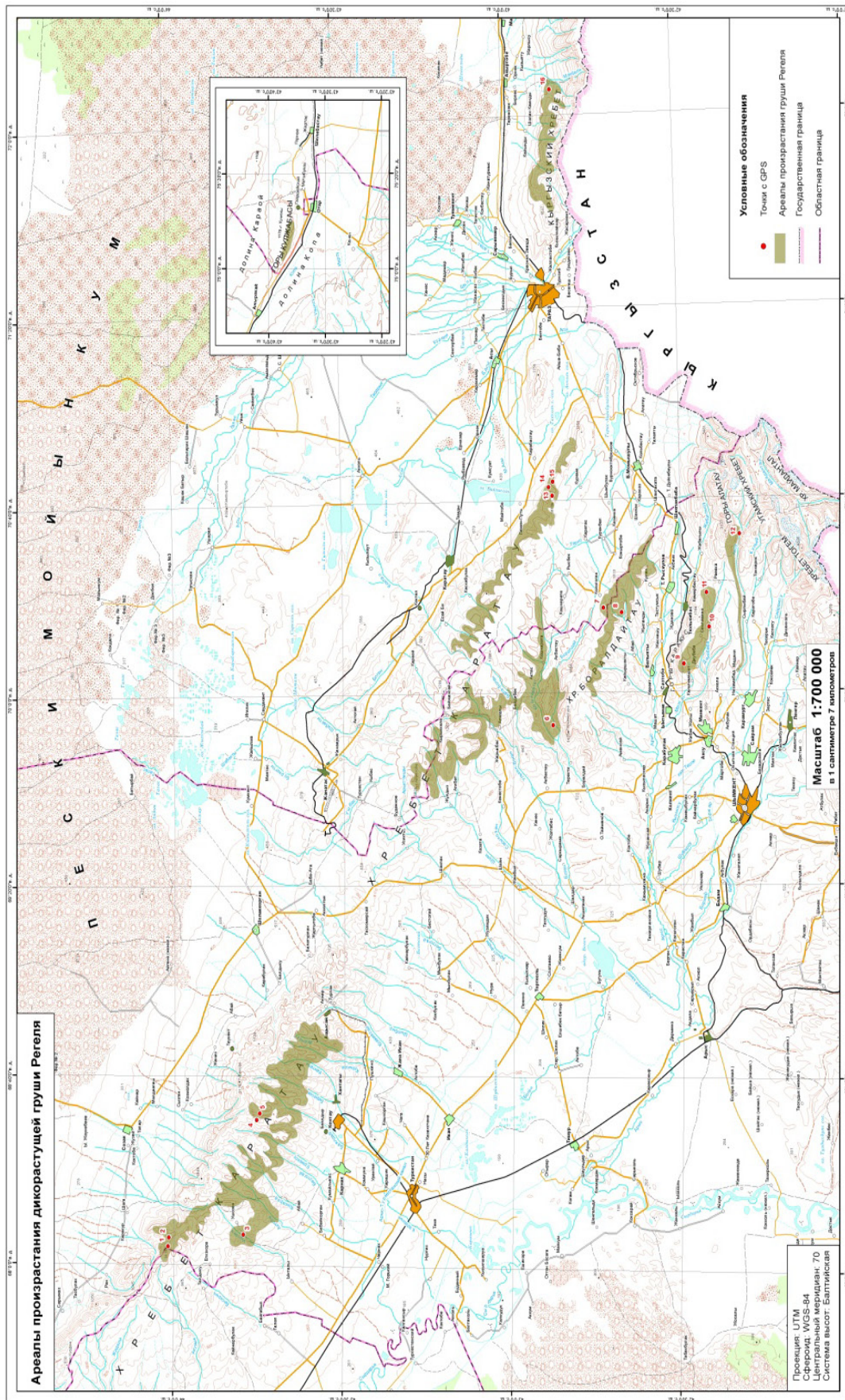


Рисунок 1 – Ареалы произрастания дикорастущей группы Регеля в Казахстане

Оптимизация протоколов криосохранения семян

Для оптимизации протоколов криосохранения семян груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder) и груши лесной (*Pyrus pyraster* L.) произведён сбор плодов в местах естественного произрастания в период созревания. Собрано 4,8 кг плодов груши *Pyrus regelii* Rehder и 8,0 кг плодов *Pyrus pyraster*

L. Собранные плоды в течение 15-20 дней дозревали в лабораторных условиях в светокультуральной комнате при +24°C. Затем семена изолировали из плодов. Размеры семян груши Регеля: длина 12,5±0,5 мм., ширина 7,8±0,2 мм., масса 1 000 шт. семян 152,28 г. Размеры семян груши лесной: длина 7,2±0,3 мм., ширина 3,7±0,2 мм., масса 1 000 шт. семян 28,29 г. (рисунок 2).



а

б

а – семена груши лесной (*Pyrus pyraster* L.), б – семена груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder)

Рисунок 2 – Семена дикорастущих видов груши

Жизнеспособности семян груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder) и груши лесной (*Pyrus pyraster* L.) при криозамораживании зависела от исходной влажности замораживаемых объектов. Оптимальная всхожесть у обоих видов отмечена при влажности 7-8%, в то время как при большей влажности 40,4-37,8% всходы у семян отсутствовала, а при низкой влажности 4-5% составила 38,6-43,2% (рисунок 3).

Жизнеспособность семян также зависела от дозаривания семян после замораживания. Для получения всходов семян груши Регеля прохождение дозаривания при низкой температуре (+4°C) обязательно, оптимальным сроком является 4 недели. Всхожесть семян было дружной. Оптимальная всхожесть составила у

контрольных семян 78,0%, а после криосохранения 90,2%. Результаты экспериментов также показали, что сверхнизкая температура жидкого азота (-196°C) способствует повышению всхожести семян груши до 10-12%. Семена груши лесной (*Pyrus pyraster* L.) после дозаривания в течение 4-х и 8-ми недель не прорастали. Первые всходы семян в контрольном и опытном вариантах появились после 12 недель дозаривания, при температуре +4°C. Оптимальная всхожесть семян в контрольном варианте составила в среднем 40,0%, а после замораживания в жидком азоте – в среднем 66,7%. Следовательно, сверхнизкая температура оказала положительное влияние на жизнеспособность семян (рисунок 4).

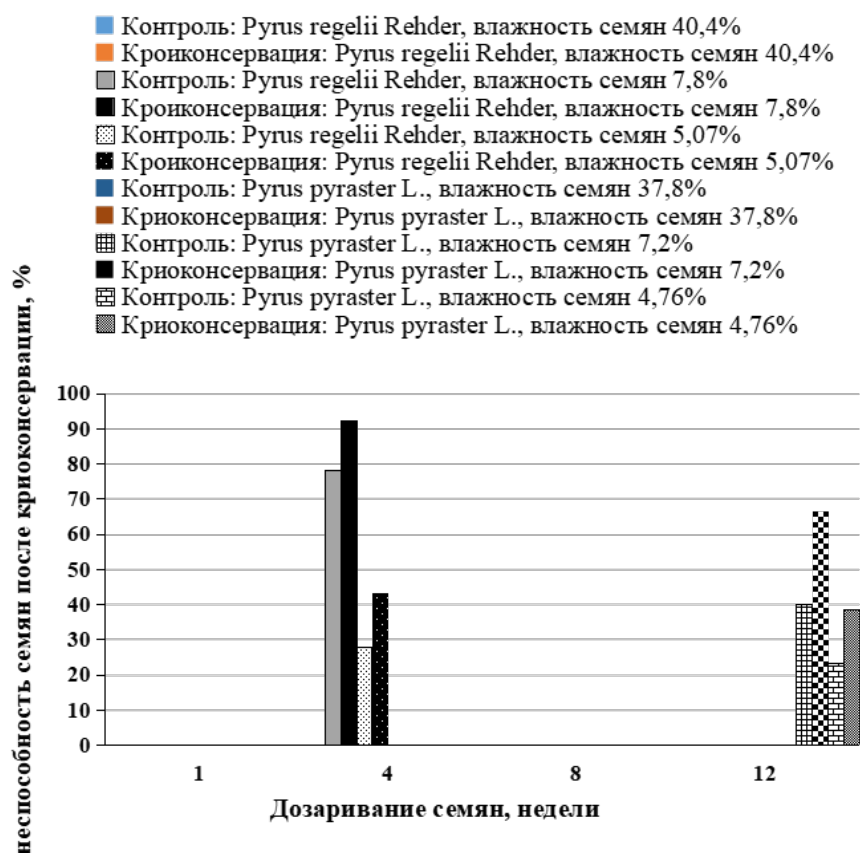


Рисунок 3 – Влияние влажности и длительности дозаривания семян груши Регеля (*Pyrus regelii* Rehder) и груши лесной (*Pyrus pyraaster* L.) на жизнеспособность при криоконсервации в жидком азоте



а – Груша лесная (*Pyrus pyraaster* L.), б – Груша Регеля (*Pyrus regelii* Rehder)

Рисунок 4 – Прорастание семян дикорастущих видов груши после криоконсервации в жидком азоте

Полученные результаты соответствуют литературным данным. Успех криосохранения определяется их влажностью, скоростью охлаждения и отогревания [24]. Отмечено стимулирующее влияние криоконсервации на семена яблони, где лучшие результаты получены, когда семена после криосохранения прошли 8 недель стратификации [23] и установлено, увеличение всхожести семян 4-х видов гвоздик после замораживания [25]. Повышение всхожести семян после криоконсервации некоторые исследователи объясняют тем, что при замораживании и последующем оттаивании разрушается семенная оболочка, которая при обычных условиях задерживает прорастание [26]. Однако наиболее вероятным механизмом считают активацию ферментного комплекса после криосохранения [18]. Следовательно, сверхнизкая температура оказывает положительное влияние на жизнеспособность семян.

Заключение

Таким образом, сопоставив полученные данные с более ранним картированием мест произрастания груши Регеля, можно говорить о значительном уменьшении популяций. В настоящее время груша представлена лишь отдельными деревьями, небольшие рощи этого вида, описанные в экспедиционных наблюдениях 50-60х годов прошлого столетия – отсутству-

ют. Для получения всходов семян груши Регеля обязательна дозаривание при температуре +4°C в течение 4 недель. Всхожесть составила 78,0%, а энергия прорастания 80,0%. Сверхнизкая температура повышает всхожесть семян груши до 10-12%, а энергию прорастания на 28-30%.

Благодарность, конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Авторы статьи выражают благодарность Гульжахан Сакауовой и сотрудникам РГУ «Каратауский государственный природный заповедник» и «Сайрам-Угамский Государственный Национальный природный парк» за сотрудничество в изучении и сборе биоматериала объекта исследования (*Pyrus regelii* Rehder).

Источник финансирования

Работа выполнена при поддержке Национальной программы грантов Казахстана на 2015-2017 годы. Финансирование предоставлено Министерством образования и науки Республики Казахстан в рамках бюджетной программы 055 «Научная и/или техническая деятельность» и подпрограммы 101 «Грантовое финансирование научных исследований», договор № 17 от 12.02.2015 года.

Литература

1. Верхотуров, Данила Геннадьевич, and Галина Николаевна Байкова. «Минеральный и витаминный состав плодов груши в разных зонах Красноярского края.» Вестник Алтайского государственного аграрного университета 3 (2009): 22-27.
2. Бандурко И.А. Груша. Генофонд и его использование в селекции. – Майкоп. – 2007.
3. Алимгазинова, Б. Ш., and М. А. Есимбекова. «Генетические ресурсы растений Казахстана: состояние и перспективы.» Вавиловский журнал генетики и селекции 16.3 (2014): 648-654.
4. Государственный кадастр растений Южно-казахстанской области. Красная книга: Дикорастущие редкие и исчезающие виды растений. Книга вторая. Алматы, 2002.
5. Thomas, Georgia, et al. «Ex situ species conservation: Predicting plant survival in botanic gardens based on climatic provenance.» Biological Conservation 265 (2022): 109410.
6. Maxted, Nigel, et al. «Toward the systematic conservation of global crop wild relative diversity.» Crop Science 52.2 (2012): 774-785.
7. Vincent, Holly, David Hole, and Nigel Maxted. «Congruence between global crop wild relative hotspots and biodiversity hotspots.» Biological Conservation 265 (2022): 109432.
8. Volis, Sergei, and Michael Blecher. «Quasi in situ: a bridge between ex situ and in situ conservation of plants.» Biodiversity and conservation 19.9 (2010): 2441-2454.
9. Peres, Sara. «Saving the gene pool for the future: Seed banks as archives.» Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences 55 (2016): 96-104.
10. De, Mitu. «Field Gene Banks: The Living Repositories of Plant Genetic Resources.» Harvest 2 (2017): 21.
11. Молканова, Ольга Ивановна, et al. «Генетические банки растений: проблемы формирования, сохранения и использования.» Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле» 3 (2010): 33-39.

12. Timple, Stephen E., and Fiona R. Hay. "High-temperature drying of seeds of wild *Oryza* species intended for long-term storage." *Seed Science and Technology* 46.1 (2018): 107-112.
13. Yndgaard, Flemming. "8 The Story Behind the First Safety Backup of Seeds in Permafrost at Svalbard." *40 Years of Nordic Collaboration in Plant Genetic Resources* (2019): 82.
14. Brodal, G., and Å. Asdal. "The Svalbard Global Seed Vault and the ongoing 100 years seed storage experiment." VII International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops-SEST2016 1204. 2016.
15. Орехова, Т. П. "Создание долговременного банка семян древесных видов–реальный способ сохранения их генофонда." *Хвойные бореальной зоны* 27.1-2 (2010): 25-31.
16. Ku, Ja Jung, and Sim Hee Han. "Extended low temperature and cryostorage longevity of *Salix* seeds with desiccation control." *Open life sciences* 14.1 (2019): 1-11.
17. Сафина, Г. Ф. «Влияние низких и сверхнизких температур на жизнеспособность семян плодовых и ягодных растений.» *Информационный вестник ВОГиС* 12.4 (2008): 541-547.
18. Стрибуль, Т. Ф. Действие низких температур на интенсивность начального роста и продуктивные свойства семян кукурузы и овощных культур. Diss. ТФ Стрибуль, 1993.
19. Вержук, В. Г., et al. «Криоконсервация–эффективный метод сохранения генетических ресурсов плодовых и ягодных культур.» *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции* 169 (2012): 270-279.
20. Сафина, Г. Ф., and М. Н. Петрова. «Жизнеспособность и динамика всхожести семян яблони при криоконсервации.» *Сельскохозяйственная биология* 43.5 (2008): 78-81.
21. Malik, S. K., and R. Chaudhury. "Cryopreservation of seeds and embryonic axes of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.)." *Seed Science and Technology* 38.1 (2010): 231-235.
22. Kovalchuk, Irina, et al. "Cryopreservation of Native Kazakhstan Apricot (*Prunus Armeniaca* L) Seeds and Embryonic Axes." *CryoLetters* 35.2 (2014): 83-89.
23. Ковальчук И.Ю., Кушнарченко С.В., Турдиев Т.Т., Мухитдинова З.Р., Фролов С.Н., Ромаданова Н.В., Рид Б.М. Создание криобанка гермоплазмы плодово-ягодных культур. Методические рекомендации. Алматы: 2011.
24. Воронкова, Н. М., А. Б. Холина, and В. В. Якубов. «Влияние глубокого замораживания на прорастание семян некоторых видов флоры дальнего востока России.» *Растительные ресурсы* 39.4 (2003): 76-86.
25. Chetverikova, E. P., E. V. Shabaeva, and S. G. Yashina. «The effect of seed freezing on morphological characteristics of four pink species.» *Biophysics* 51.1 (2006): 109-114.
26. Shibata, Toshiro, Eiji Sakai, and Koichiro Shimomura. "Effect of rapid freezing and thawing on hard-seed breaking in *As-tragalus mongholicus* Bunge (Leguminosae)." *Journal of plant physiology* 147.1 (1995): 127-131.

References

1. Verhoturov, Danila Gennad'evich, and Galina Nikolaevna Bajkova. «Mineral'nyj i vitaminnyj sostav plodov grushi v raznyh zonah Krasnojarskogo kraja. [Mineral and vitamin composition of pear fruits in different zones of the Krasnoyarsk Territory]» *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* 3 (2009): 22-27. (In Russian)
2. Bandurko I.A. Grusha. Genofond i ego ispol'zovanie v selekcii [Pear. The gene pool and its use in breeding]. – Majkop. – 2007. (In Russian)
3. Alimgazina, B. Sh., and M. A. Esimbekova. "Geneticheskie resursy rastenij Kazahstana: sostojanie i perspektivy. [Plant Genetic Resources of Kazakhstan: Status and Prospects]" *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii* 16.3 (2014): 648-654. (In Russian)
4. Gosudarstvennyj kadastr rastenij Juzhno-kazahstanskoj oblasti. Krasnaja kniga: Dikorastushhie redkie i ischezajushhie vidy rastenij [State cadastre of plants of the South Kazakhstan region. Red Book: Wild rare and endangered plant species. Book two.]. *Kniga vtoraja*. Almaty, 2002. (In Russian)
5. Thomas, Georgia, et al. "Ex situ species conservation: Predicting plant survival in botanic gardens based on climatic provenance." *Biological Conservation* 265 (2022): 109410.
6. Maxted, Nigel, et al. "Toward the systematic conservation of global crop wild relative diversity." *Crop Science* 52.2 (2012): 774-785.
7. Vincent, Holly, David Hole, and Nigel Maxted. "Congruence between global crop wild relative hotspots and biodiversity hotspots." *Biological Conservation* 265 (2022): 109432.
8. Volis, Sergei, and Michael Blecher. "Quasi in situ: a bridge between ex situ and in situ conservation of plants." *Biodiversity and conservation* 19.9 (2010): 2441-2454.
9. Peres, Sara. "Saving the gene pool for the future: Seed banks as archives." *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 55 (2016): 96-104.
10. De, Mitu. "Field Gene Banks: The Living Repositories of Plant Genetic Resources." *Harvest* 2 (2017): 21.
11. Molkanova, Ol'ga Ivanovna, et al. "Geneticheskie banki rastenij: problemy formirovanija, sohraneniija i ispol'zovanija [Plant Genetic Banks: Problems of Formation, Preservation and Use]" *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija «Biologija. Nauki o Zemle»* 3 (2010): 33-39. (In Russian)
12. Timple, Stephen E., and Fiona R. Hay. "High-temperature drying of seeds of wild *Oryza* species intended for long-term storage." *Seed Science and Technology* 46.1 (2018): 107-112.
13. Yndgaard, Flemming. "8 The Story Behind the First Safety Backup of Seeds in Permafrost at Svalbard." *40 Years of Nordic Collaboration in Plant Genetic Resources* (2019): 82.

14. Brodal, G., and Å. Asdal. "The Svalbard Global Seed Vault and the ongoing 100 years seed storage experiment." VII International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops-SEST2016 1204. 2016.
15. Orehova, T. P. "Sozdanie dolgovremennogo banka semjan drevesnyh vidov–real'nyj sposob sohraneniya ih genofonda [Creating a long-term tree seed bank is a real way to preserve their gene pool]." *Hvojnye boreal'noj zony* 27.1-2 (2010): 25-31. (In Russian)
16. Ku, Ja Jung, and Sim Hee Han. "Extended low temperature and cryostorage longevity of Salix seeds with desiccation control." *Open life sciences* 14.1 (2019): 1-11.
17. Safina, G. F. «Vlijanie nizkih i sverhnizkih temperatur na zhiznesposobnost' semjan plodovyh i jagodnyh rastenij [Effect of low and ultra-low temperatures on the viability of seeds of fruit and berry plants].» *Informacionnyj vestnik VOGiS* 12.4 (2008): 541-547. (In Russian)
18. Stribul', T. F. Dejstvie nizkih temperatur na intensivnost' nachal'nogo rosta i produktivnye svojstva semjan kukuruzy i ovoshhnyh kul'tur [The effect of low temperatures on the intensity of initial growth and the productive properties of seeds of corn and vegetable crops.]. Diss. TF Stribul', 1993. (In Russian)
19. Verzhuk, V. G., et al. "Kriokonservacija-jeffektivnyj metod sohraneniya geneticheskikh resursov plodovyh i jagodnyh kul'tur [Cryopreservation is an effective method for preserving the genetic resources of fruit and berry crops]." *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* 169 (2012): 270-279. (In Russian)
20. Safina, G. F., and M. N. Petrova. "Zhiznesposobnost' i dinamika vshozhesti semjan jabloni pri kriokonservacii [Viability and dynamics of germination of apple seeds during cryopreservation]." *Sel'skohozjajstvennaja biologija* 43.5 (2008): 78-81. (In Russian)
21. Malik, S. K., and R. Chaudhury. "Cryopreservation of seeds and embryonic axes of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.)." *Seed Science and Technology* 38.1 (2010): 231-235.
22. Kovalchuk, Irina, et al. "Cryopreservation of Native Kazakhstan Apricot (*Prunus Armeniaca* L) Seeds and Embryonic Axes." *CryoLetters* 35.2 (2014): 83-89.
23. Koval'chuk I.Ju., Kushnarenko S.V., Turdiev T.T., Muhitdinova Z.R., Frolov S.N., Romadanova N.V., Rid B.M. Sozdanie kriobanka germoplazmy plodovo-jagodnyh kul'tur [Creation of a cryobank of germplasm of fruit and berry crops.]. *Metodicheskie rekomendacii*. Almaty: 2011. (In Russian)
24. Voronkova, H. M., A. B. Holina, and V. V. Jakubov. "Vlijanie glubokogo zamorazhivaniya na prorastanie semjan nekotoryh vidov flory\dal'nego vostoka Rossii [Influence of deep freezing on seed germination of some species of flora/Far East of Russia]." *Rastitel'nye resursy* 39.4 (2003): 76-86. (In Russian)
25. Chetverikova, E. P., E. V. Shabaeva, and S. G. Yashina. "The effect of seed freezing on morphological characteristics of four pink species." *Biophysics* 51.1 (2006): 109-114.
26. Shibata, Toshiro, Eiji Sakai, and Koichiro Shimomura. "Effect of rapid freezing and thawing on hard-seed breaking in *As-tragalus mongholicus* Bunge (Leguminosae)." *Journal of plant physiology* 147.1 (1995): 127-131.

3-бөлім
**МОЛЕКУЛАЛЫҚ
БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ ГЕНЕТИКА**

Section 3
**MOLECULAR
BIOLOGY AND GENETICS**

Раздел 3
**МОЛЕКУЛЯРНАЯ
БИОЛОГИЯ И ГЕНЕТИКА**

Ш. Мазкират , Д.И. Бабисекова , С.В. Дидоренко ,
Ж.Е. Кулахметова , К.М. Булатова* 

Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,
Казахстан, п. Алмалыбак
*e-mail: bulatova_k@rambler.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОДОМИНАНТНЫХ БЕЛКОВЫХ И ДНК МАРКЕРОВ В ИДЕНТИФИКАЦИИ F1 ГИБРИДНОГО ПОТОМСТВА СОИ

Гибридизация была и остается основным методом создания исходного для селекции генетического пула, из которого селекционер отбирает подходящие под критерии новые селекционные линии, сорта, гибриды. Соя – облигатная автогамная культура, принудительная гибридизация которой во многом зависит от мастерства и опыта селекционера. Одной из проблем межсортной гибридизации сои является определение истинно гибридных растений и элиминация «ложных» гибридов в самом начале селекционного процесса. Морфологические отличия между родительскими формами недостаточны для контроля гетерозиготности гибридов первого поколения, поскольку число таких показателей ограничено и многие из них имеют доминантный характер проявления. Преимуществом белковых и молекулярных маркеров является их полиаллельность и кодоминантность. Целью исследований являлась идентификация родительских форм питомника гибридизации сои и выявление кодоминантно наследуемых белковых и ДНК маркеров для использования их в распознавания гетерозиготных гибридов сои. В исследованиях использованы: метод SDS-PAGE электрофореза запасных белков семян сои, ПЦР анализ ДНК сои с 11 SSR маркерами. Установлены родительские линии, имеющие специфичный состав глицининов –запасных белков семян сои. Для 17 схем скрещиваний сортообразца сои Victory, использованной в качестве материнской формы с разными образцами рабочей коллекции, выявлены SSR маркеры, перспективные в отборе F1 гибридов. Контроль гетерозиготности гибридных линий на основе маркеров белкового и ДНК уровня расширит возможности гибридизации и приведет к вовлечению в отечественную селекцию сои ценных признаков и новых полезных комбинаций генов в созданных линиях.

Ключевые слова: соя, гибридизация, гетерозиготность, кодоминантность, белковые и молекулярные маркеры.

Sh. Mazkirat, D.I. Babissekova, S.V. Didorenko,
Zh.E. Kulakhmetova, K.M. Bulatova

Kazakh Research Institute of Agriculture and Crop Production, Kazakhstan, Almalybak village
*e-mail: bulatova_k@rambler.ru

Use of codominant protein and dna markers in identification of f1 hybrid progenies in soybean

Hybridization has been and remains the main method of creating an initial genetic pool for breeding, from which the breeder selects new breeding lines, varieties, and hybrids that meet the criteria. Soy is an obligate autogamous crop, the forced hybridization of which largely depends on the skill and experience of the breeder. One of the problems of inter variety hybridization of soybeans is the identification of true hybrid plants and the elimination of “false” hybrids at the very beginning of the breeding process.

Morphological differences between parental forms are not sufficient to control the heterozygosity of the first generation hybrids, since the number of such indicators is limited and many of them have a dominant manifestation. The advantage of protein and molecular markers is their polyallellicity and codominance.

The aim of the research was to identify the parental forms of the soybean hybridization nursery and to identify codominantly inherited protein and DNA markers for their use in the recognition of heterozygous soybean hybrids. The studies used: SDS-PAGE electrophoresis of soybean seed storage proteins, PCR analysis of soybean DNA with 11 SSR markers.

Parental lines with a specific composition of glycinins, storage proteins of soybean seeds, have been established. For 17 crossing schemes of the Victory soybean variety used as a mother form with different samples of the working collection, SSR markers were identified that are promising in the selection of F1 hybrids. The control of heterozygosity of hybrid lines on the basis of protein and DNA level markers will expand the possibilities of hybridization and will lead to the involvement of valuable traits and new useful combinations of genes in the created lines into domestic soybean breeding.

Key words: soybean, hybridization, heterozygosity, codominance, protein and molecular markers.

Ш. Мазкират, Д.И. Бабисекова, С.В. Дидоренко,
Ж.Е. Кулахметова, К.М. Булатова*

Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми зерттеу институты, Алмалы бақ
*e-mail: bulatova_k@rambler.ru

Белоктық және днк кодоминантты маркерлерін соя буданының f₁ ұрпағын идентификациялауға пайдалану

Будандастыру селекцияның бастапқы генетикалық қорын құрудың негізгі әдісі болды және болып қала береді, оның ішінен селекционер критерийлерге сәйкес келетін жаңа селекциялық линияларды, сорттарды және будандарды таңдайды. Соя – облигатты автогамды дақыл, оның мәжбүрлі будандастырылуы көбінесе селекционердің шеберлігі мен тәжірибесіне байланысты. Сояның сортаралық будандастыру мәселелерінің бірі – нағыз буданды өсімдіктерді анықтау және селекцияның ең басында «жалған» будандарды жою. Ата-аналық формалар арасындағы морфологиялық айырмашылықтар бірінші ұрпақ будандарының гетерозиготалығын бақылау үшін жеткіліксіз, өйткені мұндай көрсеткіштердің саны шектеулі және олардың көпшілігі доминантты болады. Белок және молекулалық маркерлердің артықшылығы олардың полиаллельдігі мен кодоминанттылығында.

Зерттеудің мақсаты – соя будандастыру питомнигінің ата-аналық формаларын идентификациялау және кодоминантты тұқым қуалайтын белок және ДНҚ маркерлерін анықтап гетерозиготалы соя будандарын тану үшін пайдалану.

Зерттеуде қолданылды: соя тұқымын қор белоктарының SDS-PAGE электрофорезі, 11 SSR маркер көмегімен сояның ДНҚ-ПТР талдауы. Соя тұқымдарының қор белоктарында глицининның спецификалық құрамы бар ата-аналық линиялар белгіленді. Жұмыс коллекциясының әртүрлі үлгілерімен аналық форма ретінде пайдаланылған Victory соя сортүлгісінің 17 будандастыру схемасы үшін F1 будандарын таңдауда перспективті SSR маркерлері анықталды. Гибридті линиялардың гетерозиготалылығын белок және ДНҚ деңгейіндегі маркерлермен бақылау – будандастыру мүмкіндіктерін кеңейтеді және шығарылған линиялардағы құнды белгілер мен гендердің жаңа пайдалы комбинацияларын отандық соя шаруашылығында қолдануға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: соя, будандастыру, гетерозиготалық, кодоминанттылық, белоктық және молекулалық маркерлер

Сокращения и обозначения: ТОО «КазНИ-ИЗиР» – товарищество с ограниченной ответственностью «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства». SDS-PAGE – электрофорез в полиакриламидном геле с додецилсульфатом натрия. ПЦР – полимеразная цепная реакция. ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота. SSR – simple sequence repeats – простые повторяющиеся последовательности (микросателлиты)

Введение

Соя является одной из важнейших белково – масличных культур, возделываемых в Казахстане, продукты переработки семян которой имеют главным образом пищевое и кормовое назначе-

ние. Селекция и семеноводство сои ведется в Казахстане более 40 лет, создано и внедрено в производство 16 сортов. Площади под посевами сои увеличиваются ежегодно и к настоящему времени составляют более 120 тыс. га., что все еще недостаточно для обеспечения сырьем масло-перерабатывающие заводы и животноводческие фермы, птицефабрики страны.

Гибридизация была и остается основным методом создания исходного для селекции генетического пула, из которого селекционер отбирает подходящие под критерии новые селекционные линии, сорта, гибриды. Основные селекционные показатели, по которым ведется подбор родительских форм для скрещивания – продуктивность, технологичность, длина вегетационного периода. По качественным показателям исход-

ные формы должны соответствовать требованиям к содержанию белка, жира, минимальному содержанию антипитательных веществ.

Соя – облигатная автогамная культура, принудительная гибридизация которой во многом зависит от мастерства и опыта селекционера. Завязываемость гибридных семян в сильной степени зависит от условий среды, методов кастрации цветка и др. [1].

Нами разработан способ гибридизации сои, позволяющий значительно повысить число гибридных семян [2].

Однако, в гибридизации сои имеется проблема, сопряженная с невозможностью чёткого контролирования процесса опыления, часть полученных бобов может оказаться негибридной, так называемыми «ложными» гибридами [3].

Для теоретических и практических задач в гибридизации сои и других самопылителей применяют морфологические различия между сортами, к примеру такие как окраска венчика, цвет кожуры семени и др. при этом в качестве материнской формы используется генотип с рецессивным выражением признака [4, 5].

При гибридизации учитывается также крупность цветка, сходство в прохождении фаз развития. Так, Kocheguga и др. (2016) отметили успешность гибридизации в тех комбинациях, где в качестве материнских форм использовали высокоурожайные, хорошо адаптированные к местным условиям сорта с продолжительным вегетационным периодом. Такие сорта характеризуются крупными размерами цветка и чётким прохождением фаз его развития [6].

Использование только морфологических отличий между родительскими формами недостаточно для контроля гетерозиготности гибридов первого поколения, поскольку число таких показателей ограничено [7]. В то же время селекционные признаки, не имеющие внешнего проявления, такие как содержание белка, жира, ингибиторов трипсина в семенах имеют тенденцию наследования со стороны как отцовской, так и материнской линий [8].

Кроме того, поскольку по большей части морфологические признаки имеют доминантно/рецессивный характер проявления, в качестве материнской формы используется, как правило, линия с рецессивным признаком, при этом возникают проблемы с использованием в качестве материнской формы с доминантным морфологическим признаком источника ценных селекционных признаков.

Кодоминантное наследование генетических факторов родительских форм, проявляющееся в 100% пенетрантности соответствующих белковых полос в электрофоретическом спектре, позволяет устанавливать гетерозиготность семян F1 поколения. Такого рода биохимическое маркирование используется в селекции гибридов перекрестноопыляемых культур, к примеру: кукурузы и подсолнечника [9, 10].

SSR маркеры широко применяются в селекции сельскохозяйственных культур по причине их высокой полиаллельности, кодоминантности наследования и хорошей воспроизводимости [11]. Полиморфизм SSR маркеров исходных родительских линий и их кодоминантное проявление в гибриде является действенным методом в определении реально гибридного происхождения растений F1 поколения [12].

Аллели этого типа маркеров четко проявляются в спектре разделяющего геля при создании искусственного аналога гибридного состояния (смешение ДНК исходных родительских форм) [13].

Генетическое разнообразие коллекционных образцов сои к настоящему времени по ДНК маркерам достаточно широко изучено как за рубежом, так и в Казахстане [14-17].

Внедрение молекулярных маркеров в традиционную селекцию (MAS) имеет важное значение на всех этапах селекции, начиная с изучения разнообразия исходных форм, подбора пар для скрещиваний, гибридизации (определение истинно гибридных растений и элиминация «ложных» гибридов), выделения гомозиготных по целевым маркерам линий в последующих генерациях, отбор перспективных по комплексу хозяйственно-ценных признаков линий [18].

Однако применение маркеров в анализе родительских форм, используемых в схемах скрещиваний и контроле гетерозиготности растений в F1 и последующих сегрегирующих популяциях на конкретных этапах отечественной селекции сои не проводилось.

Исследования были нацелены на идентификацию исходных родительских форм сои в питомнике гибридизации лаборатории масличных культур ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства» и выявление белковых и ДНК маркеров, эффективных в отборе истинных гибридов F1 поколения.

Расширение возможностей гибридизации на основе маркерного контроля гетерозиготности гибридных линий приведет к вовлечению в от-

еественную селекцию сои ценных признаков и новых полезных комбинаций генов в создаваемых перспективных линиях и сортах, пригодных для разнообразной конечной продукции, соответствующей запросам переработчиков и потребителей не только на внутреннем рынке, но и на внешних, экспортных направлениях.

Материалы и методы исследований

Объектами исследований являлись исходные родительские линии (таблица 1), использованные в питомнике гибридизации сои 2022г., а также семена гибридов F₁ гибридных комбинаций «Ласточка х Спонсор» и «Зара х Малета».

В качестве материнской формы в 17 схемах гибридизации использовался сорт сои Victory отечественной селекции, адаптированный к условиям выращивания на Юго-Востоке Казахстана, характеризующийся высоким содержанием олеиновой кислоты в семенах, тогда как в качестве материнской формы использовались 17 сортов сои из рабочей коллекции с хозяйственно – ценными признаками, необходимыми для улучшенных сортов.

Определение специфичности родительских форм по геномному составу велось с использованием 11 высокополиморфных SSR маркеров [19, 20], таблица 2.

Таблица 1 – Схемы скрещиваний сортообразцов сои в питомнике гибридизации, 2022 г.

♀		♂	
Бело-цветковый	Характеристика	Фиолетово-цветковый	Выделяющиеся признаки
Victory	Vegetационный период 130-135 суток. Урожайность 40-45 ц/га, содержание белка 38,8 %, содержание масла 22,1 %, содержание олеиновой кислоты в масле 32%. (высокоолеиновый)	Жансяя	Высокоурожайный, среднеспелый
Victory		Ласточка	Высокоурожайный, среднепоздний
Victory		Дельта	Высокоурожайный, среднеранний
Victory		Селекта 301	Высокоурожайный, высокобелковый
Victory		Вилана	Высокоурожайный, высокобелковый
Victory		Корсак	Высокоурожайный, детерминантный тип развития
Victory		Воеводжанка	Высокоурожайный
Victory		Сава	Высокоурожайный, высокомасличный
Victory		Ascacubi	«Нулевик» по ингибитору трипсина Кунитца
Victory		Trijulf	Высокоурожайный
Victory		Sponsor	Высокоурожайный, засухоустойчивый
Victory		Safrana	Высокоурожайный
Victory		Santana	Высокоурожайный
Victory		Декабиг	Высокоурожайный
Victory		Зен	Высокоурожайный
Victory		Atlantik	Высокоурожайный
Victory		Hilario	«Нулевик» по ингибитору трипсина Кунитца, высокомасличный

Таблица 2 – SSR маркеры, использованные для маркирования родительских форм сои

Маркер	Хромосома	Forward primer (5'→3')	Reverse Primer (3'→5')
Satt 001	9	tgtgcaatgatagtagcatagatat	gtgctgattgaactattgtagt
Satt 005	2	tatacctagagaagaactaaaaa	gtcgattaggcttgaataatac
Satt 160	13	acatcaaaagtattataacgtgtag	ctccacacagtttcatataat
Satt 171	13	ttgagggtccacacagtt	caaaagtattataacgttagattaa

Продолжение таблицы

Маркер	Хромосома	Forward primer (5'→3')	Reverse Primer (3'→5')
Satt 173	10	ccggtccaatctttatcaaac	ccaagcgaaatcacctcctct
Satt 185	15	catatgaataggttaagttgcact	tgctactataaatggctactatta
Satt 285	16	gcgacatattgcattaaaaacatactt	gcggaactaattctatttacaccaacaac
Satt 307	6	gcgctggcctttagaac	gcgtttaggaaattgagtagtaag
Satt 309	18	gcgcttcaaatggcgtctt	gcgcttaataaaaacccgaaact
Satt 409	8	ccttagaccatgaatgtctcgaagata	cttaaggacacgtggaagatgactac
Satt 228	8	tcataacgtaagagatggtaaaact	cattataagaaaacgtgctaaaagag

ДНК экстрагировали методом Dellaporta и др. (1983), [21]. Экстрагированную и осажденную ДНК обрабатывали RNase A (10 мг/мл) при 37 °C в течение 30 минут, осаждали охлажденным 97 %-ым этанолом, отмывали 70%-ым этанолом.

Выделенное ДНК растворяли в ddH₂O, измеряли концентрацию на спектрофотометре Jenway, доводили концентрацию до 0,1 мкг/мкл и определяли качество электрофорезом в 8.0%-ом полиакриламидном геле.

Для ПЦР анализа состав реакционной смеси был следующим: 100 нг геномной ДНК, 1.6 x PCR буфер, 2 mM MgCl₂, 210 нМ каждого dNTP, 7-10 pmole каждого праймера, 0,5 ед Taq – полимеразы, BSA (0,07 мкг/мкл). Амплификацию проводили в термоциклере iCycler “BIORAD”. Условия амплификации: начальная денатурация – 94 °C 3 мин, затем 30 циклов 1 мин. при 94 °C, 1 мин. при 55 °C и 1 мин. при 72 °C, финальная элонгация- 5 мин.

Детектирование проводилось методом электрофореза продуктов амплификации в 8%-ом полиакриламидном геле, трис – боратном буфере при 200 В в течение 70 мин. Продукты амплификации проявляли бромистым этидием. Документирование полученных электрофореграмм проводили с помощью геля документирующей системы Quantum ST4. Размерность продуктов определяли с помощью компьютерной программы “quantum capt, image analysis” относительно маркеров длины фрагментов ДНК.

Выделение запасных белков – глицининов велось фосфатным буфером pH 6,9, система электрофоретического разделения соответствовала методу Лэммли [22] с небольшими модификациями состава верхнего и нижнего электродных буферов [23]. Концентрация акриламида в разделяющем геле составляла 12%, соотношение между акриламидом и метиленби-

сакриламидом было равно 48. Фиксация и окрашивание белковых полос проводились в 12,5% трихлоруксусной кислоте (ТХУ). В качестве маркера молекулярных масс белков использовали смесь Thermo Scientific PageRuler Prestained Protein Ladder с ранжированием от 10 до 180 kDa. Маркирование компонентов глицинина и β- конглицинина проводили путем сопоставления белковых полос и их групп на электрофореграммах, полученных нами со спектрами белков сои, представленных в публикациях Fontes et al. (1984) и Yaklich (2001) [24, 25].

Гибридизацию сои для распознавания гетерозиготного состояния растений в F1 поколении и в расщепляющихся популяциях с использованием кодоминантных белковых и ДНК маркеров проводили методом, разработанным в лаборатории масличных культур [2].

Результаты и обсуждение

Схемы гибридизации, приведенные в таблице 1 составлены так, что в качестве материнской формы используется сорт с рецессивным признаком: белой окраской венчика, а в качестве отцовской формы взяты сорта с фиолетовой окраской венчика. Морфологические признаки имеют доминантно/рецессивный характер проявления, для контроля фактической гетерозиготности полученных растений на практике, селекционер использует в качестве материнской формы, как правило, линию с рецессивным признаком, в данном случае – с белой окраской венчика. Фактически гетерозиготными растениями F1 поколения будут растения, у которых проявится доминантный морфологический признак: фиолетовая окраска цветка.

Использование только морфологических признаков в дифференциации истинно гетерозиготных растений при принудительной ги-

бридизации самоопыляющихся культур сужает возможности подбора пар для скрещиваний, снижает генетическое разнообразие селекционного материала.

Число настоящих гибридных растений в F1 не достигает 100%. Так, в исследованиях Talięcio и др. (2017) [26], содержание ложных гибридов в 2-ух комбинациях скрещиваний составляло 1%, тогда как в результате 11 комбинаций скрещиваний, проведенных Li et.al. (2019) [12] лишь 14,1% растений оказались настоящими гибридными растениями.

Проблема распознавания гетерозиготности растений в F1 поколении и возможность ее решения на основе применения молекулярных маркеров освещена во многих публикациях [27-30].

Высокая полиморфность и кодоминантное наследование SSR маркеров, а также специфичность состава запасных белков семян позволяют селекционеру вводить в селекцию исходные формы с ценными признаками, создавать реци-

прокные гибридные комбинации, создавать сорта, востребованные производством.

При подборе пар для скрещивания, всегда можно установить молекулярные маркеры, по которым родительские формы имеют четкие различия и использовать их в анализе гетерозиготности полученных F1семян.

В таблице 3 приведены генетические формулы исходных родительских форм в планируемых скрещиваниях в питомнике бридизации лаборатории масличных культур ТОО «КазНИИЗиР». Все маркеры в этом наборе сортов проявили полиморфность, наибольшее число аллелей (4) выявлено у маркеров *Satt001*, *Satt160*, *Satt409*. Для отцовской формы (Victory) можно подобрать один или несколько маркеров, по которым родительские формы будут иметь разные по размерности продукты амплификации. Эти маркеры могут использоваться для контроля гетерозиготности растений как в прямых, так и в обратных реципрокных скрещиваниях.

Таблица 3 – Генетические формулы сортообразцов сои, используемых в схемах скрещиваний гибридного питомника лаборатории масличных культур ТОО «КазНИИЗиР»

Родительские формы		SSR маркеры										
		<i>Satt005</i>	<i>Satt001</i>	<i>Satt160</i>	<i>Satt171</i>	<i>Satt173</i>	<i>Satt185</i>	<i>Satt285</i>	<i>Satt307</i>	<i>Satt309</i>	<i>Satt409</i>	<i>Satt228</i>
♀	Victory	165	225	276	310	205	220	268	200	147	185	267
♂	Жансяя	200	210	298	310	144	244	268	186	172	185	267
♂	Ласточка	165	210	280	310	144	220	215	186	172	200	267
♂	Дельта	165	190	233	230	205	220	268	200	172	175	267
♂	Селекта_301	175	190	276	295	145	244	268	200	172	175	237
♂	Вилана	175	190	276	295	205	244	268	200	147	175	237
♂	Корсак	200	210	276	295	205	220	268	210	147	200	237
♂	Воеводжанка	200	210	276	295	205	244	268	200	172	175	267
♂	Сава	200	210	276	295	205	220	268	200	172	175	267
♂	Аскасуби	200	225	276	295	144	220	268	186	147	170	237
♂	Триумф	200	185	276	295	205	190	268	200	172	170	237
♂	Спонсор	165	225	276	295	144	190	215	186	172	200	267
♂	Сафрана	165	225	280	295	205	244	215	200	172	200	267
♂	Декабиг	165	225	276	295	144	244	268	200	172	200	267
♂	Зен	200	225	276	295	144	220	268	210	172	185	267
♂	Атлантик	165	225	276	295	144	244	268	200	172	200	267
♂	Хиларио	165	225	276	295	205	220	268	210	172	185	237
Число аллелей		3	4	4	3	3	3	2	3	2	4	2

Данные исходных форм по аллельным вариантам молекулярных маркеров позволяют вычлнять истинные гетерозиготы в F1 поколении и отделять ложные гибриды на самом раннем этапе селекционного процесса, что снижает нагрузку на полевые мероприятия по посеву, выращиванию и оцениванию селекционного материала.

На рисунке 1 приведены результаты ПЦР анализа ДНК гибридов F1, полученных от скрещивания сорта Ласточка (материнская форма) и сорта Спонсор (отцовская форма) в разные сроки в 2021 году. Для четкого различения F1

гибридов и браковки растений сорта Ласточка, у которых не произошло переопыления, выбран SSR маркер *Satt185*, продукты амплификации которого имели большое различие у родителей по размерности (таблица 3). Для сорта Ласточка характерна аллель, размерностью 200 п.н., тогда как для сорта Спонсор - 190 п.н.

Результаты анализа показали, что опыление, произведенное 5 июля, дало хороший результат: все семена оказались гибридными, тогда как при опылении 10 июля лишь ¼ часть семян была гибридной.

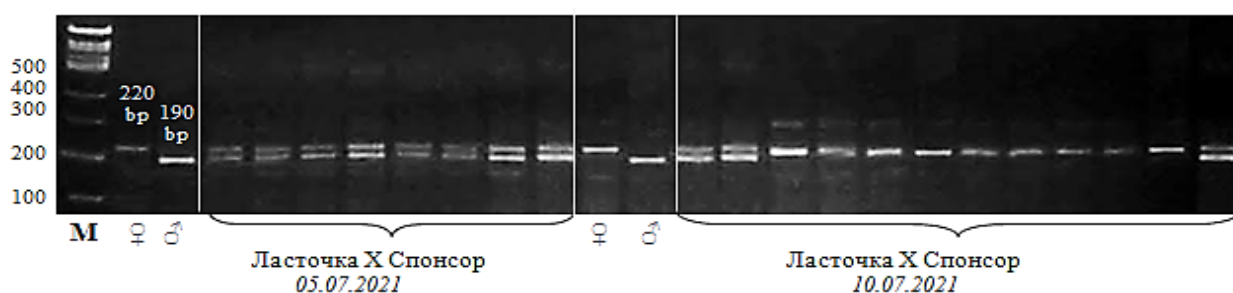


Рисунок 1 – Спектр продуктов амплификации SSR маркера *Satt185* при ПЦР анализе ДНК семян сортов сои Ласточка (♀), Спонсор (♂) и их гибридов F1

Возможность четкого различения гетерозиготного состояния растений F1 от гомозиготного на основе разнообразия кодоминантных ДНК маркеров устраняет узкие места селекции на этапе скрещивания самоопыляющихся культур, в том числе сои, улучшать методы принудительной гибридизации, позволяет осуществлять любые варианты скрещивания вне зависимости от доминантно-рецессивного проявления морфологических признаков.

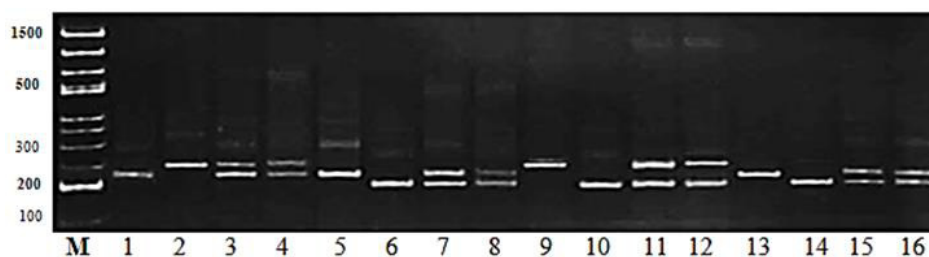
Выделением ДНК и его ПЦР анализом на стадии созревания семян можно распознавать истинные гибриды F1 до посева, тогда как по морфологическим доминантным признакам растений дифференциация возможна лишь на стадии нескольких листьев либо цветения.

Предварительное генотипирование исходных родительских линий дает информацию о конкретных маркерах, которые можно использовать для отбора истинно гибридных линий. На рисунке 2 приведены результаты визуализации продуктов амплификации маркера *Satt185* после ПЦР ДНК сортообразцов сои и искусственной гибридной смеси ДНК. Для эксперимента были использованы ДНК сортов: Алматы и Жансая, а также их смесь (Алматы+Жансая), Алматы и Спонсор, а также их

смесь (Алматы+Спонсор), Бламокос и Спонсор, их смесь (Бламокос + Спонсор), Ласточка и Спонсор, их смесь (Ласточка +Спонсор). Все четыре искусственно созданных гибридных состояний ДНК в ходе ПЦР производят аллельные варианты маркера *Satt185*, по которым различаются исходные, так называемые, родительские формы. На примере ПЦР ДНК Ласточки и Спонсора и их смеси (Ласточка +Спонсор) видно, что картина проявления продуктов амплификации смеси ДНК («искусственный» гибрид) аналогична спектру настоящих гетерозиготных F1 гибридов (рисунок 1).

Следует отметить, что 2 отцовские формы (Атлантик и Декабиг), использованные в качестве отцовских форм в планируемых скрещиваниях, идентичны по использованным SSR маркерам (таблица 3), при необходимости их дифференциации следует, по видимому, расширить список используемых маркеров, в том числе молекулярных и биохимических.

Новые образцы, пополняющие исходный для гибридизации материал, требуют предварительного скрининга на отличимость от уже изученных образцов, в том числе и от другой родительской формы, что связано с затратой времени, реактивов и средств.



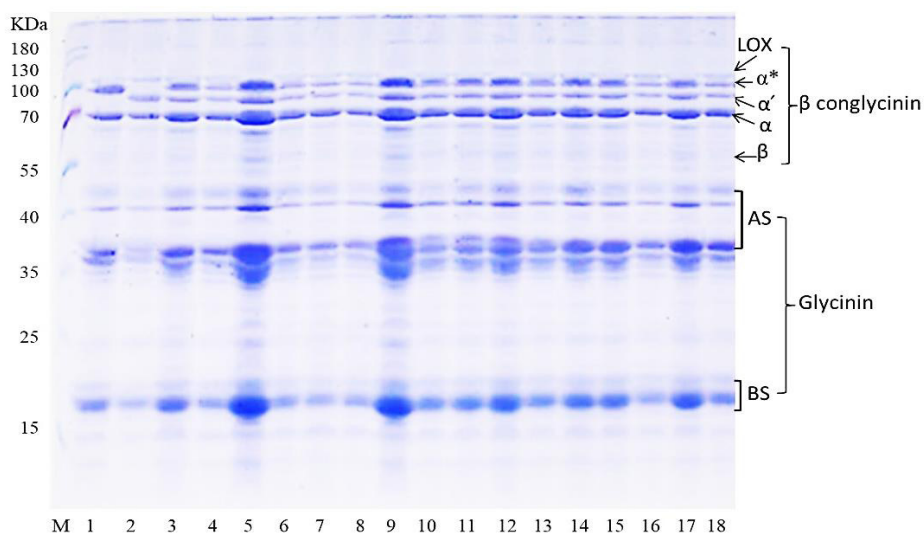
1-Алматы; 2 – Жансая; 3,4 – (Алматы + Жансая); 5 – Алматы; 6 – Sponsor; 7,8 – (Алматы + Sponsor);
9 – Blamcos; 10 – Sponsor; 11, 12 – (Blamcos + Sponsor); 13 – Ласточка; 14 – Sponsor;
15, 16 – (Ласточка + Sponsor)

Рисунок 2 – Электрофоретические спектры продуктов амплификации SSR маркера *Satt185* при ПЦР анализе ДНК семян сортов сои

Электрофорез запасных белков в силу кодоминантного наследования генетических факторов родительских форм, проявляющегося в 100% пенетрантности соответствующих белковых полос в электрофоретическом спектре, также позволяет устанавливать гетерозиготность семян F1 поколения и выявлять гетерозиготные генотипы в расщепляющихся поколениях. В случае имеющих в белковом спектре исходных родительских форм отличий по подвижности компонентов, использование белковых маркеров является эффективным подходом в оценке хода гибридизации.

На рисунке 3 приведен спектр запасных белков семян сортов Зара и Малета, а также гибридных линий F1, полученных в ходе их принудительного перекрестного опыления.

Сорт Зара имеет специфичную субъединицу в зоне β конглицининов – α^* . Сорт Малета имеет спектр, обычный для большей части сортов с субъединицей α в этой зоне. В электрофоретическом спектре гибридов F1 наблюдается кодоминантное наследование обоих компонентов, что свидетельствует о гетерозиготном состоянии и истинности гибридов F1.



M – маркер – PageRuler Prestained Protein Ladder: 10-180 кДа.
Зара ♀; 2- Малета ♂; 3-18 – гибриды F1.

Рисунок 3 – Полиакриламидный гель-электрофорез белков семян сои в системе с додецилсульфатом натрия (SDS-PAGE)

Заключение

При принудительном переопылении самоопыляющихся культур для распознавания гетерозиготного состояния в F1 поколениях исходных форм селекционеры используют морфологические признаки, число которых ограничено и лимитирует проведение реципрокных скрещиваний.

Исследования были направлены на изучение и внедрение молекулярных и белковых маркеров в селекционный процесс на стадии гибридизации.

Исходные родительские формы сои питомника гибридизации идентифицированы с помощью 11 полиморфных SSR маркеров.

На основе генотипирования исходных родительских линий выявлены маркеры, которые можно использовать для отбора истинно гибридных линий. На примере ПЦР ДНК исходных родительских форм – сортов сои Ласточка и Спонсор а также их гибридов подтверждено кодоминантное наследование аллелей **SSR маркера Satt185** у гетерозиготных образцов и показана возможность отбора истинных гибридов в F1.

Специфичность компонентов белкового спектра родительских форм, выявляемую методом электрофореза, также можно использовать для контроля успешности принудительного опыления у сои.

Возможность четкого различения гетерозиготного состояния растений F1 от гомозиготного на основе разнообразия кодоминантных ДНК и белковых маркеров устраняет узкие места селекции на этапе скрещивания самоопыляющихся культур, в том числе сои, позволяет улучшать методы принудительной гибридизации, осуществлять любые варианты скрещиваний вне зависимости от доминантно-рецессивного проявления морфологических признаков.

Конфликт интересов

Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

Источник финансирования

Исследования, подготовка статьи финансировались Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан в рамках целевой программы «Создание высокопродуктивных сортов и гибридов масличных и крупяных культур на основе достижений биотехнологии, генетики, физиологии, биохимии растений для устойчивого их производства в различных почвенно-климатических зонах Казахстана» (ИРН BR10764991).

Литература

1. Matsuo E, Sedyama T, Cruz CD, Brommonschenkel SH, Ferreira SdC, Fialho GS. «Efficiency of artificial hybridization in soybean during the summer depending on temperature and relative humidity». *Bioscience Journal* 31, no. 6 (2015): 1663-70. DOI : 10.14393/VJ-v31n6a2015-26171.
2. Дидоренко С. В. Карягин Ю.Г, Булатова К. М., Патент № 31427 на изобретение «Способ гибридизации сои» / ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства», заявка № 2011/0010.1 подано 06.01.2011, опубликовано 21.07.2016.
3. Кочегура А.В. ТМВ, Ткачева А.А. Эффективность гибридизации сои в условиях юга европейской части России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур.- 2016.-Вып.2 (166).-С. 50-56. ISSN 2412–608X.
4. Kannan U, Altaher A, Båga M, Hucl P, Chibbar R. “Utilization of microsatellite markers to assess hybridity and genetic identity of canary seed (*Phalaris canariensis* L.) genotypes”. *Canadian Journal of Plant Science* 97, no. 5 (2017): 835-41. <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0129>.
5. Ray JD, Kilen TC, Abel CA, Paris RL. “Soybean natural cross-pollination rates under field conditions”. *Environmental biosafety research* 2, no. 2 (2003): 133-8. <https://doi.org/10.1051/ebr:2003005>.
6. Kohegura A.V. ТМВ, Ткачева А.А. Efficiency of soybean hybridization in the conditions of the south of the European part of Russia // Oil cultures. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds.- 2016.-Vol.2 (166).-S. 50-56. ISSN 2412-608X.
7. Nadeem M, Wang X, Akond M, Awan FS, Riaz A, Younis A. “Hybrid identification, morphological evaluation and genetic diversity analysis of Rosa x hybrida by SSR markers”. *Australian journal of crop science* 8, no. 2 (2014): 183-90.
8. Shurtleff W, Aoyagi A. History of Soybeans and Soyfoods in the Middle East: Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook: *Soyinfo Center*, 2008.
9. Nikolić Z, Vujaković M, Jevtić A. “Genetic purity of sunflower hybrids determined on the basis of isozymes and seed storage proteins/Pureza genética de híbridos de girasol determinada sobre la base de isoenzimas y proteínas de reserva en semilla/Pureté

génétique d'hybrides de tournesol déterminée sur la base des isozymes et des protéines de réserve dans la graine". *Helia* 31, no. 48 (2008): 47-54. <https://doi.org/10.2298/hel0848047n>.

10. Zheng J, Wen D, Zhao H, Zhang C. "Acetic acid urea-polyacrylamide gel electrophoresis: a rapid method for testing the genetic purity of sunflower seeds". *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* 9, no. 1 (2017): 41-6. <https://doi.org/10.3920/QAS2015.0593>.

11. Gupta P, Varshney R. "The development and use of microsatellite markers for genetic analysis and plant breeding with emphasis on bread wheat". *Euphytica* 113, no. 3 (2000): 163-85. <https://doi.org/10.1023/A:1003910819967>.

12. Li F, Liu X, Wu S, Luo Q, Yu B. "Hybrid identification for Glycine max and Glycine soja with SSR markers and analysis of salt tolerance". *PeerJ* 7, no. (2019): e6483. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30809456>.

13. Bohra A, Jha R, Pandey G, Patil PG, Saxena RK, Singh IP, et al. "New Hypervariable SSR Markers for Diversity Analysis, Hybrid Purity Testing and Trait Mapping in Pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh]". *Front Plant Sci* 8, no. (2017): 377. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28408910>.

14. Mulato BM, Möller M, Zucchi MI, Quecini V, Pinheiro JB. "Genetic diversity in soybean germplasm identified by SSR and EST-SSR markers". *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45, no. (2010): 276-83.

15. Abugaliyeva S, Volkova L, Nurlanova A, Zhanpeissova A, Turuspekova E. "DNA-FINGERPRINTING OF SOYBEAN VARIETIES IN KAZAKHSTAN USING SSR-MARKERS". *Eurasian Journal of Applied Biotechnology* no. 3 (2013). <https://biotechlink.org/index.php/journal/article/view/276>.

16. Mittal PK, Madan A, Sharma V, Gottam G, Gupta B. "Cryopreservation of buffalo bull semen-restriction and expectation: A review". *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8, no. 1 (2019): 1351-68.

17. Hwang T-Y, Gwak BS, Sung J, Kim H-S. "Genetic diversity patterns and discrimination of 172 Korean soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties based on SSR analysis". *Agriculture* 10, no. 3 (2020): 77. <https://doi.org/10.3390/agriculture10030077>.

18. Jiang G-L. "Molecular markers and marker-assisted breeding in plants". *Plant breeding from laboratories to fields* 3, no. (2013): 45-83.

19. Tantasawat P, Trongchuen J, Prajongjai T, Jenweerawat S, Chaowiset W. "SSR Analysis of Soybean ('*Glycine max*' (L.) Merr.) Genetic Relationship and Variety Identification in Thailand". *Australian Journal of Crop Science* 5, no. 3 (2011): 283-90.

20. Kim MS, Park MJ, Jeong WH, Nam KC, Chung JI. "SSR marker tightly linked to the Ti locus in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]". *Euphytica* 152, no. 3 (2006): 361-6. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9223-3>.

21. Dellaporta SL, Wood J, Hicks JB. "A plant DNA miniprep: version II". *Plant molecular biology reporter* 1, no. 4 (1983): 19-21.

22. Laemmli UK. "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4". *nature* 227, no. 5259 (1970): 680-5.

23. Булатова КМ. "Изучение компонентного состава глютенина пшеницы". *Вестник с-х науки Казахстана* 4, no. (1985): 37-9.

24. Fontes EPB, Moreira MA, Davies CS, Nielsen NC. "Urea-elicited changes in relative electrophoretic mobility of certain glycinin and β -conglycinin subunits". *Plant physiology* 76, no. 3 (1984): 840-2. <https://doi.org/10.1104/pp.76.3.840>.

25. Yaklich RW. " β -Conglycinin and glycinin in high-protein soybean seeds". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, no. 2 (2001): 729-35. <https://doi.org/10.1021/jf001110s>.

26. Taliercio E, Eickholt D, Rouf R, Carter T. "Changes in gene expression between a soybean F1 hybrid and its parents are associated with agronomically valuable traits". *PLoS One* 12, no. 5 (2017): e0177225. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177225>.

27. Yanting Y, Rui G, Jiaqi D, Zhang Y, Fengling S, Fang T. "IDENTIFICATION BY SSR AND SRAP MARKERS AND HETEROSIS ANALYSIS OF F1 HYBRIDS (*Medicago ruthenica* L.)". *Turkish Journal Of Field Crops* 26, no. 2 (2021): 163-9.

28. Li X, Zheng B, Xu W, Ma X, Wang S, Qian M, et al. "Identification of F1 hybrid progenies in mango based on Fluorescent SSR markers". *Horticulturae* 8, no. 12 (2022): 1122. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121122>.

29. Salem KF, Alghuthaymi MA, Elabd AB, Elabsawy EA, Mierah HH. "Prediction of Heterosis for Agronomic Traits in Half-Diallel Cross of Rice (*Oryza sativa* L.) under Drought Stress Using Microsatellite Markers". *Plants* 11, no. 12 (2022): 1532.

30. Gao Z, Yun L, Li Z, Liu Q, Zhang C, Ma Y, et al. "Hybrid purity identification using EST-SSR markers and heterosis analysis of quantitative traits of Russian wildrye". *PeerJ* 10 (2022): e14442. [10.7717/peerj.14442](https://doi.org/10.7717/peerj.14442).

References

1. Abugaliyeva S, Volkova L, Nurlanova A, Zhanpeissova A, Turuspekova E. "DNA-FINGERPRINTING OF SOYBEAN VARIETIES IN KAZAKHSTAN USING SSR-MARKERS". *Eurasian Journal of Applied Biotechnology* no. 3 (2013). <https://biotechlink.org/index.php/journal/article/view/276>.

2. Bohra A, Jha R, Pandey G, Patil PG, Saxena RK, Singh IP, et al. «New Hypervariable SSR Markers for Diversity Analysis, Hybrid Purity Testing and Trait Mapping in Pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh]». *Front Plant Sci* 8, no. (2017): 377. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28408910>.

3. Bulatova KM. «Izuchenie komponentnogo sostava gljutenina pshenicy». *Vestnik s-h nauki Kazahstana* 4, no. (1985): 37-9.

4. Dellaporta SL, Wood J, Hicks JB. «A plant DNA miniprep: version II». *Plant molecular biology reporter* 1, no. 4 (1983): 19-21.

5. Didorenko S.V. Karjagin Ju.G., Bulatova K.M., Patent № 31427 na izobretenie «Sposob gibridizacii soi» / TOO «Kazahskij NII zemledelija i rastenievodstva», zajavka № 2011/0010.1 podano 06.01.2011, opublikovano 21.07.2016.

6. Fontes EPB, Moreira MA, Davies CS, Nielsen NC. «Urea-elicited changes in relative electrophoretic mobility of certain glycinin and β -conglycinin subunits». *Plant physiology* 76, no. 3 (1984): 840-2. <https://doi.org/10.1104/pp.76.3.840>.
7. Gao Z, Yun L, Li Z, Liu Q, Zhang C, Ma Y, et al. «Hybrid purity identification using EST-SSR markers and heterosis analysis of quantitative traits of Russian wildrye». *PeerJ* 10 (2022): e14442. [10.7717/peerj.14442](https://doi.org/10.7717/peerj.14442).
8. Gupta P, Varshney R. «The development and use of microsatellite markers for genetic analysis and plant breeding with emphasis on bread wheat». *Euphytica* 113, no. 3 (2000): 163-85. <https://doi.org/10.1023/A:1003910819967>.
9. Hwang T-Y, Gwak BS, Sung J, Kim H-S. «Genetic diversity patterns and discrimination of 172 Korean soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties based on SSR analysis». *Agriculture* 10, no. 3 (2020): 77. <https://doi.org/10.3390/agriculture10030077>.
10. Jiang G-L. «Molecular markers and marker-assisted breeding in plants». *Plant breeding from laboratories to fields* 3, no. (2013): 45-83.
11. Kannan U, Altaher A, Båga M, Hucl P, Chibbar R. «Utilization of microsatellite markers to assess hybridity and genetic identity of canary seed (*Phalaris canariensis* L.) genotypes». *Canadian Journal of Plant Science* 97, no. 5 (2017): 835-41. <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0129>.
12. Kim MS, Park MJ, Jeong WH, Nam KC, Chung JI. «SSR marker tightly linked to the Ti locus in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]». *Euphytica* 152, no. 3 (2006): 361-6. <https://doi.org/10.1007/s10681-006-9223-3>.
13. Kochegura A.V. TMV, Tkacheva A.A. Efficiency of soybean hybridization in the conditions of the south of the European part of Russia // Oil cultures. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. - 2016. - Vol.2 (166). - S. 50-56. ISSN 2412-608X. no.
14. Kochegura A.V. TMV, Tkachjova A.A. Jeftektivnost' gibrizacii soi v uslovijah juga evropejskoj chasti Rossii // Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur. - 2016. - Vyp.2 (166). - S. 50-56. ISSN 2412-608X.
15. Laemmli UK. «Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4». *nature* 227, no. 5259 (1970): 680-5.
16. Li F, Liu X, Wu S, Luo Q, Yu B. «Hybrid identification for *Glycine max* and *Glycine soja* with SSR markers and analysis of salt tolerance». *PeerJ* 7, no. (2019): e6483. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30809456>.
17. Li X, Zheng B, Xu W, Ma X, Wang S, Qian M, et al. «Identification of F1 hybrid progenies in mango based on Fluorescent SSR markers». *Horticulturae* 8, no. 12 (2022): 1122. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121122>.
18. Matsuo E, Sedyama T, Cruz CD, Brommonschenkel SH, Ferreira SdC, Fialho GS. «Efficiency of artificial hybridization in soybean during the summer depending on temperature and relative humidity». *Bioscience Journal* 31, no. 6 (2015): 1663-70. DOI : 10.14393/BJ-v31n6a2015-26171.
19. Mittal PK, Madan A, Sharma V, Gottam G, Gupta B. «Cryopreservation of buffalo bull semen-restriction and expectation: A review». *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 8, no. 1 (2019): 1351-68.
20. Mulato BM, Möller M, Zucchi MI, Quecini V, Pinheiro JB. «Genetic diversity in soybean germplasm identified by SSR and EST-SSR markers». *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45, no. (2010): 276-83.
21. Nadeem M, Wang X, Akond M, Awan FS, Riaz A, Younis A. «Hybrid identification, morphological evaluation and genetic diversity analysis of Rosa x hybrida by SSR markers». *Australian journal of crop science* 8, no. 2 (2014): 183-90.
22. Nikolić Z, Vujaković M, Jevtić A. «Genetic purity of sunflower hybrids on the basis of isozymes and seed storage proteins/Pureza genética de híbridos de girasol determinada sobre la base de isoenzimas y proteínas de reserva en semilla/Pureté génétique d'hybrides de tournesol déterminée sur la base des isozymes et des protéines de réserve dans la graine». *Helia* 31, no. 48 (2008): 47-54. <https://doi.org/10.2298/hel0848047n>.
23. Ray JD, Kilen TC, Abel CA, Paris RL. «Soybean natural cross-pollination rates under field conditions». *Environmental biosafety research* 2, no. 2 (2003): 133-8. <https://doi.org/10.1051/ebr:2003005>.
24. Salem KF, Alghuthaymi MA, Elabd AB, Elabsawy EA, Mierah HH. «Prediction of Heterosis for Agronomic Traits in Half-Diallel Cross of Rice (*Oryza sativa* L.) under Drought Stress Using Microsatellite Markers». *Plants* 11, no. 12 (2022): 1532.
25. Shurtleff W, Aoyagi A. History of Soybeans and Soyfoods in the Middle East: Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook: *Soyinfo Center*, 2008.
26. Taliércio E, Eickholt D, Rouf R, Carter T. «Changes in gene expression between a soybean F1 hybrid and its parents are associated with agronomically valuable traits». *PLoS One* 12, no. 5 (2017): e0177225. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177225>.
27. Tantasawat P, Trongchuen J, Prajongjai T, Jenweerawat S, Chaowiset W. «SSR Analysis of Soybean ('*Glycine max*' (L.) Merr.) Genetic Relationship and Variety Identification in Thailand». *Australian Journal of Crop Science* 5, no. 3 (2011): 283-90.
28. Yaklich RW. « β -Conglycinin and glycinin in high-protein soybean seeds». *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, no. 2 (2001): 729-35. <https://doi.org/10.1021/jf001110s>.
29. Yanting Y, Rui G, Jiaqi D, Zhang Y, Fengling S, Fang T. «IDENTIFICATION BY SSR AND SRAP MARKERS AND HETEROSIS ANALYSIS OF F1 HYBRIDS (*Medicago ruthenica* L.)». *Turkish Journal Of Field Crops* 26, no. 2 (2021): 163-9.
30. Zheng J, Wen D, Zhao H, Zhang C. «Acetic acid urea-polyacrylamide gel electrophoresis: a rapid method for testing the genetic purity of sunflower seeds». *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods* 9, no. 1 (2017): 41-6. <https://doi.org/10.3920/QAS2015.0593>.

4-бөлім
ЗООЛОГИЯ

Section 4
ZOOLOGY

Раздел 4
ЗООЛОГИЯ

З.Ш. Замандинова* , **Л.И. Шарапова** 

ТОО «Научно-производственный центр рыбного хозяйства», Казахстан, г. Алматы
*e-mail: iamzarina@mail.ru

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗООПЛАНКТОНА ПРЭСНОВОДНЫХ ОЗЕР АЛАКОЛЬСКОЙ СИСТЕМЫ В 2021 Г.

Состав зоопланктона пресноводных озер Алакольской системы в весенне-летний период 2021 г. был представлен 33 разновидностями. В оз. Сасыкколь число таксонов по сезонам не менялось и составило 14 наименований. В оз. Кошкарколь их количество снижалось от весны к лету – с 11 до 6. Биомасса зоопланктона оз. Сасыкколь увеличивалась от 1220,17 до 1973,39 мг/м³. В мае более продуктивнее был юго-восточный район -1607,01 мг/м³, а летом – северо-восточный – 2575,24 мг/м³. Уровень трофности зоопланктона в оз. Сасыкколь за весенне-летний период соответствовал умеренному классу. В оз. Кошкарколь показатель биомассы варьировал от 940,12 до 2856,54 мг/м³. В среднем по акватории озера, зоопланктон соответствовал «умеренному» классу трофности. Относительно 2020 г., весной биомасса зоопланктона оз. Сасыкколь повысилась на 73%, летом – на 69%. В мае, по сравнению с данными прошлого года, биомасса оз. Кошкарколь увеличились на 65%, а в августе – на 32%. За период наблюдений с 2017 г. продуктивность зоопланктона оз. Сасыкколь и Кошкарколь в весенне-летний период соответствовала умеренному классу.

Ключевые слова: зоопланктон, численность, биомасса, коловратки, ветвистоусые рачки, веслоногие рачки.

Z.Sh. Zamandinova, L.I. Sharapova

TOO "Scientific and Production Center of fisheries", Kazakhstan, Almaty
*e-mail: iamzarina@mail.ru

Biodiversity and quantitative indicators zooplankton of freshwater lakes of alakol systems in 2021

The composition of zooplankton of freshwater lakes of the Alakol system in the spring-summer period of 2021 was represented by 33 varieties. In oz. Sasykkol the number of taxa did not change by season and amounted to 14 names. In oz. Koshkarkol their number decreased from spring to summer – from 11 to 6. The biomass of zooplankton of the lake. Sasykkol increased from 1220.17 to 1973.39 mg/m³. In May, the south-eastern region was more productive -1607.01 mg/m³, and in summer – the north-eastern region – 2575.24 mg/m³. The level of zooplankton trophicity in the lake. Sasykkol for the spring-summer period corresponded to a moderate class. In oz. Koshkarkol biomass index ranged from 940.12 to 2856.54 mg/m³. On average in the lake's water area, zooplankton corresponded to a «moderate» trophic class. Relative to 2020, the weight of zooplankton biomass of the lake. Sasykkol increased by 73%, in summer – by 69%. In May, compared with last year's data, the biomass of the lake. Kosh-karkol increased by 65%, and in August – by 32%. During the observation period since 2017, the productivity of zooplankton of the lake. Sasykkol and Koshkarkol in the spring-summer period corresponded to a moderate class.

Key words: zooplankton, abundance, biomass, rotifers, branched crustaceans, paddlefoot crustaceans.

З.Ш. Замандинова¹, Л.И. Шарапова²

«Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ.
*e-mail: iamzarina@mail.ru

Алакөл жүйесі тұщы су көлдерінің 2021 жылдағы зоопланктонның биоалуантүрлілігі және сандық көрсеткіштері

Алакөл жүйесіндегі 2021 жылдың көктем-жаз мезгілінде тұщы су көлдерінің зоопланктонының құрамы 33 түрмен ұсынылды. Сасықкөл көлінде таксондар саны маусым бойынша өзгерген жоқ және 14 атауды құрады. Қошқаркөлде олардың саны көктемнен жазға 11-ден 6-ға дейін төмендеді.

Сасықкөл көлінің зоопланктон биомассасы. 1220,17-ден 1973,39 мг/м³-ге дейін ұлғайды. Мамыр айында оңтүстік-шығыс ауданы – 1607,01 мг/м³, ал жазда–Солтүстік-Шығыс-2575,24 мг/м³ өнімді болды. Сасықкөл көліндегі көктемгі-жазғы кезеңде зоопланктонның трофикалық деңгейі. қалыпты класқа сәйкес келді. Қошқаркөлде биомасса көрсеткіші 940,12-ден 2856,54 мг/м³-ге шегінде өзгерді. Көлдің зоопланктон көрсеткіші трофизмнің «қалыпты» класына сәйкес келді. 2020 ж. салыстырғанда, Сасықкөл көлінің зоопланктонның биомассасы көктемде 73%-ке, жазда 69%-ке өсті. Мамыр айында өткен жылғы мәліметтермен салыстырғанда, Қошқаркөлдің зоопланктон биомассасы. 65%-ке, ал тамыз айында–32%-ке өсті. 2017 жылдан бастап бақылау кезеңінде, Сасықкөл мен Қошқаркөл көлдерінің зоопланктон өнімділігі көктемгі-жазғы кезеңде қалыпты класқа сәйкес келді.

Түйін сөздер: зоопланктон, сан, биомасса, коловраткалар, ескекаяқтылар, бұтақмұрттылар.

Введение

Алакольская система озер (АСО) расположена в равнинной части Балхаш-Алакольской впадины и включает пресноводные озера Сасыкколь, Кошкарколь и солонатоводный Алаколь, соединенные между собой [1]. Ежегодное наблюдение за кормовой базой популяций рыб АСО проводится для наблюдения динамики разнообразия и продуктивности с целью кормового ресурса, а также его организмов и сохранения, хозяйственного использования и повышения продуктивности рыбных ресурсов.

Беспозвоночные животные планктона составляют основу кормовой базы молоди и взрослых видов рыб. В связи с этим мониторинг биоразнообразия и количественного развития зоопланктона является обязательным звеном в комплексных исследованиях водоемов по определению их рыбопродуктивности, разработке биологических обоснований и выдаче рекомендаций по режиму и регулированию рыболовства.

Начало наблюдений по оценке состояния зоопланктона было положено в 1940 г. Балхашским отделением Всесоюзного научно – исследовательского института озёрного и речного рыбного хозяйства (ВНИОРХ). Проводятся они по настоящее время.

Целью статьи является оценка современного состояния зоопланктона как компонента кормовой базы рыб по отдельным районам водоемов озерной системы.

В данной работе освещены исследования зоопланктона в весенне-летний период 2021 г.

Материал и методика

Сборы зоопланктона озер Сасыкколь и Кошкарколь проводились в мае и августе 2021 г. по 12-ти мониторинговым станциям и составили 24 пробы.

Отбор и обработка проб зоопланктона проведены согласно стандартным методам исследования [2]. Для отбора зоопланктонных проб применялись планктонные сети Апштейна и Джели. Для определения таксономической принадлежности и количества организмов использовались определители [3-10] и микроскопы МБС-10 и МСХ-300.

Подсчёт организмов в пробах велся в камере Богорова, с отбором части пробы штемпель-пипеткой. Под микроскопом просчитывалось число особей каждого вида по возрастным и размерным категориям. Для учета редких особей, просматривалась половина или весь объем пробы. Биомасса особей рассчитывалась с учетом индивидуального веса организмов. Оценка трофности зоопланктона проводилась по современной шкале трофности [11].

Результаты исследований

Исследованные озера относятся к крупным водоемам Казахстана и имеют рыбохозяйственное значение. Согласно административно-территориальному делению, оз. Сасыкколь расположено в Алматинской и Восточно-Казахстанской областях, а оз. Кошкарколь – в Алматинской области. Водоемы протянулись с северо-запада на юго-восток [1]. Площадь озера: Сасыкколь занимает 736 км², а оз. Кошкарколь – 120 км². Питание озер осуществляется за счет тающих снегов и осадков.

В оз. Сасыкколь среднее значение температуры водной среды в начале и конце лета 2021 г. было в диапазоне от 19,2 до 24,3⁰С. Прозрачность воды – 0,4 м, оставалась неизменной весной и летом, при глубине 2,5 –5,0 м. Концентрация водородных ионов воды (рН=8,5-8,9) указывала на щелочной характер среды [12]. В оз. Кошкарколь температура воды в мае варьировала от 18,7 до 19,1 ⁰С, в августе достигала 23,9 ⁰С. Весной

прозрачность воды в среднем доходила до 0,5 м, при глубине 4,7 м, а летом составляла 0,8 м, при глубине 5,0 м. Концентрация водородных ионов весной 8,8, летом – 8,5. Органическое вещество по перманганатной окисляемости весной не превышало 4,3 мгО/дм³, летом – 4,8 мгО/дм³.

Анализ разнообразия зоопланктонных сообществ в период с 1954 по 2012 гг. выявил, что количество разновидностей в озерах варьировало от 27 до 97 наименований [13, 14].

Согласно проведенным исследованиям зоопланктон характеризуется увеличением либо снижением таксономического состава зоопланктона, во временном аспекте по годам (таблица 1).

В 1954 году наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в оз. Сасыкколь – 43 разновидностей, меньшее в оз. Кошкарколь. Массовыми видами являлись коловратки рода *Brachionus*, среди ветвистоусых – вид *D. balchaschensis* (ныне *D. galeata*), из веслоногих – *A. salinus*. В 1963 г. отмечен впервые вид планктонных ракообразных – *D. longispina* [13]. В оз. Сасыкколь ведущей формой планктона являлся *C. strenuus*, в массе распространенный по всему озеру. Отличительной чертой этого периода являлось доминирование в планктоне также *D. cucullata*. В 1980-1986 гг. число таксонов пополнилось крупным видом ветвистоусых *D. magna*.

Таблица 1 – Массовые виды зоопланктона озер Сасыкколь и Кошкарколь в период 1954 – 2012 гг.

Годы	Оз. Сасыкколь	Оз. Кошкарколь
1954 г.	<i>Polyarthra platyptera</i> , <i>Brachionus</i> gen.sp., <i>B. plicatilis</i> , <i>Keratella cochlearis</i> , <i>Notholca acuminata</i> , <i>Hexarthra oxyuris</i> , <i>Daphnia balchaschensis</i> , <i>Arctodiaptomus salinus</i>	
1963 г.	<i>P. platyptera</i> , <i>Asplanchna priodonta</i> , <i>Euchlanis major</i> , <i>K. cochlearis</i> , <i>N. acuminata</i> , <i>Filinia longiseta</i> , <i>Diaphanosoma brachyurum</i> , <i>Bosmina longirostris</i> , <i>Ceriodaphnia reticulata</i> , <i>Daphnia cucullata</i> , <i>D. longispina</i> , <i>Cyclops strenuus</i> , <i>Eudiaptomus graciloides</i>	+ <i>B. plicatilis</i> , <i>Chydorus sphaericus</i> , <i>Mesocyclops leuckarti</i>
1980-1982 гг.	<i>Daphnia magna</i> , <i>Diaphanosoma</i> sp., <i>Arctodiaptomus salinus</i>	+ <i>Hexarthra mira</i> , <i>Leptodora kindtii</i> , <i>Thermocyclops taihokuensis</i>
1986 г.	<i>Daphnia magna</i> , <i>Arctodiaptomus salinus</i> , <i>Acanthocyclops viridis</i>	
1996-2000 гг.	<i>D. cucullata</i> , <i>E. graciloides</i> ,	+ <i>Eudiaptomus</i> sp.
1999-2002 гг.	<i>Trichocerca cylindrical</i> , <i>Trichotria pocillum</i> , <i>Synchaeta stylata</i> , <i>S. kitina</i> , <i>P. luminosa</i> , <i>Asplanchna silvestris</i> , <i>Lecane unguolata</i> , <i>Epiphanes macroura</i> , <i>Lophocharis salpina</i> , <i>Eudactyloa eudactyloa</i> , <i>Brachionus quadridentatus melheni</i> , <i>Diaphanosoma mongolianum</i> , <i>Ceriodaphnia pulchella pseudohamata</i> , <i>Camptocercus lilljeborgii</i> , <i>Moina micrura dubia</i> , <i>Th. taihokuensis</i> , <i>Paracyclops poppei</i>	
2008-2012 гг.	<i>D. lacustris</i> , <i>Cyclops</i> gen. sp., <i>Mesocyclops leuckarti</i> , <i>Th. taihokuensis</i> , <i>A. salinus</i>	

В июне-июле 1996 г. в доминирующий комплекс оз. Сасыкколь состоял из рачков – *Daphnia*, *Diaphanosoma*, *Arctodiaptomus*, выпал из состава прежний доминант озер *C. strenuus*. Оз. Кошкарколь пополнилось коловраткой *H. mira* [13, 15, 16]. В 1996-2000 гг. в оз. Сасыкколь, помимо указанных видов, были широко распространены виды *E. graciloides* и *D. cucullata*, а в оз. Кошкарколь состав зоопланктона пополнил *Eudiaptomus*. Затем в 1999-2002 гг. список планктонных организмов расширился новыми видами. Впервые зарегистрированы *D. mongolianum*, *C. pulchella pseudohamata*, *C. lilljeborgii*, *M. micrura dubia*, из веслоногих – *Th. taihokuensis* и *P. poppei* [17, 18]. С 2008 по 2012 г. в озерах Сасыкколь и

Кошкарколь за весенне-летний период постоянными обитателями из веслоногих были *M. leuckarti*, *A. salinus*, *Th. taihokuensis*, из ветвистоусых – *D. lacustris*. Только в 2012 г. в оз. Сасыкколь выпал из состава *M. leuckarti* и *Th. taihokuensis*, а вместо них доминировал рачок рода *Cyclops*. В оз. Кошкарколь из прежнего состава выпал *Th. taihokuensis* [18, 19, 20].

Современный состав. В 2021 г. в оз. Сасыкколь число таксонов – 14, в сезонном аспекте оставалось постоянным, тогда как значимость разнообразия менялась от весны к лету (таблица 2). В мае планктофауна в равной мере формировалась всеми группами. В августе состав коловраток уменьшился до 2 видов на фоне рас-

ширения спектра ветвистоусых до 7. Набор веслоногих рачков практически не менялся по сезонам, но варьировала часть состава группы.

Весной в оз. Сасыкколь широко распространены были коловратки *K. quadrata*, *K. cochlearis*, веслоногий *M. leuckarti*. Повсеместно обитал *A. salinus*. Остальные представители регистрировались sporadически. Летом лидировали рачки *D. galeata*, *D. lacustris*, *A. salinus*, *M. leuckarti*.

Относительно состава в 2020 г., количество видов уменьшилось в 1,5 раза, но сохранился набор доминирующих представителей ценоза – ветвистоусые *D. galeata* и *D. lacustris*, веслоногие *M. leuckarti* и *A. salinus* [21, 22, 23].

В 2021 г. в оз. Кошкарколь число таксонов снижалось от весны к лету. Весной разнообразие

зоопланктона было представлено всеми тремя группами. Летом число коловраток снизилось до минимума, разнообразие ветвистоусых увеличилось вдвое. Состав веслоногих практически не изменился.

В мае в оз. Кошкарколь широкое распространение получили коловратки *K. quadrata*, *E. lyra lyra*, рачки *B. longirostris*, *A. salinus*, *M. leuckarti*, *Th. taihokuensis*. В августе основу зоопланктона составляли *A. salinus*, *M. leuckarti*.

Относительно 2020 г. таксономический состав зоопланктона оз. Кошкарколь практически не изменился. Следует отметить, что снизилось число коловраток. Набор разновидностей ветвистоусых рачков остался практически без изменений, за исключением доминирующих видов.

Таблица 2 – Таксономический состав и частота встречаемости (%) организмов зоопланктона озер Алакольской системы в мае (I) и августе (II) 2021 г.

Таксоны	Сасыкколь		Кошкарколь	
	I	II	I	II
Rotifera – Коловратка				
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson	33	-	33	-
<i>Keratella quadrata</i> Mull.	67	-	100	-
<i>K. cochlearis cochlearis</i> (Gosse)	78	-	33	-
<i>Filinia longiseta</i> Ehren.	22	-	33	-
<i>Brachionus forficula forficula</i> Wierz.	11	11	-	-
<i>Euchlanis</i> sp.	-	-	33	-
<i>E. lyra lyra</i> Hudson	-	11	67	-
За сезон:	5	2	6	-
Итого:	6		6	
Cladocera – Ветвистоусые				
<i>Daphnia (D.) galeata</i> G.O.Sars	11	100		33
<i>D. (D.) longispina</i> O.F.Mull.	11	22	-	-
<i>Diaphanosoma lacustris</i> Korinek	22	100		33
<i>D. mongolianum</i> Ueno	-	44	-	33
<i>Chydorus sphaericus</i> O.F.Mull.	-	22	-	-
<i>Bosmina (B.) longirostris</i> (Mull.)	11	22	66	-
<i>Moina brachiata</i> (Jurine)	-	22	-	-
За сезон:	4	7	1	3
Итого:	7		4	
Copepoda – Веслоногие				
<i>Arctodiaptomus (Rh.) salinus</i> (Daday)	100	100	100	100
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	67	89	100	100
<i>Thermocyclops taihokuensis</i> Harada	22	22	100	33

Продолжение таблицы

Таксоны	Сасыкколь		Кошкарколь	
	I	II	I	II
<i>Th. oithonoides</i> (Sars)	11	11	-	-
<i>Th. rylovi</i> (Smirnov)	-	11	-	-
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanine	33	-	-	-
<i>Diaptomidae</i> gen sp.	-	-	11	
За сезон:	5	5	4	3
Итого:	6		4	
Всего за сезон	14	14	11	6
Всего:	19		14	

Для выявления сходства состава зоопланктона озер Сасыкколь и Кошкарколь в 2021г. рассчитан индекс Серенсена [24, 25]. По расчетам данного индекса, степень видового сходства ценозов находится на высоком уровне – 73%, что обусловлено периодической водной связью озёр. Наибольшим сходством обладали группы коловраток и веслоногих рачков.

Количественные показатели.

Оз. Сасыкколь. Весной в зоопланктоне западного района лидировали веслоногие ракообразные – 99 % численности, 95 % биомассы. Среди них выделялись *A. salinus* (32 % и 62 %) и *Th. taihokuensis* (40 и 11 %). Доля ветвистоусых рачков по численности минимальна, менее 1 % общих показателей. (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение численности (Ч, тыс. экз./м³) и биомассы (Б, мг/м³) основных групп зоопланктона по районам оз. Сасыкколь, май, август, 2021 г.

Районы	Коловратки		Ветвистоусые		Веслоногие		Всего	
	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б	Ч	Б
Май								
Западный	0,70	2,15	0,19	44,51	64,46	942,60	65,35	989,26
Северо-восточный	3,15	6,62	3,59	3,23	157,06	1054,38	163,80	1064,23
Юго-восточный	6,22	2,2	0,17	34,24	263,40	1570,57	269,79	1607,01
В среднем	3,36	3,66	0,32	27,33	161,64	1189,18	165,32	1220,17
Август								
Западный	93,00	1,34	5,41	679,80	51,28	735,92	88,62	1417,06
Северо-восточный	0	0	37,54	1189,87	66,07	1385,37	103,61	2575,24
Юго-восточный	0	0	26,85	994,48	39,73	933,38	66,58	1927,86
В среднем	31	0,45	23,27	954,72	52,36	1018,22	106,63	1973,39

В весенний период 2020 г. численность зоопланктона оз. Сасыкколь составила 18 тыс.экз./м³, а в 2021 г -166 тыс.экз./м³ (возросла на 89%). Биомасса, при этом, увеличилась на 73% за последний год.

Летом наблюдается увеличение показателей зоопланктона. Основу численности составлял *M. leuckarti* (40 %), представленный всеми стадиями метаморфоза, с преобладанием молодежи. По

биомассе лидировал крупный *D. galeata*, создающий 39 % показателя. Величина биомассы зоопланктона увеличилась в 1,5 раза относительно данных весеннего сезона.

В летний период 2021 г. численность снизилась в 1,9 раза относительно весны, и возросла на 60 % относительно 2020 г. Показатели составляли 86 тыс.экз./м³ и 35 тыс.экз./м³ соответственно. В августе 2021 г. биомасса зоопланкте-

ров увеличилась более чем в 3 раза, в сравнении с 2020 г.

Уровень развития биомассы зоопланктеров западной части в мае соответствовал олиготрофному типу водоема с низким классом трофности, в августе – α -мезотрофному с умеренным классом [11, 26].

В северо-восточном районе в мае доминировали веслоногие рачки по численности и массе (96 и 99 %, соответственно), в основном, за счет *M. leuckarti* (75 и 60 %). Из коловраток в небольшом количестве встречались представители рода *Keratella* (2 и 0,6%). Ветвистоусые рачки в данном районе имели незначительные показатели, из них был обнаружен только *B. longirostris*.

В августе количественную основу зоопланктона также составляли веслоногие рачки (64 % численности, 54 % биомассы). Значимость группы понизилась на фоне десятикратного увеличения плотности ветвистоусых рачков (36 % от общей численности). В целом, численность зоопланктона снизилась за счет падения количества веслоногих и выпадения из состава коловраток. Общий показатель формировался доминированием *M. leuckarti* (52%) и *D. lacustris* (27 %).

Преобладание в летней планктофауне крупноразмерных рачков обусловило двукратное увеличение биомассы веслоногих рачков от весны к лету. Основу составили веслоногие *M. leuckarti* (67 %) и *A. salinus* (37 %). Соответственно, класс биомассы планктонных организмов северо-восточного района менялся в пределах мезотрофного водоема, повышаясь от умеренного уровня трофности в мае до среднего в августе.

В юго-восточной части озера в мае основу численности и биомассы формировали также веслоногие (более 97 %), с преобладанием *M. leuckarti* (15 и 10 %) и *A. salinus* (8 и 13 %). Доля остальных представителей незначительна. В августе, как и в северо-восточном районе, на фоне выпадения из состава коловраток и многократного уменьшения численности веслоногих увеличилась значимость ветвистоусых до 40% численности и 62 % биомассы. Лидировала *D. lacustris* (37 % показателей). Из веслоногих, составляющих 60 и 48 % показателей, соответственно, преобладали обычные для озера *M. leuckarti* и *A. salinus*.

Биомасса планктонных организмов юго-восточного района варьировала в пределах умеренного класса, характерного для водоемов α -мезотрофного типа.

В целом по водоему, как наиболее продуктивные по зоопланктону, выделялись северо-восточная и юго-восточная части.

В среднем по акватории оз. Сасыкколь межсезонные показатели количественного развития основных групп зоопланктона показали, что состав лидирующих видов веслоногих оставался относительно стабильным, увеличиваясь летом за счет ветвистоусых. Основу численности и биомассы формировали веслоногие ракообразные в оба сезона, но летом биомасса ветвистоусых рачков возросла на 38%.

Оз. Кошкарколь. От весны к лету наблюдалось снижение количественных показателей у коловраток и веслоногих х (таблица 4). Весной основу численности зоопланктона формировали веслоногие рачки *A. salinus* и *Th. taihokuensis* (95%), лидируя и по биомассе – 98,30 и 64,60 мг/м³ (68% суммарно).

Численность планктеров оз. Кошкарколь в мае была, практически, на уровне 2017 г., и имела максимальный показатель за последние 5 лет – 127 тыс.экз./м³. Биомасса возросла на 65%, по сравнению с 2020 г.

Из фоновых таксонов весны сохранились веслоногие *A. (Rh) salinus* (4,54%), *M. leuckarti* (10,55%). Летом зоопланктон пополнился ветвистоусыми *D. galeata*, *D. lacustris*, и *D. mongolianum* (в сумме 52,52%), при выпадении из состава *Th. taihokuensis*. Субдоминировали веслоногие рачки – 47,48%.

Зоопланктон оз. Кошкарколь в мае характеризовался умеренным уровнем трофности.

В августе плотность зоопланктеров снизилась за счет двукратного уменьшения количества веслоногих. Численность планктонного комплекса формировалась *M. leuckarti* и *D. lacustris* (32 и 44 %). Ядро биомассы составили *A. salinus*, *D. lacustris* и *M. leuckarti* (50, 24 и 21 % соответственно).

В летний период 2021 г. показатель численности снизился и составлял 98 тыс.экз./м³. Но, относительно 2020 г. (27 тыс.экз./м³), значение увеличилось в 3,5 раза. Значение биомассы находилось на уровне 2019 г., и, по сравнению с прошлым годом, увеличилось в 1.4 раза.

Увеличение доли крупноразмерных особей от весны к лету обеспечило повышение биомассы зоопланктона озера от 1599,8 до 1851,73 мг/м³. Самая высокая продуктивность планктонных беспозвоночных выявлена в районе выпадения в озеро р. Сухая (2372,52 – 2856,54 мг/м³).

Таблица 4 – Распределение численности (Ч, тыс. экз./м³) и биомассы (Б, мг/м³) основных групп зоопланктона оз. Кошкарколь, май и август, 2021 г.

Станции	Коловратки	Ветвистоусые	Веслоногие	Всего
Численность, тыс. экз./м ³				
Центр	10,30 – 0	3,43 – 21,02	149,38 – 33,03	163,11 – 54,05
Уялы	2,13 – 0	0 – 56,73	110,67 – 64,17	112,8 – 120,9
Р. Сухая	0,99 – 0	1,06 – 77,18	103,11 – 42,86	105,16 -120,04
Среднее	4,47 – 0	1,50 – 51,64	121,05 – 46,69	127,02 – 98,33
Биомасса, мг/м ³				
Центр	24,37 – 0	44,64 – 139,69	1293,24 – 800,43	1362,25 – 940,12
Уялы	3,31 – 0	0 – 775,62	1061,32 – 982,91	1064,63 – 1758,53
Р. Сухая	2,83 – 0	6,38 – 1051,25	2363,31 – 1805,29	2372,52 – 2856,54
Среднее	10,17 – 0	17,00 – 655,52	1572,62 – 1196,21	1599,8 – 1851,73

В среднем по акватории, уровень остаточной биомассы зоопланктона летом соответствовал «умеренному» классу трофности, характерному для водоемов α -мезотрофного типа [11].

В 2021 г. сопоставление количественного развития зоопланктонного сообщества озер за пятилетний период показывает значительные колебания его биомассы, как в межгодовом, так и в межсезонном аспектах (рисунок 1).

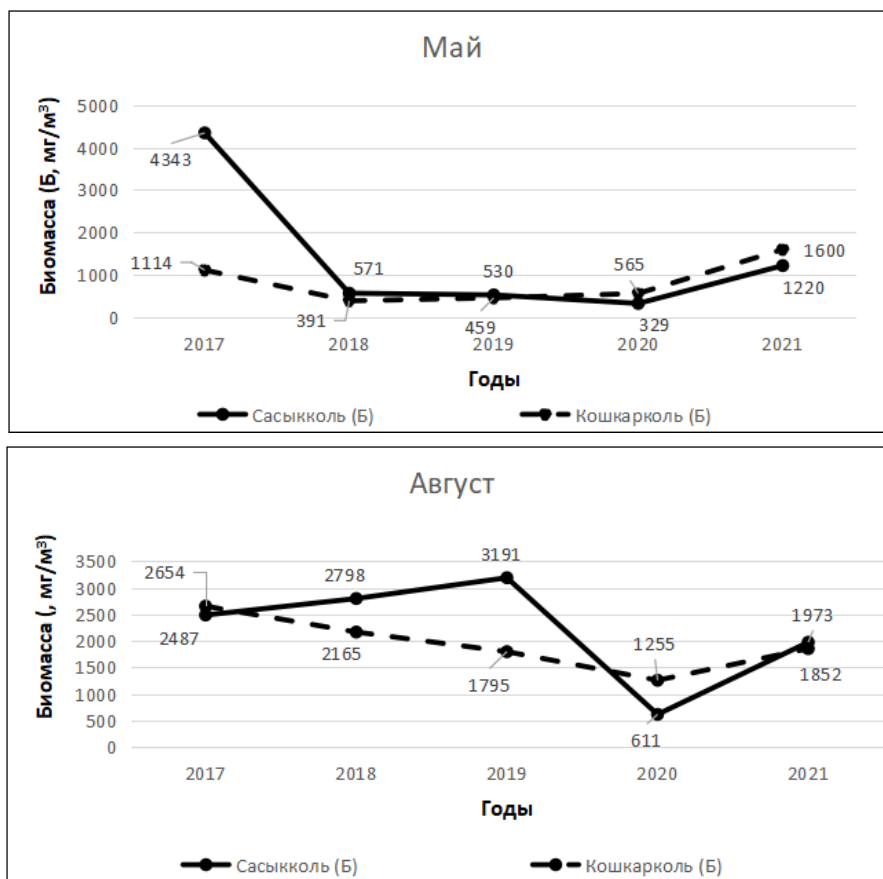


Рисунок 1 – Распределение биомассы (г/м³) зоопланктона озер Сасыкколь и Кошкарколь в весенне – летний период 2017 – 2021 гг.

Весной в оз. Сасыкколь за пятилетний период наблюдений максимального уровня развития биомассы зоопланктона достигал в 2017 г. С 2018 по 2020 гг. произошел заметный спад показателей, с последующим увеличением к 2021 г. Но, по сравнению с максимальным показателем, произошло снижение биомассы в 3 раза. В оз. Кошкарколь в период 2017-2020 гг. показатели были на одном низком уровне, в 2021 г. величина массы возросла до умеренного значения.

В летний период 2017-2019 гг. в оз. Сасыкколь показатели постепенно увеличивались по нарастающей, в пределах среднего класса продуктивности. В 2020 г. биомасса снизилась в 5 раз, а к 2021 г. увеличилась в 3 раза, но не достигла уровня продуктивности планктона. В оз. Кошкарколь максимальное значение биомассы, как и в оз. Сасыкколь, было отмечено в 2017 г., затем до 2020 г. наблюдается его падение до умеренных показателей. В 2021 г. показатель нарастал в пределах умеренного класса.

Заключение

В период с 1954 по 2012 гг. количество таксонов зоопланктона по озерам Сасыкколь и Кошкарколь варьировало от 27 до 97 разновидностей. Широко распространенными во все годы были веслоногие рачки. Наибольшее разнообразие таксономического состава было отмечено в оз. Сасыкколь в 1954 г. Указанная изменчивость в таксономическом составе в этот период возможно была связана с различием сезонных сборов материала по годам. В 1954, 1980-1982 гг. отмечено наименьшее разнообразие ветвистоусых рачков. Затем с 1986 по 2012 г. их состав значительно пополнился новыми видами.

В озерах Сасыкколь и Кошкарколь разнообразие зоопланктона в 2021 г. составило 33 разновидности. Таксономический состав зоопланктона оз. Сасыкколь составил 19 наименований, снизившись в сравнении с 2020 г. в 1,5 раза. В мае и августе число компонентов составляло по 14 наименований. Разнообразие зоопланктеров оз. Кошкарколь за 2021 г. оставалось на уровне 2020 г. – 14 таксонов, снижаясь от весны к лету вдвое. Широко распространенными видами в мае были *K. quadrata*, *E. lyra lyra*, *B. longirostris*, состав веслоногих сохранился. В августе доминировали облигатные для этого озера веслоногие – *A. salinus*, *M. leuckarti*.

Количественную основу планктоценоза оз. Сасыкколь формировали веслоногие, субдоминировали – ветвистоусые рачки. Массовыми видами в весенний период были *K. quadrata*, *K. cochlearis cochlearis*, *A. salinus*, *M. leuckarti*. В летний период состав веслоногих сохранился, и пополнился теплолюбивым *Th. taihokuensis*, а также видами *K. quadrata*, *E. lyra lyra*, *B. longirostris*. Биомасса сообщества весной варьировала от 0,99 до 1,61 г/м³, летом – от 1,4 до 2,58 г/м³. Относительно показателей 2020 г. уровень развития зоопланктона весной повысился на 73%, а летом – на 69%.

Как наиболее продуктивный, выделялся северо-восточный район оз. Сасыкколь, в котором запасы зоопланктона оценивались умеренным и средним классом по сезонам. Остаточная биомасса зоопланктеров юго-восточного района варьировала в пределах умеренного класса трофности. Минимальной продуктивностью зоопланктона характеризовался западный район, где уровень трофности менялся от низкого (май) до умеренного (август).

Количественный уровень развития зоопланктона оз. Кошкарколь, как и в оз. Сасыкколь, в основном, формировался веслоногими рачками. Биомасса сообщества – 1,5 – 1,8 г/м³ – соответствовала «умеренному» классу трофности, характерному для водоемов α -мезотрофного типа. В мае, по сравнению с данными прошлого года, биомасса увеличилась на 65%, а в августе на 32%.

Анализ пятилетней динамики количественных показателей выявил снижение уровня развития планктонных беспозвоночных в весенне-летний период от 2017 к 2020 г. (за исключением августа 2019 г. с максимальной биомассой). В текущем 2021 г. отмечен рост показателей относительно аналогичных данных 2020 г. Указанная динамика показателей, в определенной степени, отражала изменчивость водного режима озер за пятилетний период [21].

Конфликт интересов

Авторы не имеют конфликта интересов

Источник финансирования

Исследование финансируется Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Грант №BR10264205).

Литература

1. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер – Алматы, 2007. – 367 с.
2. Шарапова Л.И., Фаломеева А.П. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, зообентос) / Издание 2-ое. – Алматы, 2018. – 43 с.
3. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. – Ленинград: Изд-во «Наука», 1970. – 744 с.
4. Боруцкий Е.В. Определитель свободноживущих пресноводных веслоногих раков СССР и сопредельных стран по фрагментам в кишечниках рыб – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1960. – 222 с.
5. Кутикова Л.А., Старобогатов Я.И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР – Ленинград, 1977. – 512 с.
6. Цалолыхина С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий [Текст] – Санкт-Петербург, 1995. – 630 с.
7. Крупа Е.Г., Доброхотова О.В., Стуге Т.С. Фауна Calanoida (Crustacea: Copepoda) Казахстана и сопредельных территорий – Алматы, 2016. – 208 с.
8. Mirabdullaev I.M. The genus Mesocyclops (Crustacea: Copepoda) in Uzbekistan (Central Asia) – Int. Revue ges. Hydrobiol. 81(1). 1996, P. 93-100;
9. Mirabdullaev I.M., Sharapova L.I., Turemuratova G.I. A Far East Cyclopid, Thermocyclops taihokuensis (Harada, 1931) in Central Asia – Turk. J. Zool. 1997, V. 21. P. 175-178;
10. Nogrady T., Segers H. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Rotifera Vol. 6. 2002. P. 264.
11. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 398 с.
12. Долгополова С.Ю., Мукатай А.А., Минат А. Современные гидрохимические исследования Алакольской системы озер / Электронный научный журнал «Central Asian Scientific Journal» №4. – Алматы, 2021. – С.148-151.
13. Стуге Т.С., Крупа Е.Г., Смирнова Д.А. Зоопланктон Алаколь-Сасыккольской системы озер / Труды Алакольского заповедника – Алматы, 2004г. – С. 119-121.
14. Шарапова Л.И. Комплексная оценка экологического состояния Алакольской системы озер по зоопланктону / Экология водных беспозвоночных – Борок, 2010г. – С. 349-355.
15. Шарипова К.Ж. Об акклиматизации рачка калянипеды в озерах Алакольской системы / Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана – Ашхабад, 1986г. С. 145-146.
16. Шарипова К.Ж., Лопарева Т.Я. Количественное развитие зоопланктона Алакольских озер и факторы его обуславливающие / Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана – Ташкент, 1983г. – С. 145-146.
17. Шарапова Л.И. Разнообразие и продуктивность современных зоопланктоценозов Алакольской системы озер / Экологические исследования в Казахстане – Алматы, 2002г. – С. 193-194.
18. Шарапова Л.И. Об уровне кормности зоопланктона Алакольской системы озер в период маловодья / Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана – Алматы, 2011г. – С. 81-85.
19. Трошина Т.Т. Особенности развития планктонных и донных беспозвоночных озер Алакольской системы в весенний период 2012 г. / Материалы международной научной конференции «Животный мир Казахстана и сопредельных территорий» – Алматы, 2012 г. – С. 170-172.
20. Трошина Т.Т. Структура и экологическое состояние зоопланктона литоральной зоны озера Алаколь в весенне-летний период 2013 года / Известия Национальной академии наук Республики Казахстан, серия биологическая и медицинская – Алматы, 2015г. – С. 15-19.
21. Определение рыбопродуктивности рыбохозяйственных водоемов и/или их участков, разработка биологических обоснований ПДУ рыбы и других водных животных, режиму и регулированию рыболовства на рыбохозяйственных водоемах международного, республиканского значений и водоемах ООИП Балхаш-Алакольского бассейна, а также оценка состояния рыбных ресурсов на резервных водоемах местного значения / Отчет НИР ТОО «НПЦРХ»-Алматы, 2020 г. – 160 с.
22. Andreas Novotny Functional diversity of zooplankton in marine food webs / Department of Ecology, Environment and Plant Sciences-Stockholm 2021- P.63.
23. Krylov A.V., Kosolapov D.B., Kosolapova N.G., Gerasimov Y.V., Hovsepyan A.A., 2018. The plankton community of Sevan lake (Armenia) after invasion of Daphnia (Ctenodaphnia) magna Straus, 1820 / Biology Bulletin. V. 45. № 5. С. 505–511.
24. Константинов А.С. Общая гидробиология – Москва, 1986. – 289 с.
25. Radovan Hunek , Stepanka Kuckova, Pavel Cejnar, Petra Junkova, Ivo Prikryl, Jana Rihova Ambrozov Identification of freshwater zooplankton species using protein profiling and principal component analysis /Association for the Sciences of Limnology and Oceanography- Prague, 2018. – P.6.
26. Anita A.C. Pearson and Ian C. Duggan* A global review of zooplankton species in freshwater aquaculture ponds: what are the risks for invasion? / Invasivesnet Review-Hamilton, 2018.- P.12.

References

- 1 Amirgaliev N.A., Timirkhanov S.R., Alpeisov S.A.(2007) Ichthyofauna i ecologia Alakolskoi sistemy ozer [Ichthyofauna and ecology of the Alakolsky system of lakes]. Алматы, pp. 367.

2 Sharapova L.I., Falomeeva A.P. (2018) Metodicheskoe posobie pri gidrobiologicheskikh rybohozyaistvennykh issledovaniyakh vodoemov Kazakhstana (plankton, zoobentos) [Methodological guide for hydrobiological fish-farming studies of reservoirs of Kazakhstan (plankton, zoobenthos)], 2nd edition. Almaty, pp. 43.

3 Kutikova L.A. (1970) Kolovratki fauny SSSR. [Rotifers of the fauna of the USSR]. Leningrad: Nauka Publishing House, pp.744.

4 Borutsky E.V. (1960) Opredelitel svobodnozhivushih presnovodnykh veslonogih rakov SSSR I sopredelnykh stran po fragmentam v kishechnikah ryb [Determinant of free-living freshwater oarfish of the USSR and neighboring countries by fragments in the intestines of fish]. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, pp.222

5 Kutikova L.A., Starobogatov Ya.I. (1977) Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR [Determinant of freshwater INV]. Leningrad, pp.512.

6 Tsalolikhina S.Ya. (1995) Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii I sopredelnykh territorii [Determinant of freshwater invertebrates of Russia and adjacent territories]. St. Petersburg, pp.630.

7 Krupa E.G., Dobrokhotova O.V., Stuge T.S. (2016) Fauna Calanoida (Crustacea: Copepoda) Kazakhstana I sopredelnykh territorii [Fauna of Calanoida (Crustacea: Copepoda) Kazakhstan and adjacent territories]. Almaty, pp.208

8 Mirabdullaev I.M. (1996) The genus Mesocyclops (Crustacea: Copepoda) in Uzbekistan (Central Asia) Int. Revue ges. Hydrobiol. 81(1), pp. 93-100.

9 Mirabdullaev I.M., Sharapova L.I., Turemuratova G.I. (1997) A Far East Cyclopoid, Thermocyclops tai-hokuensis (Harada, 1931) in Central Asia – Turk. J. Zool., V. 21. pp. 175-178

10 Nogrady T., Segers H. (2002) Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Rotifera Vol. 6, pp. 264.

11 Kitaev S. P. (2007) Osnovy limnologii dlya gidrobiologov i ihtiologov [Fundamentals of limnology for hydrobiologists and ichthyologists]. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, pp.398

12 Dolgopolova S.Yu., Mukatai A.A., Minat A. (2021) Sovremennye gidrohimicheskie issledovaniya Alakolskoi sistemy ozer [Modern hydrochemical studies of the Alakol lake system], Electronic scientific journal “Central Asian Scientific Journal” No. 4, Almaty, pp.148-151.

13 Stuge T.S., Krupa E.G., Smirnova D.A. (2004) Zooplankton Alakol-Sasykkolskoi sistemy ozer [Zooplankton of the Alakol-Sasykkol lake system], Proceedings of the Alakol Reserve, Almaty, pp. 119-121.

14 Sharapova L.I. (2010) Kompleksnaya ocenka ekologicheskogo sostoyaniya Alakolskoi sistemy ozer po zooplanktonu [Comprehensive assessment of the ecological state of the Alakol lake system by zooplankton], Ecology of aquatic invertebrates – Borok, pp. 349-355.

15 Sharipova K.Zh. (1986) Ob akklimatizatsii rachka kalyanipedy v ozerah Alakolskoi sistemy [On acclimatization of the kalyanipeda crustacean in the lakes of the Alakol system], Biological foundations of fisheries in reservoirs of Central Asia and Kazakhstan Ashgabat, pp. 145-146.

16 Sharipova K.Zh., Lopareva T.Ya. (1983) Kolichestvennoe razvitie zooplanktona Alakolskikh ozer i factory ego obuslavlivayushie [Quantitative development of zooplankton of the Alakol lakes and its factors], Biological bases of fisheries of reservoirs of Central Asia and Kazakhstan, Tashkent, pp. 145-146.

17 Sharapova L.I. (2002) Raznoobrazie I produktivnost sovremennykh zooplanktocenozov Alakolskoi sistemy ozer [Diversity and productivity of modern zooplanktocenoses of the Alakol lakes system], Ecological research in Kazakhstan, Almaty, pp. 193-194.

18 Sharapova L.I. (2011) Ob urovne kormnosti zooplanktona Alakolskoi sistemy ozer v period malovodya [On the level of zooplankton feeding in the Alakol lake system during the low-water period], Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan – Almaty, pp. 81-85.

19 Troshina T.T. (2012) Osobennosti razvitiya planktonnykh i donnykh bespozvonochnykh ozer Alakolskoi sistemy v vesennii period 2012 g [Features of the development of planktonic and bottom invertebrate lakes of the Alakol system in the spring of 2012], Proceedings of the international scientific conference “Wildlife of Kazakhstan and adjacent territories”, Almaty, pp. 170-172.

20 Troshina T.T. (2015) Srtuctura i ekologicheskoe sostoyanie zooplanktona litoralnoi zony ozera Alakol v vesenne-letnii period 2013 goda [Structure and ecological state of zooplankton of the littoral zone of Lake Alakol in the spring-summer period of 2013], Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Biological and medical series, Almaty, pp. 15-19.

21 (2020) Opreделение ryboproduktivnosti rybohozyaistvennykh vodoemov i/ili ih uchastkov, razrabotka biologicheskikh obosnovanii PDU ryby I drugih vodnykh zhivotnykh, rezhimu I regulirovaniyu rybolovstva na rybohozyaistvennykh vodoemah mezhdunarodnogo, respublikanskogo znachenii I vodoemah OOPT Balchash-Alakolskogo basseina, a takzhe ocenka sostoyaniya rybnykh resursov na rezervnykh vodoemah mestnogo znacheniya [Determination of fish productivity of fishery reservoirs and/or their sites, development of biological justifications for the control of fish and other aquatic animals, the regime and regulation of fishing in fishery reservoirs of international, republican significance and reservoirs of the protected areas of the Balkhash-Alakol basin, as well as assessment of the state of fish resources in reserve reservoirs of local significance], The report of the Research Institute of LLP “NPCRH” Almaty, pp.160.




22. Andrew Novotny (2021) Functional diversity of zooplankton in marine food webs / Department of Ecology, Environment and Plant Sciences, Stockholm, P.Sixty three.

23. Krylov A.V., Kosolapov D.B., Kosolapova N.G., Gerasimova Y.V., Hovsepyan A.A. (2018) The plankton community of Sevan lake (Armenia) after invasion of Daphnia (Ctenodaphnia) great Straus, 1820, Biology Bulletin. V. 45. № 5, pp. 505-511.

24. Konstantinov A.S. (1986) Obshaya gidrobiologiya [General Hydrobiology]. Moscow, pp.289.

25. Radovan Hynek, Stepanka Kuckova, Pavel Cejnar, Rock Junkova, Ivo Prikryl, Jana Rihova Ambrozov (2018) Identification of freshwater zooplankton species using protein profiling and principal component analysis, Association for the Sciences of Limnology and Oceanography, Prague, P.Six.

26. Anita A.C. (2018) Pearson and Ian C. Duggan* A global review of zooplankton species in freshwater aquaculture ponds: what are the risks for invasion?. Invasiveness Review, Hamilton, P.Twelve.

Н.Ш. Мамилов , Ж.И. Ургенишбаева ,
М.Т. Турсынали 

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
*e-mail: mamilov@gmail.com

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИКИХ ПОПУЛЯЦИЙ И КУЛЬТУРНЫХ СТАД РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ *ONCORHYNCHUS MYKISS* В ВОДОЕМАХ БАЛХАШСКОГО БАССЕЙНА

Радужная форель, или микижа *Oncorhynchus mykiss*, является одним из наиболее важных объектов аквакультуры и интродукции во всем мире. Для рационального использования и управления стадами лососевых рыб используются различные методы, из которых фенетический анализ является одним из наиболее простых, но эффективных. Авторами был проведен анализ изменчивости окраски (пятен) в популяциях форели из 1) озера Нижний Кольсай, произошедшей от культурной формы из хозяйств Европы; 2) из р.Копак, произошедшей от диких популяций Камчатки; 3) культивируемых в хозяйствах форели датского и польского происхождения. Приведены данные о частоте встречаемости различных фенотипов и доле редких морф, рассчитан показатель сходства популяций. Дендрограммы построены на основании показателя сходства методами полнокомплексного анализа (complete linkage) и невзвешенного парногруппового сходства (UPGMA). Выявлены значительные отличия форели из р.Кокпак от всех других исследованных форм и отсутствие изменчивости стаде форели польского происхождения. Полученные данные могут быть использованы для установления источников попадания радужной форели в новые водоемы и оценке риска для аборигенной икhtiофауны, а также дают предварительную оценку существующего генотипического разнообразия этого чужеродного вида.

Ключевые слова: радужная форель, *Oncorhynchus mykiss*, Балхашский бассейн, фенотип, изменчивость.

N.Sh. Mamilov, Zh.I. Urgenishbaeva, M.T. Tursynali
Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
*e-mail: mamilov@gmail.com

Phenotypical variability of wild populations and culture stock of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water bodies of the Balkhash basin

The rainbow trout, or mykiss *Oncorhynchus mykiss*, is one of the most important aquaculture and introduced species worldwide. For the rational use and management of salmon stocks, various methods are used, of which phenetic analysis is one of the simplest, but effective. The authors analyzed the variability of color (spots) in trout populations from 1) Lake Kolsay, which originated from a cultural form from farms in Europe; 2) from the Kopak River, which originated from the wild populations of Kamchatka; 3) farmed trout of Danish and Polish origin. Data on the frequency of occurrence of various phenotypes and the proportion of rare morphs are given, and the index of similarity of populations is calculated. The dendrograms were constructed based on the similarity score using the complete linkage and unweighted pair-group similarity (UPGMA) methods. Significant differences between the trout from the Kopak River and all other studied forms and the absence of variability in the stock of trout of Polish origin were revealed. The data obtained can be used to identify the sources of rainbow trout entering new water bodies and assess the risk for native ichthyofauna, as well as provide a preliminary assessment of the existing genotypic diversity of this alien species.

Key words: rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, Balkhash basin, phenotype, variability.

Н.Ш. Мамилов, Ж.И. Ургенишбаева, М.Т. Турсынали
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
*e-mail: mamilov@gmail.com

**Балқаш бассейнінің су айдындарындағы құбылмалы бахтақтың
Oncorhynchus mykiss жабайы популяциялары
мен мәдени табындарының фенотиптік өзгерістігі**

Құбылмалы бахтақ немесе микижа *Oncorhynchus mykiss* – қазіргі таңда әлемдегі ең маңызды аквакультара және индустриалдық нысандарының бірі. Албырт балықтарының табындарын ұтымды пайдалану және басқару үшін әртүрлі әдістер қолданылады, олардың ішінде фенетикалық талдау қарапайым, бірақ тиімді әдістердің бірі болып табылады. Авторлар құбылмалы бахтақ популяцияларындағы түстердің (дақтардың) өзгерістігіне талдау жүргізді 1) Төменгі Көлсай көліндегі Еуропа шаруашылықтарынан мәдени формадан шыққан табындар; 2) Қақпақ өзеніндегі Камчатканың жабайы популяциялары; 3) шаруашылықтарда өсірілген Дат және поляк тектес құбылмалы бахтақтарға. Әртүрлі құбылмалы бахтақтар дақтарының жиілігі және сирек кездесетін морфтардың үлесі туралы мәліметтер келтірілген, популяциялардың ұқсастық көрсеткіші есептелген. Дендрограммалар ұқсастық көрсеткіші негізінде толық кешенді талдау (толық сілтеме) және өлшенбеген жұптық топтық ұқсастық (UPGMA) әдістерімен құрылған. Қақпақ өзенінде құбылмалы бахтақтар балығы барлық басқа зерттелген формалардан айтарлықтай айырмашылықтары және поляк тектес құбылмалы бахтақ табынында өзгерістіктің болмауы анықталды. Нәтижелер құбылмалы бахтақ балығының жаңа су айдындарына ену көздерін анықтау және жергілікті ихтиофаунаның қаупін бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін және осы бөтен түрдің бар генотиптік әртүрлілігіне алдын ала баға береді.

Түйін сөздер: құбылмалы бахтақ, *Oncorhynchus mykiss*, Балқаш бассейні, фенотип, өзгерістік.

Введение

Рациональное управление биологическими ресурсами предполагает регулирование структуры диких популяций и культурных стад рыб [1, 2]. Прижизненная идентификация особей необходима для научных исследований и селекционной работы. Это особенно важно при изучении изменений биологических свойств особей в течение жизни. Молекулярно-генетические методы исследования не всегда могут быть применены для анализа больших выборок. Кроме того, они не позволяют быстро отличить искомую особь среди других. Для этого применяют различные типы меток – от примитивного подрезания лучей плавников до современных микрочипов и электронных передатчиков. Однако практика применения всех типов метки показала, что они могут оказывать воздействие на самих особей, меняя их биологические особенности [3]. В этом случае используют фены – дискретные морфологические признаки [4,5]. Фены отражают генетические особенности конкретных особей, а частота их проявления отражает генетическую структуру популяции и других групп осбей данного вида [6]. Поэтому в последнее десятилетие интерес к фенетике значительно вырос в связи с проблемами быстрого и эффективного решения задач управления дикими популяциями и куль-

турными стадами животных, а также необходимостью понимания адаптивных особенностей организмов и влияния окружающей среды на реализацию генетической информации [7].

Радужная форель, или микижа *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), является одним из важнейших объектов аквакультуры во всем мире [8-10]. В результате преднамеренной акклиматизации в водоемах Балкашского бассейна сформировалось несколько стад микижи: от диких производителей из рек Камчатки – в бассейне р.Текес [11], от культурных стад из рыбоводных хозяйств Чехословакии – в озерах Нижний и Средний Кольсай, смешанного происхождения от двух предыдущих популяций – в бассейне р.Чилик [12]. В настоящее время в хозяйствах Алматинской области также выращивается радужная форель из хозяйств Польши и Дании.

В качестве фенов лососевых рыб разными авторами используются признаки как внешней морфологии [13, 14], так и морфо-анатомические особенности: форма костей, цвет мышц и др. [15]. Для распознавания отдельных особей, стад и популяций различных лососевых рыб были использованы подробный морфометрический анализ [16, 17], автоматизированный анализ цвета кожи [18]. На примере атлантического лосося *Salmo salar* было показано, что расположение чёрных пятен на теле позволяет

идентифицировать отдельных особей в популяции [19].

Задачей проведенного нами исследования было изучение изменчивости формы и расположения черных пятен на теле в диких популяциях и культивируемых стадах радужной форели в Балкашском бассейне с целью поиска специфических групповых фенотипических маркеров.

Материалы и методики

Материал для исследования был собран в 2020-2022 гг в оз.Нижний Кольсай, р.Кокпак, хозяйствах “MG” и “TMTgroup”(рисунок 1). Для анализа брали только взрослых рыб из диких популяций. На хозяйствах методом случайной выборки анализировали рыб, достигших товарной массы. Для изучения особенностей окраски все тело рыб разделили на 5 участков (зон): I – голова, II – от головы до вертикали через начало спинного плавника, III – от начала спинного плавника до хвостового стебля, IV – хвостовой стебель и V – хвостовой плавник (рисунок 2).

Для количественной характеристики фенотипической изменчивости и сравнения популяций использовали предложенные Л.А.Животовским [20] критерии:

1) показатель внутривидового разнообразия μ дает оценку разнообразия в единицах «число морф». Максимально возможное значение его равно m -при одинаковой частоте всех морф. При неравномерности распределения частот морф $\mu < m$. При мономорфизме $\mu = 1$.

$$\mu = (\sqrt{p_1} + \sqrt{p_2} + \dots + \sqrt{p_m})^2$$

где p_1, p_2, p_m – частота встречаемости соответственно морфы 1, 2, m ;

2) показатель сходства популяций r является мерой попарного сходства популяций. Его можно интерпретировать как частоту общих морф в сравниваемых популяциях:

$$r = \sqrt{p_1 q_1} + \sqrt{p_2 q_2} + \dots + \sqrt{p_m q_m}$$

где p_1, p_2, p_m – частота встречаемости соответственно морфы 1, 2, m в первой популяции, q_1, q_2, q_m – частота встречаемости соответственно морфы 1, 2, m во второй популяции.

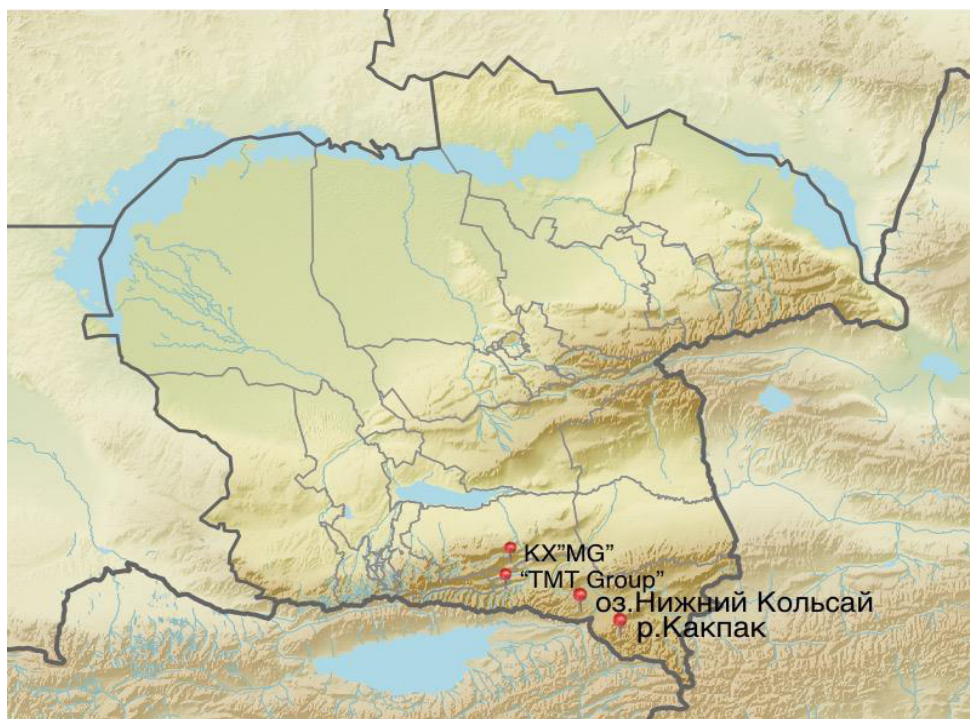


Рисунок 1 – Карта-схема Балкашского бассейна с указанием мест сбора материала

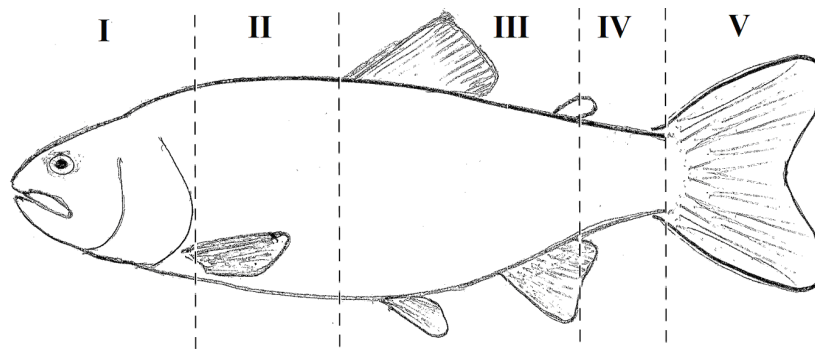


Рисунок 2 – Зоны для распознавания окраски микижи

Для визуализации полученных результатов строили дендрограммы сходства на основании показателя γ методами полнокомплексного анализа (*complete linkage*) и невзвешенного парногруппового сходства (UPGMA) с помощью программы PAST 4.07b.

Результаты и обсуждение

Всего было исследовано 2 диких и 2 культурных стада радужной форели, в которых вы-

явлены индивидуальные и групповые различия в окраске тела (таблица 1). Характерным признаком популяций форели из р.Кокпак и стада польского происхождения является небольшое количество мелких пятен на голове. У форели из оз.Нижний Кольсай и стада датского происхождения на голове много мелких пятен (рисунок 3). В стаде форели датского происхождения также есть две редкие морфы – с крупными пятнами на голове или сочетанием крупных и мелких пятен



Рисунок 3 – Окраска форели из оз. Нижний Кольсай

На участке тела от головы до вертикали через начало спинного плавника у всех популяций имеется много мелких пятен. Выборка из р.Кокпак, датское и польское стада являются мономорфными по этому признаку. У некоторых особей в выборке из озера Нижний Кольсай на этом участке тела также имеются крупные пятна.

По наличию и форме пятен на участке тела от начала спинного плавника до начала хвостового стебля мономорфным является только стадо форели польского происхождения. В выборках дикой форели из р.Кокпак и озера Нижний Кольсай преобладающей окраской является наличие большого числа мелких пятен, также есть особи сочетающие мелкие и крупные пятна. В датском

стаде форели наиболее распространенным является тип окраски, в котором сочетаются мелкие и крупные пятна.

По типу окраски хвостового стебля зоне мноморфными являются выборки дикой микижи из р.Кокпак и польского стада радужной форели: у всех рыб на хвостовом стебле много мелких пятен. Этот же тип окраски наиболее часто встречается у рыб из озера Нижний Кольсай, однако около примерно в 1/5 выборки на хвостовом стебле сочетаются мелкие и крупные пятна. Сочетание мелких и крупных пятен на хвостовом стебле характерно для форели датского про-

исхождения, в стаде которой также есть особи без пятен на хвостовом стебле.

По окраске хвостового плавника форель датского происхождения четко отличается от всех остальных выборок отсутствием большого числа мелких пятнышек. Вместо этого у нее отмечены несколько других вариантов окраски, не встречающиеся у форелей из р.Кокпак, озера Нижний Кольсай и польском стаде. У форелей датского происхождения наиболее часто встречается хвостовой плавник с поперечной полосой, также есть формы с редкими точками на лопастях или совсем без пятен.

Таблица 1 – Частота фенотипов окраски (p) и значения показателя внутривидового разнообразия (μ) в разных стадах микижи (взрослые)

Зоны	Состояния	Популяции (стада)			
		Р.Кокпак, n=15	Оз.Нижний Кольсай, n=13	Датская, n=70	Польская, n=100
I	Мало мелких пятен	1.000	0	0	1.000
	Много мелких пятен	0	1.000	0.957	0
	Крупные пятна	0	0	0.014	0
	Крупные и мелкие пятна	0	0	0.029	0
	μ	1.000	1.000	1.605	1.000
II	Много мелких пятен	1.000	0.714	1.000	1.000
	Мелкие и крупные пятна	0	0.286	0	0
	μ	1.000	1.904	1.000	1.000
III	Много мелких пятен	0.867	0.714	0.143	1.000
	Крупные и мелкие пятна	0.133	0.286	0.857	0
	μ	1.679	1.904	1.700	1.000
IV	Много мелких пятен	1.000	0.786	0	1.000
	Крупные и мелкие пятна	0	0.214	0.814	0
	Без пятен	0	0	0.186	0
	μ	1.000	1.821	1.778	1.000
V	Много мелких пятен	1.000	1.000	0	1.000
	Несколько точек на верхней лопасти	0	0	0.271	0
	Несколько точек ближе к основанию	0	0	0.229	0
	Полоса ближе к основанию плавника	0	0	0.429	0
	Без пятен	0	0	0.071	0
	μ	1.000	1.000	3.690	1.000

Среди всех исследованных выборок форель польского происхождения отличается полным отсутствием изменчивости состояний исследованных фенотипов и соответственно минимальными значениями показателей внутривидового разнообразия. Это может быть результатом низкого генетического разнообразия в результате длительной направленной селекции от небольшого числа производителей. С одной стороны, низкое генетическое разнообразие гарантирует высокую воспроизводимость основных производственных показателей этого стада рыб. Но, с другой стороны, такие рыбы могут оказаться менее устойчивыми к стрессу в меняющихся условиях выращивания.

Наибольшее разнообразие наблюдалось в датском стаде форели. Относительно небольшое разнообразие типов окраски у диких форелей из р.Кокпак и озера Нижний Кольсай, вероятно, обусловлено малым объемом выборок. Характерной особенностью популяции форели из оз.Нижний Кольсай является сочетание мелких и крупных пятен на боках на участке от головы до начала спинного плавника. Голова, передняя часть тела, хвостовой стебель и хвост микижи из р.Кокпак окрашены также, как у форели польского происхождения и большинства особей из озера Нижний Кольсай. Матрица сходства популяций представлена в таблице 2, построенные на их основании дендрограммы сходства – на рисунке 4.

Таблица 2 – Матрица попарного сравнения сходства популяций r (над и под диагональю указаны значения для соответствующих зон тела радужной форели)

Зоны	Популяции	Р. Кокпак	Оз. Нижний Кольсай	Датская	Польская
III	Р. Кокпак	1.000	0	0	1.000
	Нижний Кольсай	0.845	1.000	0.978	0
	Датская	1.000	0.845	1.000	0
	Польская	1.000	0.845	1.000	1.000
IV\III	Р. Кокпак	1.000	0.982	0.690	0.931
	Нижний Кольсай	0.886	1.000	0.814	0.845
	Датская	0	0	1.000	0.378
	Польская	1.000	0.886	0	1.000
По всем\V	Р. Кокпак	1.000	1.000	0	1.000
	Нижний Кольсай	0.053	1.000	0	1.000
	Датская	0.118	0.076	1.000	0
	Польская	0.041	0.056	0.145	1.000

Представленные на рисунке 4 результаты кластерного анализа показали обособленное положение микижи из р. Кокпак. Радужная форель из озера Нижний Кольсай оказывается ближе то с форелью польского происхождения, то с форелью датского происхождения в зависимости от выбранного способа объединения данных. Таким образом, несмотря на отсутствие уникальных типов окраски, по совокупности состояний фенотипов произошедшая от диких предков популя-

ция четко обособлена от всех групп, прошедших искусственную селекцию. Все культивируемые в Европе формы радужной форели берут свое начало от североамериканских производителей [8]. На основе анализа различных литературных источников M. Kottelat and J. Freyhof [21] не исключают видовую самостоятельность камчатских популяций микижи и североамериканских популяций радужной форели. Полученные нами данные согласуются с этим предположением.

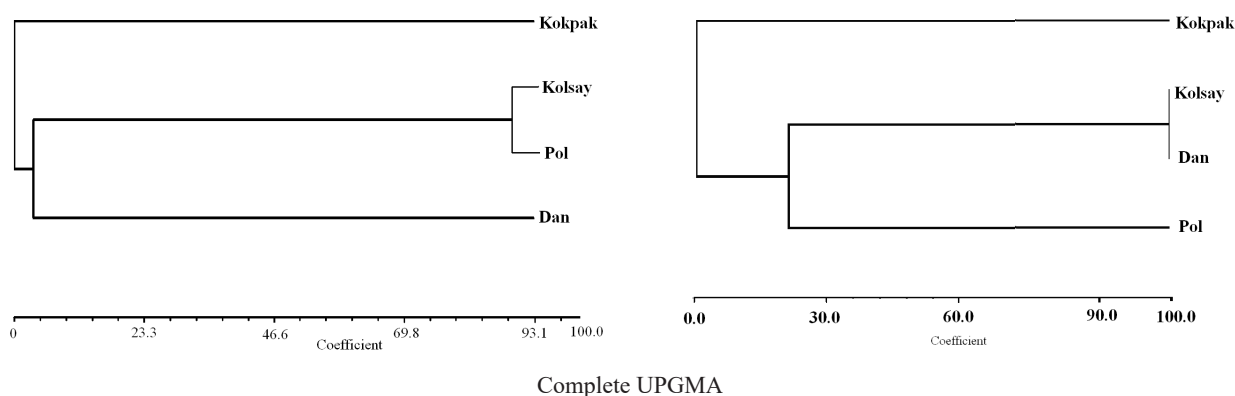


Рисунок 4 – Дендрограммы сходства радужной форели из разных выборок: слева – на основании полнокомплексного (complete) анализа, справа – невзвешенного парногруппового сходства (UPGMA). Используются сокращения Pol и Dan для форелей соответственно польского и датского происхождения.

Биологические инвазии в континентальных водоемах являются одной из основных угроз разнообразию аборигенной фауны и благополучию экосистем водоемов [22-24]. Стремительный рост интереса к разведению радужной форели в Казахстане неизбежно будет сопровождаться проникновением этого вида в естественные водоемы. Радужная форель относится к одному из наиболее агрессивных видов рыб-вселенцев. Во многих случаях ее появление приводило к негативной перестройке всей экосистемы водоема-реципиента [25-27]. Однако возможны нейтральные или положительные изменения, когда в результате интродукции без утраты естественного биологического разнообразия рыб увеличивались рыбопродуктивность и привлекательность водоемов для рыбаков-любителей [28]. Поскольку цитологический и молекулярно-генетический анализы недоступны сотрудникам природоохранных учреждений, фенетический анализ может помочь в установлении источников попадания радужной форели в новые водоемы и оценке риска для аборигенной ихтиофауны.

В связи с принятой Правительством Республики Казахстан программой развития рыбного хозяйства [29] в целях удовлетворения растущего спроса населения на рыбную продукцию выращивание форели в частных хозяйствах стало прибыльным. Однако собственное маточное стадо радужной форели отсутствует, поэтому посадочный материал завозится из стран дальнего зарубежья (Дания, Польша, Чехия, Турция). Зарубежные хозяйства представляют нам

исключительно стерильных триплоидных рыб. С одной стороны, эти рыбы обладают большим преимуществом в росте по сравнению с дикими и культивируемыми диплоидными рыбами. С другой стороны, они гарантируют поставщикам постоянный спрос на посадочный материал. Международный опыт показывает [30], что для обеспечения продовольственной безопасности необходимым является создание собственных племенных стад радужной форели в Республике Казахстан. Собственно для этой цели в 1960-1970-х годах и были сформированы популяции форели в Кольсайских озерах и бассейне р.Текес [12]. Проведенная нами работа позволяет дать предварительную оценку существующего генотипического разнообразия этого чужеродного вида.

Выводы

В результате проведенного исследования было установлено:

- 1 фенотипическая обособленность популяции микижи из р.Кокпак от других стад, имеющих в Балхашском бассейне;
- 2 большое сходство радужной форели из оз.Нижний Кольсай и стада датского происхождения;
- 3 существование значительных различий между польским и датским стадами микижи;
- 4 отсутствие изменчивости состояний исследованных фенотипов в стаде форели польского происхождения.

Литература

- 1 Развитие аквакультуры. 3. Управление генетическими ресурсами. Теническое руководство ФАО по ответственному рыбному хозяйству. No. 5, Приложение 3. – Рим: FAO, 2010. – 154 с.
- 2 Strengthening sector policies for better food security and nutrition results: fisheries and aquaculture. Policy Guidance Note 1. – Rome: FAO & EU. 2016. – 44 p.
- 3 Bégout, M. L., Kadri, S., Huntingford, F., Damsgerd, B. Tools for studying the behaviour of farmed fish. In: Aquaculture and Behavior (Huntingford, F., Jobling, M. & Kadri, S., eds), Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. – P. 65–86.
- 4 Мина М.В., Савваитова К.А., Новиков Г.Г. Выявление специфики популяционной структуры при комплексном исследовании вида у рыб// Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. Часть 2. – Вильнюс: Мокслас, 1976. –С.123-130
- 5 Артамонова В.С., Махров А.А. Генетические методы в лососеводстве и форелеводстве: от традиционной селекции до нанобиотехнологий. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2015. 128 с.
- 6 Яблоков А.В. Популяционная биология. – М.: Высшая школа, 1987. – 303 с.
- 7 Morange M. How phenotypic plasticity made its way into molecular biology // J. Biosci. – 2009: 34
- 8 MacCrimmon, H.R. World Distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // Journal of Fisheries Research Board of Canada – 1971. – V.28. – P.663-704
- 9 Heen K., Monahan R.L., Utter F. Salmon aquaculture – John Wiley & Sons, New York, 1994. – 278 p.
- 10 Cowx, I. G. *Oncorhynchus mykiss*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Fisheries and Aquaculture Division – Rome; FAO, 2022. – 34 p.
- 11 Бирюков Ю.А. *Salmo mykiss* Walbaum – микижа// Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: ГЫЛЫМ, 1992. – Т.5. – С.119-125.
- 12 Сидорова А.Ф. *Salmo gairdneri* Richardson – радужная форель, жилая форма стальноголового лосося//Рыбы Казахстана. – Алма-Ата: ГЫЛЫМ, 1992. – Т.5. С.56-119.
- 13 Alekseyev S.S., Samusenok V.P., Matveev A.N., Pichugin M. Yu. Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* complex, in Transbaikalia // Environmental Biology of Fishes. – 2002. – V.64. – P.97–114.
- 14 Животовский Л. А., Ким Х. Ю. Морфологические маркеры пола у горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) // Вопросы ихтиологии. 2015. Т. 55. № 1. с. 107-109.
- 15 Ahmed R.O., Ali A., Al-Tobasei R., Leeds T., Kenney B., Salem M. Weighted single-step GWAS identifies genes influencing fillet color in rainbow trout., *Genes* 2022, 13, 1331. doi.org/10.3390/genes13081331
- 16 Keeley, E.R.; Parkinson, E.A.; Taylor, E.B. Ecotypic differentiation of native rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) populations from British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2005, 62: 1523–1539. doi: 10.1139/F05-062
- 17 Winans G.A., Baird M.C. A genetic and phenetic baseline before the recolonization of steelhead above Howard Hanson Dam, Green River, Washington// *North American Journal of Fisheries Management.* – 2010. – V.30. – P.742–756. DOI: 10.1577/M09-119.1
- 18 Colihueque N. Genetics of skin pigmentation: clues and prospects for improving the external appearance of farmed salmonids// *Reviews in Fish Biology and Fisheries.* – 2010. – V.20. –P.:71–86. DOI doi.org/10.1007/s11160-009-9121-6
- 19 Stien L. H., Nilsson J., Bui S., Fosseidengen J. E., Kristiansen T. S., Øverli Ø., Folkedal O. Consistent melanophore spot patterns allow long-term individual recognition of Atlantic salmon *Salmo salar*// *Journal of Fish Biology.* – 2017. – V.91. – P.1699–1712 doi:10.1111/jfb.13491
- 20 Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам// Фенетика популяций: По материалам 2 Всесоюзного совещания по фенетике популяций – М.: Наука. 1982. – С. 40-44
- 21 Kottelat, M., Freyhof, J. *Handbook of European Freshwater Fishes.* – Kottelat, Cornol, Switzerland and Feyhof, Berlin, Germany. 2007. – 646 p.
- 22 Harrison, I.; Abell, R.; Darwall, W.; Thieme, M.L.; Tickner, D.; Timboe, I. The freshwater biodiversity crisis// *Science.* – 2018. – V.362:6421, 1369. doi:10.1126/science.aav9242
- 23 Toussaint A., Charpin N., Beauchard O., Grenouillet G., Oberdorff T., Tedesco P.A., Brosse S., Villéger S. Non-native species led to marked shifts in functional diversity of the world freshwater fish faunas// *Ecology Letters.* – 2018. – V.21. – P.1649–1659. doi: 10.1111/ele.13141
- 24 Van, Rees C.B.; Waylen, K.A.; Schmidt-Kloiber, A.; Thackeray, S.J.; Kalinkat, G.; Martens, K.; Domisch, S.; Lillebø, A.I.; Hermoso, V.; Grossart, H.-P.; Schinegger, R.; Decler, K.; Adriaens, T.; Denys, L.; Jarić, I.; Janse, J.H.; Monaghan, M.T.; De Wever, A.; Geijzenborffer, I.; Adamescu, M.C.; Jähnig, S.C. Safeguarding freshwater life beyond 2020: Recommendations for the new global biodiversity framework from the European experience// *Conservation Letters* – 2021, 14:e12771, 1-17. DOI:10.1111/conl.12771
- 25 Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. 100 of the world’s worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database. – Auckland: Invasive species specialist group. 2004. – 12 p.
- 26 Crawford S.S., Muir A.M. Global introductions of salmon and trout in the genus *Oncorhynchus*: 1870–2007 // *Rev. Fish. Biol. Fisheries.* 2008. 18. 313–344.; Stanković D., Crivelli A.J., Snoj A. Rainbow Trout in Europe: Introduction, Naturalization, and Impacts // *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture.* 2015. 23. 39–71

- 27 Stanković D., Crivelli A.J., Snoj A. Rainbow Trout in Europe: Introduction, Naturalization, and Impacts // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. – 2015. 23. 39–71
- 28 McDowall, R. M. Crying wolf, crying foul, or crying shame: alien salmonids and a biodiversity crisis in the southern cool-temperate galaxioid fishes? // Rev. Fish. Biol. Fisheries. – 2006, 16:233–422. DOI 10.1007/s11160-006-9017-7
- 29 Программа развития рыбного хозяйства на 2021–2030 годы. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 5 апреля 2021 года № 208.
- 30 Богерук А.К. Мировая аквакультура: опыт для России. – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2010. – 364 с.

References

- 1 Ahmed R.O., Ali A., Al-Tobasei R., Leeds T., Kenney B., Salem M. Weighted single-step GWAS identifies genes influencing fillet color in rainbow trout., *Genes* 2022, 13, 1331. doi.org/10.3390/genes13081331
- 2 Alekseyev S.S., Samusenok V.P., Matveev A.N., Pichugin M.Yu. Diversification, sympatric speciation, and trophic polymorphism of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* complex, in Transbaikalia // *Environmental Biology of Fishes*. – 2002. – V.64. – P.97–114.
- 3 Artamonova V.S., Mahrov A.A. Geneticheskie metody v lososevodstve i forelevodstve: ot tradicionnoj selekcii do nanobiotekhnologij. M.: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK. 2015. 128 s.
- 4 Bégout, M. L., Kadri, S., Huntingford, F., Damsgerd, B. Tools for studying the behaviour of farmed fish. In: *Aquaculture and Behavior* (Huntingford, F., Jobling, M. & Kadri, S., eds), Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. - R. 65–86.
- 5 Biryukov YU.A. *Salmo mykiss* Walbaum – mikizha // *Ryby Kazahstana*. – Alma-Ata: Gylym, 1992. – T.5. – S.119-125.
- 6 Bogeruk A.K. *Mirovaya akvakul'tura: opyt dlya Rossii*. - M.: FGNU Rosinformagrotekh, 2010. - 364 s.
- 7 Colihueque N. Genetics of skin pigmentation: clues and prospects for improving the external appearance of farmed salmonids // *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. – 2010. – V.20. – P.:71–86. DOI doi.org/10.1007/s11160-009-9121-6
- 8 Cowx, I. G. *Oncorhynchus mykiss*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Fisheries and Aquaculture Division - Rome; FAO, 2022. – 34 p.
- 9 Crawford S.S., Muir A.M. Global introductions of salmon and trout in the genus *Oncorhynchus*: 1870–2007 // *Rev. Fish. Biol. Fisheries*. 2008. 18. 313–344.; Stanković D., Crivelli A.J., Snoj A. Rainbow Trout in Europe: Introduction, Naturalization, and Impacts // *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2015. 23. 39–71
- 10 Harrison, I.; Abell, R.; Darwall, W.; Thieme, M.L.; Tickner, D.; Timboe, I. The freshwater biodiversity crisis // *Science*. – 2018. – V.362:6421, 1369. doi:10.1126/science.aav9242
- 11 Heen K., Monahan R.L., Utter F. *Salmon aquaculture* - John Wiley & Sons, New York, 1994. - 278 p.
- 12 Keeley, E.R.; Parkinson, E.A.; Taylor, E.B. Ecotypic differentiation of native rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) populations from British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2005, 62: 1523–1539. doi: 10.1139/F05-062
- 13 Kottelat, M., Freyhof, J. *Handbook of European Freshwater Fishes*. - Kottelat, Cornol, Switzerland and Feyhof, Berlin, Germany. 2007. - 646 p.
- 14 Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database. - Auckland: Invasive species specialist group. 2004. - 12 p.
- 15 MacCrimmon, H.R. World Distribution of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // *Journal of Fisheries Research Board of Canada* - 1971. – V.28. – P.663-704
- 16 McDowall, R. M. Crying wolf, crying foul, or crying shame: alien salmonids and a biodiversity crisis in the southern cool-temperate galaxioid fishes? // *Rev. Fish. Biol. Fisheries*. - 2006, 16:233–422. DOI 10.1007/s11160-006-9017-7
- 17 Mina M.V., Savvaitova K.A., Novikov G.G. Vyyavlenie specifiki populyacionnoj struktury pri kompleksnom issledovanii vida u ryb // *Tipovye metodiki issledovaniya produktivnosti vidov ryb v predelakh ih arealov*. CHast' 2. – Vil'nyus: Mokslas, 1976. -S.123-130
- 18 Morange M. How phenotypic plasticity made its way into molecular biology // *J. Biosci.* - 2009: 34
- 19 Programma razvitiya rybnogo hozyajstva na 2021-2030 gody. Utverzhdena postanovleniem Pravitel'stva Respubliki Kazahstan ot 5 aprelya 2021 goda № 208.
- 20 Razvitie akvakul'tury. 3. Upravlenie geneticheskimi resursami. Tenicheskoe rukovodstvo FAO po otvetstvennomu rybnomu hozyajstvu. No. 5, Prilozhenie 3. – Rim: FAO, 2010. - 154 s.
- 21 Sidorova A.F. *Salmo gairdneri* Richardson – raduzhnaya forel', zhilaya forma stal'nogolovogo lososya // *Ryby Kazahstana*. – Alma-Ata: Gylym, 1992. – T.5. S.56-119.
- 22 Stanković D., Crivelli A.J., Snoj A. Rainbow Trout in Europe: Introduction, Naturalization, and Impacts // *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. - 2015. 23. 39–71
- 23 Stien L. H., Nilsson J., Bui S., Fosseidengen J. E., Kristiansen T. S., Øverli Ø., Folkedal O. Consistent melanophore spot patterns allow long-term individual recognition of Atlantic salmon *Salmo salar* // *Journal of Fish Biology*. – 2017. – V.91. – P.1699–1712 doi:10.1111/jfb.13491
- 24 Strengthening sector policies for better food security and nutrition results: fisheries and aquaculture. Policy Guidance Note 1. – Rome: FAO & EU. 2016. – 44 r.

25 Toussaint A., Charpin N., Beauchard O., Grenouillet G., Oberdorff T., Tedesco P.A., Brosse S., Villéger S. Non-native species led to marked shifts in functional diversity of the world freshwater fish faunas// *Ecology Letters*. – 2018. – V.21. – P.1649–1659. doi: 10.1111/ele.13141

26 Van, Rees C.B.; Waylen, K.A.; Schmidt-Kloiber, A.; Thackeray, S.J.; Kalinkat, G.; Martens, K.; Domisch, S.; Lillebø, A.I.; Hermoso, V.; Grossart, H.-P.; Schinegger, R.; Decler, K.; Adriaens, T.; Denys, L.; Jarić, I.; Janse, J.H.; Monaghan, M.T.; De Wever, A.; Geijzenborffer, I.; Adamescu, M.C.; Jähnig, S.C. Safeguarding freshwater life beyond 2020: Recommendations for the new global biodiversity framework from the European experience// *Conservation Letters* - 2021, 14:e12771, 1-17. DOI:10.1111/conl.12771

27 Winans G.A., Baird M.C. A genetic and phenetic baseline before the recolonization of steelhead above Howard Hanson Dam, Green River, Washington// *North American Journal of Fisheries Management*. - 2010. – V.30. – P.742–756. DOI: 10.1577/M09-119.1

28 Yablokov A.V. *Populyacionnaya biologiya*. – M.: Vysshaya shkola, 1987. – 303 s.

29 ZHivotovskij L. A., Kim H. YU. Morfologicheskie markery pola u gorbushi *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) // *Voprosy ihtiologii*. 2015. T. 55. № 1. s. 107-109.

30 ZHivotovskij L.A. Pokazateli populyacionnoj izmenchivosti po polimorfnyh priznakam// *Fenetika populyacij: Po materialam 2 Vsesoyuznogo soveshchaniya po fenetike populyacij* - M.: Nauka. 1982. - S. 40-44

Г.С. Ибраева 

Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
e-mail: mira_75kz@mail.ru

ПЕРВОЕ ОПИСАНИЕ ПЯТНИСТОГО ГУБАЧА *TRIPLOPHYSA STRAUCHII* ИЗ КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА РЕКИ СЫРДАРЬИ

Впервые приводятся сведения о морфологической изменчивости и состояния популяции пятнистого губача *Triplophysa staruchii* в реке Шаян (Сырдарьинский бассейн). Морфобиологический анализ проведен по стандартной схеме с некоторыми дополнениями. Исследована изменчивость 44 пластических и 16 счетных признаков, размерно-весовых показателей и упитанности во времени. Статистическая обработка проведена унивариантным методом и с помощью анализа главных компонент. На основе анализа внешних морфологических признаков и строения пищеварительной системы установлено, что исследованные рыбы из р.Шаян относятся к виду пятнистый губач *Triplophysa strauchii* (Kessler, 1874). Выборки разных лет представлены разноразмерными особями, что свидетельствует о достаточных условиях для воспроизводства и выживания. В 2013 и 2020 годах произошло ухудшение условий питания, что привело к уменьшению размеров, снижению запасов полостного жира и коэффициентов упитанности. Однако индивидуальные значения показателей упитанности сильно различаются, что может указывать на внутривидовую конкуренцию за объекты питания. Небольшие значения коэффициента асимметрии (КА) указывают на устойчивость индивидуального развития. Наиболее вероятной причиной сокращения численности пятнистого губача в 2022 году является то, что летом она может быть сухой из-за значительного снижения уровня воды и повышения температуры воды. Годовые колебания количества осадков также характерны для естественного ареала, поэтому высока вероятность выживания пятнистого губача в реке Шаян.

Ключевые слова: пятнистый губач, *Triplophysa strauchii*, морфология, биология, изменчивость, чужеродный, Сырдарьинский бассейн.

G.S. Ibrayeva

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
e-mail: mira_75kz@mail.ru

The first description of the spotted sponge *Triplophysa strauchii* from the Kazakh part of the Syrdarya River basin

For the first time, information is provided on the morphological variability and state of the population of the spotted thicklip loach *Triplophysa staruchii* (Kessler, 1874) in the Shayan River (Syrdarya basin). Morphobiological analysis was carried out according to the standard scheme with some additions. The variability of 44 plastic and 16 counting signs, size-weight indicators and fatness over time was studied. Statistical processing is carried out by the univariate method and using the analysis of the main components. Based on the analysis of external morphological features and the structure of the digestive system, it was found that the studied fish from the Shayan river belong to the species spotted thicklip loach. Samples of different years are represented by different-sized individuals, which indicates sufficient conditions for reproduction and survival. In 2013 and 2020, there was a deterioration in nutritional conditions, which led to a decrease in size, a decrease in the reserves of abdominal fat and fatness coefficients. However, individual values of fatness indicators vary greatly, which may indicate intraspecific competition for food items. Small values of the coefficient of asymmetry (KA) indicate the stability of individual development. The most likely reason for the decline in the number of spotted thicklip loach in 2022 is that it may be dry in summer due to a significant decrease in water level and an increase in water temperature. Annual fluctuations in precipitation are also characteristic of the natural range, so the probability of survival of the spotted thicklip loach in the Shayan River seems to be high.

Key words: spotted thicklip loach, *Triplophysa strauchii*, morphology, biology, variability, alien, Syrdarya basin.

Г.С. Ибраева

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
e-mail: mira_75kz@mail.ru**Сырдария өзені бассейнінің Қазақстан бөлігіндегі теңбіл талма балығының
Triplophysa trauchii алғашқы сипаттамасы**

Алғаш рет Шаян өзеніндегі (Сырдария бассейні) *Triplophysa staruchii* теңбіл талма балығының морфологиялық өзгергіштігі мен популяциясының жағдайы туралы мәліметтер келтірілді. Морфобиологиялық талдау кейбір толықтырулармен стандартты схема бойынша жүргізіледі. 44 пластикалық және 16 санау белгілерінің өзгергіштігі, өлшем-салмақ көрсеткіштері және уақыт бойынша қондылығы зерттелді. Статистикалық өңдеу әмбебап әдіспен және негізгі компоненттерді талдау арқылы жүзеге асырылды. Сыртқы морфологиялық белгілерді және ас қорыту жүйесінің құрылымын талдау негізінде Шаян өзенінен зерттелген балықтар *Triplophysa trauchii* (Кесслер, 1874) түріне жататындығы анықталған. Әр түрлі жылдардағы үлгілер әртүрлі мөлшердегі дарақтармен ұсынылған, бұл көбею мен тіршілік ету үшін жеткілікті жағдайларды көрсетеді. 2013 және 2020 жылдары қоректену жағдайының нашарлауы орын алды, бұл мөлшердің азаюына, қуыс майының азаюына және қоректену коэффициенттеріне әкелді. Дегенмен, қоректену көрсеткіштерінің жеке мәндері айтарлықтай өзгереді, бұл қоректену объектілері үшін түршілік бәсекелестікті көрсетуі мүмкін. Асимметрия коэффициентінің (КА) шамалы мәндері жеке дамудың тұрақтылығын көрсетеді. 2022 жылы теңбіл тарақ балығының азаюының ең ықтимал себебі – ол су деңгейінің айтарлықтай төмендеуі мен судың температурасының жоғарылауы есебінен жаз мезгілінде құрғақшылықтың орын алу есебінен болуы мүмкін. Жауын-шашынның жылдық ауытқуы табиғи диапазонына да тән, сондықтан оның Шаян өзенінде теңбіл тарақ балығының тіршілік ету ықтималдығы жоғары болады.

Түйін сөздер: теңбіл талма балығы, *Triplophysa trauchii*, морфология, биология, өзгергіштік, бөтен, Сырдария бассейні.

Введение

Семейство усатые гольцы *Nemacheilidae* (отряд *Supriniformes*) являются одним из самых богатых по числу видов рыб в водоемах Азии [1-4]. Большинство видов не имеет промыслового значения, но они часто многочисленны в водоемах Республики Казахстан [1]. Следовательно, гольцы могут играть важную роль в поддержании нормального функционирования экосистем водоемов.

Внешний вид рыб зависит от условий окружающей среды гораздо больше, чем у большинства других видов животных [5-6]. Поэтому изучение изменчивости рыб стало неотъемлемой частью биоиндикации состояния водоемов [7-8]. Для оценки состояния популяций рыб важными показателями являются размеры, масса и упитанность рыб, а также соотношение полов. Способность рыб постоянно обитать в характерных для них биотопах, достигать соответствующих каждому виду крупных размеров и воспроизводиться характеризует их выживаемость в различных условиях обитания [9-10]. Водные экосистемы Сырдарьинского бассейна испытывают повышенную антропогенную нагрузку [11-13], поэтому мониторинг популяций рыб из водоемов

бассейна имеет большой научный и практический интерес.

Целью проведенной работы являлась оценка морфологической изменчивости и состояния популяции пятнистого губача *Triplophysa trauchii* в р.Шаян.

Материалы и методики

Сбор материалов производили в период с 2013 по 2022 гг. Для отлова рыб использовались мелкоячейный бредень и рыболовные сачки различной конструкции с ячейей 3-5 мм. Рыбу фиксировали в формалине и дальнейшую обработку проводили в лаборатории. Таксономические названия рыб даны в соответствие с международной ихтиологической базой данных [4].

Биологический и морфологический анализ рыб проводили по общепринятым в ихтиологии схемам [14-15]. Для обозначения морфометрических признаков использованы распространенные в ихтиологических работах символы: расстояние до спинного плавника (aD), постдорсальное расстояние (pD), расстояние до анального плавника (aA), расстояние до брюшного плавника (aV), расстояние до грудного плавника (aP), расстояние между грудными и брюшными плавниками (P-V), расстояние между брюшными и анальным

плавниками (V-A), длина хвостового стебля (lca), наибольшая высота тела (H), наименьшая высота тела (h), длина головы (с), длина рыла (ao), диаметр глаза горизонтальный (o), диаметр глаза вертикальный (ov), заглазничное расстояние (op), длина нижней челюсти (md), длина верхней челюсти (mx), ширина верхней челюсти (h mx), высота головы через глаз (hco), высота головы у затылка (hc), ширина головы в области глаз (wo), ширина головы у затылка (wc), межглазничное расстояние (io), длина лобных костей (front), длина теменных костей (temp), длина этмоида (lethm), общая ширина левого и правого этмо-

идов (hetm), ширина рта (wm), длина спинного плавника (lD), высота спинного плавника (hD), длина анального плавника (lA), высота анального плавника (hA), длина грудных плавников (lP), длина брюшных плавников (lV), длина верхней лопасти хвоста (Cs), длина средних лучей хвоста (Cm), **длина нижней лопасти хвоста (Ci)**; **число неветвистых лучей в спинном плавнике (Dr)**, число ветвистых лучей в спинном плавнике (Ds), в анальном плавнике – соответственно (Ar) и (As), **число лучей в грудных и брюшных плавниках – соответственно (P) и (Vi)**, число жаберных тычинок – Sp.br., позвонков (Vert.).



Рисунок 1 – Карта с указанием района исследований

Для оценку состояния рыб использовали морфопатологический анализ и анализ флуктуирующей асимметрии [16-18].

Статистическую обработку данных проводили согласно руководствам Г.Ф.Лакина [18] и Press W.H. et al. [19.], **используя компьютерную программу Excel**. Внутрипопуляционное разнообразие оценивали с помощью методов многомерного статистического анализа (метод главных компонент) согласно руководствам [19-20], используя пакет компьютерных программ “NTSYSpc” версия 2.02.

Результаты и обсуждение

Пятнистый губач был обнаружен в выборках из р.Шаян 2013, 2015, 2017 и 2020 годов. В 2022 г. этот вид в р.Шаян не обнаружен. Исследованные рыбы имели типичную для усатых гольцов веретенообразную форму тела с немного уплощенным брюхом (рисунок 2). Хвостовой стебель на поперечном срезе овальный. Кожа голая (без чешуи). Общй фон окраски от светло-желтого до почти коричневого. На спине и боках крупные тёмно – серые или

черные пятна неправильной формы, не образующие какого-либо закономерного рисунка. На спинном, хвостовом и грудных плавниках ряды из мелких черных или бурых пятнышек. Рот нижний, окружен мясистыми губами. Верхняя челюсть без зубовидного отростка. Вокруг рта расположены три пары усиков. Передние и задние отверстия ноздрей сближены. Хвостовой плавник с заметной выемкой, верхняя лопасть заметно длиннее нижней. Задний край спинного и анального плавников слабо выемчатые или прямые. Плавательный пузырь состоит из двух частей: передняя (правая и левая) заключена в костную капсулу, задняя свободная и по размеру не менее заключенной в костную капсулу части. В выборках разных лет из р.Шаян обнаружены две формы расположения петель кишечника (рис. 3). Подобные формы расположения кишечника характерны для пятнистого губача [21-23]. По совокупности признаков исследованные нами гольцы из р.Шаян явно отличаются от описанных для этой части бассейна р.Сырдарьи тибетского *Triplophysa stolickai*

(Steindachner 1866), таласского *T.conipectera* (Turdakov, 1954) и серого *T.dorsalis* (Kessler, 1872) гольцов и гольца Кушакевича *Iskandaria kushakewitschi* (Herzenstein 1890). Таким образом, по внешнему виду и анатомическим особенностям исследованные нами гольцы однозначно относятся к виду пятнистый губач *Triplophysa strauchii* (Kessler, 1874).

Ранее для казахстанской части бассейна р.Сырдарьи пятнистый губач не указывался, несмотря на неоднократные исследования этой части бассейна в прошлом веке [Берг, 1905; 1, 24-25]. Впервые об обнаружении пятнистого губача в результате завоза молоди карпа из Алма-Атинского рыбхоза в рыбхоз «Дамаци» в бассейне р.Сырдарьи сообщил Г.К.Камилов [26]. На территории Республики Узбекистан пятнистый губач дал вспышку численности и проник в средние участки рек Чирчик, Ахангаран и канал Боз-Су, где успешно натурализовался [27]. Никаких сведений о морфологии, позволяющих идентифицировать вселенный вид в данных работах не приводится.



Рисунок 2 – Пятнистый губач *Triplophysa strauchii* из р.Шаян, длина тела SL = 102 мм



Пятнистый губач, L=103мм; lкишечника=85мм (2013 г.)



Пятнистый губач, L=101мм; lкишечника=116мм (2015 г.)

Рисунок 3 – Две формы расположения кишечника у пятнистого губача из р. Шаян

Пластические признаки исследованной выборки пятнистого губача из р.Шаян представлены в таблице 1. Изменчивость большинства изученных пластических признаков находится в установленных ранее пределах ва-

рирования [28]. В выборке 2017 г. есть рыбы с удлинённым хвостовым стеблем и соответственно увеличенным постдорсальным расстоянием. В той же выборке есть особь с удлинённым основанием спинного плавника. Выявлена

положительная корреляция между постдорсальным расстоянием и положением анального плавника ($r=0.754$), между положением спинного и брюшных плавников и длиной нижней челюсти ($r=0.738$ и $r=0.918$ соответственно). С увеличением размеров головы пропорционально увеличиваются диаметр глаза и заглазнич-

ное расстояние. Между счетными признаками достоверной корреляции не обнаружено. Внешние морфологические показатели в выборках разных лет варьируют в широких пределах, что может быть результатом реализации различных жизненных стратегий в условиях гетерогенной среды обитания.

Таблица 1 – Пластические признаки пятнистого губача из р. Шаян

Признаки	2013 г., n=9			2015 г., n=14			2017г., n= 25			2020г., n=3		
	min	max	M	min	max	M	min	max	M	min	max	M
в % от стандартной длины												
aD	49.3	53.7	52.2	45.9	56.2	52.4	43.6	53.7	49.5	50.0	53.7	51.2
aP	22.4	25.4	23.8	20.8	24.7	23.4	19.2	28.0	23.3	19.4	27.8	23.4
aV	50.7	55.1	53.1	50.6	56.2	53.7	46.2	55.7	51.7	47.2	51.4	49.5
aA	68.8	73.2	71.1	66.0	72.6	70.4	62.8	72.9	68.8	63.9	70.4	67.7
pD	31.0	39.1	36.1	33.3	41.9	37.7	33.3	43.6	38.9	35.1	37.0	36.1
lca	19.0	22.7	20.6	18.9	23.4	21.1	14.7	25.4	21.5	19.4	22.2	21.1
c	21.8	26.9	24.0	21.6	24.7	23.3	20.0	25.8	23.9	22.2	25.9	23.7
ao	9.5	11.2	10.2	8.9	12.0	10.7	8.9	10.7	9.8	8.3	12.2	10.0
oh	3.8	6.0	4.9	3.7	6.3	4.8	4.3	7.3	5.5	5.1	5.7	5.5
ov	4.6	7.5	5.6	4.3	6.9	5.7	5.0	7.4	6.4	5.4	8.3	7.0
op	7.1	11.9	10.7	8.6	12.2	10.5	10.0	13.2	11.7	10.7	13.0	11.6
mx	7.9	10.4	9.4	7.3	11.0	8.9	6.7	12.0	8.8	8.3	9.3	8.9
md	5.6	10.1	6.6	4.9	7.2	5.9	4.1	8.3	6.3	5.6	6.1	5.8
io	6.3	11.8	8.2	5.5	8.1	7.2	5.1	7.7	6.5	6.7	11.1	8.2
hco	10.1	13.4	11.1	9.5	11.9	10.8	7.7	12.0	10.8	10.8	13.9	11.9
hc	11.3	15.8	13.4	12.1	14.6	13.3	12.1	15.5	13.5	12.2	14.8	13.6
H	14.9	17.9	16.3	15.0	19.7	17.6	14.0	19.0	16.0	13.5	16.7	15.6
hca	6.3	8.6	7.6	6.7	8.6	7.8	6.4	9.1	7.2	6.8	8.3	7.5
h	4.8	7.2	5.9	5.3	7.3	6.4	4.7	6.3	5.5	3.7	5.6	4.9
ID	12.4	15.9	14.1	11.3	15.1	13.3	10.2	17.0	13.2	12.5	14.8	13.6
hD	17.9	25.4	21.4	19.4	23.0	21.2	17.9	24.4	21.4	18.2	24.1	21.5
lA	7.3	10.4	8.8	6.9	10.8	8.8	6.4	14.1	9.5	7.2	9.4	8.6
hA	13.5	17.9	15.4	14.9	17.7	16.4	10.3	19.0	16.8	15.1	18.9	17.5
lP	15.1	21.2	17.9	16.9	21.1	18.7	14.3	21.1	18.4	20.3	25.0	21.9
lV	14.1	19.4	16.3	15.3	19.3	16.9	13.6	21.4	15.4	13.5	18.9	17.0
Cs	17.9	22.4	20.5	18.8	24.1	21.8	18.5	24.4	20.9	18.1	24.1	21.5
Ci	14.9	19.0	17.6	17.4	22.7	20.5	15.7	22.2	18.8	15.1	23.1	18.3
Cm	14.2	16.8	16.0	15.3	20.7	17.8	12.1	20.0	16.0	13.9	18.0	15.4
PV	26.9	32.7	31.2	28.9	34.5	31.7	25.6	33.3	30.9	19.4	29.7	25.2
VA	15.9	21.2	18.4	16.9	19.5	17.9	16.0	21.9	18.6	14.2	19.4	17.4
front	5.2	8.7	6.5	5.3	9.0	6.5	6.3	9.3	7.8	6.8	8.3	7.3
temp	5.7	8.7	7.2	5.7	7.9	6.9	5.2	10.9	8.0	6.8	9.7	8.6

Продолжение таблицы

Признаки	2013 г., n=9			2015 г., n=14			2017г., n= 25			2020г., n=3		
	min	max	М	min	max	М	min	max	М	min	max	М
Кишечника	95.7	101.2	98.8	99.2	143.1	130.5	107.8	128.6	114.6	95.9	141.7	118.8
в % от длины головы												
ao	37.5	45.0	42.5	41.3	50.0	45.7	34.5	49.4	41.2	37.5	47.1	41.9
oh	15.8	25.0	20.5	15.0	27.4	20.6	18.2	30.0	23.2	22.1	25.0	23.2
ov	20.2	31.3	23.2	18.5	30.8	24.6	22.2	30.8	26.6	23.5	37.5	29.6
op	28.1	50.0	44.7	37.2	50.0	45.2	41.7	56.0	49.0	46.5	50.0	48.8
mx	31.3	43.8	39.4	30.0	45.0	37.9	25.9	48.9	37.0	35.7	40.0	37.7
md	23.5	46.6	27.9	21.0	30.0	25.3	17.0	37.0	26.6	23.6	25.0	24.4
io	25.0	50.0	34.5	23.0	35.0	31.0	21.9	31.2	27.3	25.7	50.0	35.0
hco	41.2	52.6	46.5	42.3	50.0	46.4	30.0	51.9	45.2	42.9	62.5	50.8
hc	51.8	63.2	55.7	50.0	63.0	57.0	52.5	66.0	56.7	52.9	62.5	57.5
front	22.0	35.3	27.3	22.2	37.5	28.0	26.2	40.0	32.9	26.4	37.5	31.1
temp	24.6	35.3	30.0	25.0	32.6	29.5	22.2	48.0	33.6	29.4	43.8	36.3

Таблица 2 – Счетные признаки пятнистого губача из р. Шаян

Признаки	2013 г., n=9			2015 г., n=14			2017г., n= 25			2020г., n=3		
	min	max	М	min	max	М	min	max	М	min	max	М
Cmd	3.0	4.0	3.2	3	4	3.1	3.0	3.0	3.0	3	3	3.0
Cmd	3.0	4.0	3.2	3	4	3.1	2.0	3.0	3.0	3	3	3.0
Cop	6.0	9.0	6.4	5	10	6.9	5.0	12.0	6.3	5	6	5.3
Cop	6.0	9.0	6.4	5	10	6.9	5.0	12.0	6.4	5	6	5.3
Cio	8.0	15.0	11.7	8	15	12.8	3.0	6.0	3.6	8	10	9.0
Cio	8.0	15.0	11.9	8	15	12.8	3.0	6.0	3.6	8	10	9.0
Cso	4.0	9.0	5.8	4	5	4.4	3.0	4.0	3.3	4	6	5.0
Cso	4.0	9.0	6.0	4	5	4.4	2.0	4.0	3.3	4	6	5.0
Dsoft	8.0	10.0	8.2	7.0	9.0	7.9	6.0	9.0	7.8	6	8	7.3
Asoft	5.0	7.0	5.4	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2	2	2.0
Psoft	9.0	15.0	12.3	4.0	8.0	5.4	4.0	7.0	5.3	5	7	6.0
Vsoft	7.0	8.0	7.4	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1	1	1.0
Vertcorp	14.0	17.0	15.3	14	17	15.6	14.0	18.0	15.9	15	17	16.0
Vertinter	5.0	8.0	6.8	5	6	5.6	4.0	6.0	4.9	5	5	5.0
Vertcaud	16.0	17.0	16.7	14	19	16.4	15.0	18.0	16.9	18	18	18.0
Vert	38.0	42.0	39.5	34	40	37.0	36.0	40.0	38.0	38	40	39.0

Многомерный анализ внутрипопуляционной изменчивости пластических и счетных признаков (рисунок 4) показал относительную стабильность данной популяции во времени. Наибольшую нагрузку первой компоненты несут длина

головы, размеры глаза и постдорсальное расстояние, второй компоненты – форма тела и грудной плавник, третьей компоненты – положение грудного плавника, постдорсальное расстояние и форма хвостового плавника (размер выемки).

Все счетные признаки несут большую нагрузку какой-либо из трех компонент. Стабильность морфологических показателей во времени ука-

зывает на стабильные условия обитания и адаптированность вида к существующему уровню антропогенной нагрузки [29-32].

Таблица 3 – Нагрузки главных компонент на пластические признаки пятнистого губача из р. Шаян

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
l	0.1225	0.3160	0.0766
st	0.1023	-0.3027	-0.2137
aD	0.1989	0.1975	-0.1779
aP	-0.0104	-0.2684	-0.3172
aV	0.1651	0.1108	-0.2358
aA	-0.1816	-0.0105	0.0220
pD	0.2593	-0.0056	-0.2777
lca	-0.2113	0.1380	0.0042
c	0.3166	0.0525	-0.0211
ao	-0.1804	0.2528	-0.0354
oh	0.2819	-0.0153	0.0682
ov	-0.1220	-0.0294	0.1777
op	0.2659	0.1640	-0.1479
mx	-0.1532	0.0187	0.2022
md	0.2302	0.0329	-0.2437
io	-0.1710	0.2544	-0.1076
hco	0.1998	0.1198	0.0902
hc	-0.1362	0.1191	-0.1564
H	0.2194	0.2641	0.0864
hca	-0.1261	0.1205	-0.0270
h	0.1885	0.1514	0.0354
ID	-0.0395	-0.0845	-0.2718
hD	0.1616	-0.1210	0.0343
lA	-0.0612	0.0479	-0.2038
hA	0.1903	-0.1247	0.1375
lP	-0.0856	0.3379	-0.0959
lV	0.2012	0.1418	0.1419
Cs	-0.1270	0.2518	-0.1305
Ci	0.1970	0.0211	0.1820
Cm	-0.0131	-0.1987	-0.3689
PV	0.1149	-0.2076	0.2370
VA	-0.1065	-0.1234	-0.0762
front	0.0780	-0.1839	0.2371

Таблица 4 – Нагрузки главных компонент на счетные признаки пятнистого губача из р. Шаян

Признаки	Главные компоненты		
	1	2	3
Dsf	0.2095	0.6250	0.5146
Asf	0.3246	0.2438	-0.7488
Psf	0.7625	0.0540	-0.1936
Vsf	0.5590	0.6192	-0.2076
cmd	0.6122	-0.2198	0.4241
cop	0.3226	-0.6519	-0.2069
cio	0.8031	-0.0972	0.1234
cso	0.7919	-0.2204	0.1351

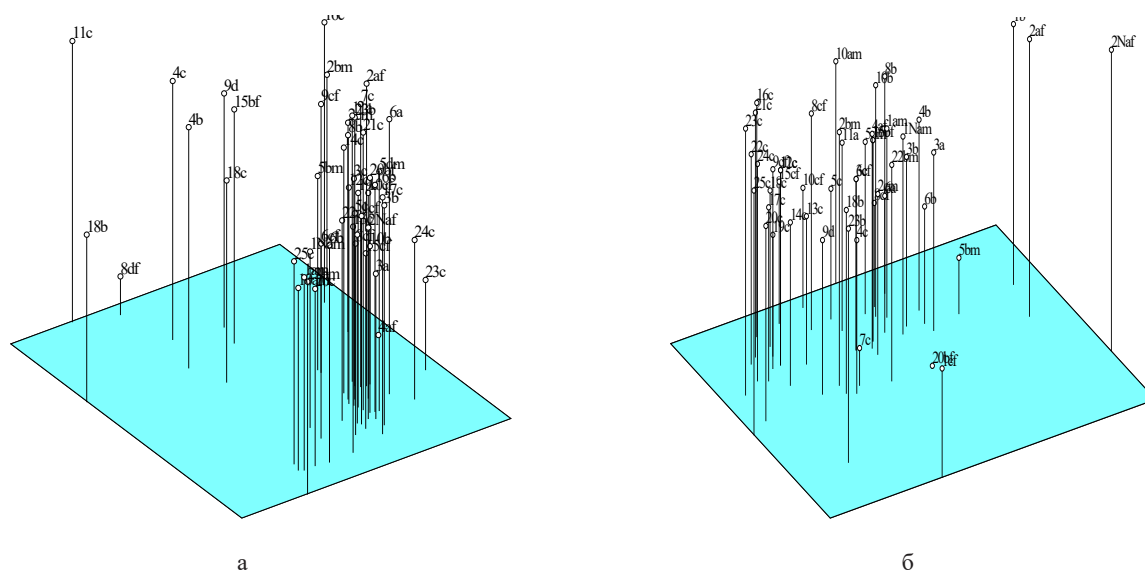


Рисунок 4 – Положение особей пятнистого губача из выборок разных лет в пространстве 1-3 главных компонент:

А – по совокупности пластических признаков, Б – по совокупности счетных признаков;

2013 год – индекс «а», 2015 – «б», 2017 – «с», 2020 – «д»; «f» – самки, «m» – самцы, без индекса – пол не определен.

Биологические показатели пятнистого губача представлены в таблице. Выборки 2013, 2015 и 2017 гг. представлены преимущественно половозрелыми особями. Показатели упитанности находятся на удовлетворительном уровне по сравнению с имеющимися данными [1]. Однако индивидуальные значения показателей упитанности варьируют, что может указывать на внутривидовую конкуренцию за пищу. В выборках всех лет представлены самцы и самки. Гонады

находились на различных стадиях зрелости, что связано с растянутыми сроками и возможным повторным нерестом. [1]. В выборках 2013 и 2015 г. представлены разновозрастные особи, пределы изменчивости размеров тела совпадают, что указывает на достаточные для воспроизводства и существования условия. В 2013 г. и 2020 г. произошло ухудшение условий питания, что привело к снижению запасов полостного жира и коэффициентов упитанности.

Таблица 5 – Биологические показатели пятнистого губача из р. Шаян

Признаки	2013 г., n=9			2015 г., n=14			2017г., n= 25			2020г., n=3		
	min	max	M	min	max	M	min	max	M	min	max	M
L, мм	75	104	93.6	70	112	91.3	42.0	83.0	58.6	42.0	88.0	66.0
l st, мм	63	89	77.3	58	94	75.7	35.0	78.0	49.8	36.0	74.0	54.7
Q, г	2.65	7.72	6.20	2.81	10.45	6.1	0.5	3.8	1.5	0.5	4.1	2.1
q, г	2.12	6.40	5.20	2.23	6.94	4.7	0.9	3.1	1.7	1.7	3.1	2.4
Fulton	1.06	2.45	1.34	1.15	1.51	1.4	0.7	1.4	1.2	1.0	1.2	1.1
Clark	0.91	1.29	1.00	0.95	1.26	1.1	0.6	1.0	0.8	0.8	3.7	2.2
Коэффициент асимметрии	0.00	0.50	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00

В выборках преобладали рыбы с нормальными жабрами, но были отмечены патологии в печени. Поскольку печень отвечает за детоксикацию организма, выявленное отклонение от нормы указывает на хроническое загрязнение, предающееся по пищевой цепи. Это может быть связано как с присутствием в воде токсичных веществ в незначительном количестве. Р.Шаян протекает в местности с развитым сельским хозяйством, поэтому необходимо проверить воду на наличие пестицидов. Низкие значения коэффициента асимметрии свидетельствуют о стабильности индивидуального развития. Наиболее вероятной причиной снижения численности пятнистого губача в 2022 г. может быть засушливое лето, в результате чего уровень воды сильно снизился, а температура воды повысилась. Межгодовые колебания количества осадков характерны и для естественного ареала пятнистого губача, поэтому высока вероятность его выживания в р.Шаян в глубоких ямах и местах выхода грунтовых вод.

Выводы

1. В р. Шаян установлено обитание нового чужеродного для Сырдарьинского бассейна вида рыб – пятнистого губача *Triplophysa strauchii* (Kessler, 1874).

2. Пределы изменчивости состояний внешних морфологических показателей в выборках разных лет варьируют в широких пределах, однако не выходят за ранее известные для этого вида. Различия во внешнем виде особей могут быть результатом реализации различных жизненных стратегий в условиях гетерогенной среды обитания.

3. В выборках разных лет представлены разновозрастные особи, упитанность находится на удовлетворительном уровне, что указывает на достаточные для воспроизводства и существования этого вида условия.

Благодарность

Выражаю благодарность отечественному научному руководителю кандидату биологических наук, ассоциированному профессору Мамилову Н.Ш.

Литература

1. Митрофанов В.П. Род *Noemacheilus* Valn Hasselt, 1823 – Голец //Рыбы Казахстана т.4 Вьюновые, Сомовые, Атериновые, Тресковые, Колюшковые, Иглобые, Окуновые, Бычковые, Керчаковые. /Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., и др. -Алма-Ата: Наука, 1989.- С. 6-64.
2. Kottelat M. Indochinese Nemacheilinis. A revision of Nemacheiline Loaches (Pisces, Cypriniformes) of Thailand, Burma, Laos, Cambodia and southern Viet Nam. – Munchen: Verlag, 1990. 262 p.
3. Nelson J. S., Grande T. C., Wilson M. V. H. (2016) Fishes of the World. – John Wiley & Sons. 708p.
4. Eschmeyer, W. N.; Fricke, R.; van der Laan R. (eds). ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 27 February 2023.

5. Helfman G.S., Collette B.B., Facey D.E., Bowen B.W. (2009) The diversity of fishes: Biology, Evolution and Ecology. 2nd edition. John Wiley & Sons. 720 p.
6. Norton, S. F., Luczkovich, J. J., & Motta, P. J. (1995). The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. *Ecomorphology of fishes*, 287-304.
7. Zhang Tang-lin, Li Zhongjie, Cao Wenxuan. Advances in studies on the ecomorphology of fish. *Journal of Fisheries of China*, 2008, 32(1) -p.152~160. <http://dx.doi.org/10.3724/SP.J.00001>.
8. Bower, L. M., & Piller, K. R. (2015). Shaping up: a geometric morphometric approach to assemblage ecomorphology. *Journal of fish biology*, 87(3), -p.691-714. <https://doi.org/10.1111/jfb.12752>
9. Laffaille P., Brosse S. Gestion des poisons et des hydrosystèmes dulçaquicoles // Les poisons d'eau douce de France. Coord. Keith P., Persat H., Feunteun E., Allardi J. – Paris: Biotope – Museum national d'Histoire naturelle, 2011. – P.158-195.
10. Poulet N., Dembski S., Porcher J.-P., Roset N., Oberdorff T. Indices poisons et qualité des milieu // Les poisons d'eau douce de France. Coord. Keith P., Persat H., Feunteun E., Allardi J. – Paris: Biotope – Museum national d'Histoire naturelle, 2011. – P.208-213.
11. Micklin, P. (2014). Efforts to revive the Aral Sea. In *The Aral Sea* (pp. 361-380). Springer, Berlin, Heidelberg. P. Micklin et al. (eds.), *The Aral Sea*, Springer Earth System Sciences, DOI 10.1007/978-3-642-02356-9_15.
12. Rzymiski, P., Klimaszuk, P., Niedzielski, P., Marszelewski, W., Borowiak, D., Nowiński, K., Baikenzheyeva A.G, Kurmanbayev R G, & Aladin, N. (2019). Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya River and Small Aral Sea, Kazakhstan. *Chemosphere*, 234, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.036>
13. Aladin, N., Chida, T., Cretaux, J.F., Ermakhanov, Z., Jollibekov, B., Karimov, B., Y. Kawabata, D. Keyser, J. Kubota, P. Micklin, N. Mingazova, I. Plotnikov & Toman, M. (2017). Current status of Lake Aral—challenges and future opportunities. In *Lake Ecosystem Health and Its Resilience: Diversity and Risks of Extinction*. Proc. Of the 16th World Lake Conf., At Bali, Indonesia (pp. 448-457).
14. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
15. Holcik J. General introduction to fishes. 2. Determination criteria. // *The freshwater Fishes of Europe*.- Aula-Verlag Wiesbaden, 1989. – Vol.1, Part 2. – P.38-58.
16. Чеботарева Ю.В., Савоскул С.П., Пичугин М.Ю., Савваитова К.А., Максимов С.В. Характеристика аномалий в строении внешних и внутренних органов у рыб// Разнообразие рыб Таймыра. – М.: Наука, 1999. – С.142-146.
17. Решетников Ю.С., Попова О.А., Кашулин Н.А., Лукин А.А., Амундсен П.-А., Сталдвик Ф. Оценка благополучия рыбной части водного сообщества по результатам морфопатологического анализа рыб// Успехи современной биологии. 1999. – №2. – С.165-177.
18. Лакин Г.Ф. Биометрия – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
19. Press W. H., Flannery B. P., Teukolsky S. A., Vetterling W. T. Numerical recipes – Cambridge. New York, 1986. – 818 p.
20. Rohlf F. J., Bookstein F. L. A comment on shearing as a method for “size correction”// *Systematic Zoology*. – 1988. – Vol.36. – P.356-367. <https://doi.org/10.2307/2413400>.
21. Митрофанов И.В., Жимбей Е.И. Совместное обитание тибетского гольца (*Noemacheilus stoliczkaei*) и пятнистого губача (*Noemacheilus strauchii*) // *Selevinia*, 1994.-№4.-с.70-71.
22. Сапаргалиева, Н. (2016). Тракта серого гольца (*Triplophysa dorsalis*) и пятнистого губача (*Triplophysa strauchii*). *Вестник КазНУ. серия экологическая*, 24(1).
23. Прокофьев А.М. (2017) Гольцы подсемейства Nemaheilinae мировой фауны – Ярославль: Филигрань. 315 с.
24. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Ч.2. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1949. С.467-925. <http://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/78047>.
25. Турдаков, Ф. А. (1963). Рыбы Киргизии. *Фрунзе: Илим*, 283, 13.
26. Камилов Г.К. 1965 Видовой состав малоценных и сорных рыб прудов прудхоза «Дамаша» // *Узбек. биол. журн.* №5.-с. 64-68.
27. Салихов Т.В., Камилов Б.Г., 1995 Ихтиофауна бассейна среднего течения Сырдарьи. // *Вопросы ихтиологии*. 1995.-т.35.№2.-с.229-235.
28. Мамилов, Н. Ш., Балабиева, Г. К., (2010). О пределах изменчивости морфометрических показателей балиторных рыб (Balitoridae; Cypriniformes) Балхашского бассейна // *Selevinia* – Алматы: Союз охраны птиц Казахстана. С.34-37.
29. Савваитова К.А., Максимов В.А., Груздева М.А. Динамика морфологических показателей микижи *Salmo mykiss* из реки Кишимшина (Камчатка) во временном аспекте. *Вопросы ихтиологии* – 1988.-Т.28.-Вып.2.-С.213-221.
30. Матмуратов, С. А., & Митрофанов, И. В. (2002). Морфо-экологическая изменчивость гольцов (Balitoridae, Nemaheilus) в условиях зоны влияния Семипалатинского Испытательного полигона. *Радиоэкология, охрана окружающей среды. Вестник НЯЦ РК*, (3), 85-89.
31. Балабиева, Г. К., Митрофанов, И. В., & Мамилов, Л. Ш. (2016). Изменения морфологических показателей пятнистого губача *triplophysa strauchii* из р. Улькен Алматы во временном аспекте. *Eurasian Journal of Ecology*, 33(1). – с.37-42.
32. Мамилов Н.Ш. Морфологическая и биологическая изменчивость рыб в условиях антропогенной нагрузки. – Алматы: Казак университеті, 2021.- 306 с.

References

- Aladin, N., Chida, T., Cretaux, J.F., Ermakhanov, Z., Jollibekov, B., Karimov, B., Y. Kawabata, D. Keyser, J. Kubota, P. Micklin, N. Mingazova, I. Plotnikov & Toman, M. (2017). Current status of Lake Aral—challenges and future opportunities. In *Lake Ecosystem Health and Its Resilience: Diversity and Risks of Extinction*. Proc. Of the 16th World Lake Conf., At Bali, Indonesia (pp. 448-457).
- Bower, L. M., & Piller, K. R. (2015). Shaping up: a geometric morphometric approach to assemblage ecomorphology. *Journal of fish biology*, 87(3), 691-714. <https://doi.org/10.1111/jfb.12752>
- Eschmeyer, W. N.; Fricke, R.; van der Laan R. (eds). *ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES*. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). Electronic version accessed 27 February 2023.
- Helfman G.S., Collette B.B., Facey D.E., Bowen B.W. (2009) *The diversity of fishes: Biology, Evolution and Ecology*. 2nd edition. John Wiley & Sons. 720 p.
- Holcik J. General introduction to fishes. 2. Determination criteria. // *The freshwater Fishes of Europe*.- Aula-Verlag Wiesbaden, 1989. – Vol.1, Part 2. – P.38-58.
- Kottelat M. Indochinese Nemacheilinis. A revision of Nemacheiline Loaches (Pisces, Cypriniformes) of Thailand, Burma, Laos, Cambodia and southern Viet Nam. – Munchen: Verlag, 1990. 262 p.
- Laffaille P., Brosse S. Gestion des poisons et des hydrosystèmes dulçaquicoles // *Les poisons d'eau douce de France*. Coord. Keith P., Persat H., Feunteun E., Allardi J. – Paris: Biotope – Museum national d'Histoire naturelle, 2011. – P.158-195.
- Micklin, P. (2014). Efforts to revive the Aral Sea. In *The Aral Sea* (pp. 361-380). Springer, Berlin, Heidelberg. P. Micklin et al. (eds.), *The Aral Sea*, Springer Earth System Sciences, DOI 10.1007/978-3-642-02356-9_15.
- Nelson J.S., Grande T.C., Wilson M.V.H. (2016) *Fishes of the World*. – John Wiley & Sons. 708p.
- Norton, S.F., Luczkovich, J.J., & Motta, P.J. (1995). The role of ecomorphological studies in the comparative biology of fishes. *Ecomorphology of fishes*, 287-304.
- Poulet N., Dembski S., Porcher J.-P., Roset N., Oberdorff T. Indices poisons et qualité des milieu // *Les poisons d'eau douce de France*. Coord. Keith P., Persat H., Feunteun E., Allardi J. – Paris: Biotope – Museum national d'Histoire naturelle, 2011. – P.208-213.
- Press W.H., Flannery B.P., Teukolsky S.A., Vetterling W.T. *Numerical recipes* – Cambridge. New York, 1986. – 818 p.
- Rohlf F.J., Bookstein F.L. A comment on shearing as a method for “size correction”// *Systematic Zoology*. – 1988. – Vol.36. – P.356-367. <https://doi.org/10.2307/2413400>.
- Rzymiski, P., Klimaszuk, P., Niedzielski, P., Marszelewski, W., Borowiak, D., Nowiński, K., Baikenzheyeva A.G, Kurmanbayev R G, & Aladin, N. (2019). Pollution with trace elements and rare-earth metals in the lower course of Syr Darya River and Small Aral Sea, Kazakhstan. *Chemosphere*, 234, 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.06.036>
- Zhang Tang-lin, Li Zhongjie, Cao Wenxuan. Advances in studies on the ecomorphology of fish. *Journal of Fisheries of China*, 2008, 32(1):152~160. <http://dx.doi.org/10.3724/SP.J.00001>.
- Balabieva, G.K., Mitrofanov, I.V., & Mamilov, N.Sh. (2016). Izmeneniya morfologicheskix pokazatelej pyatnistogo gubacha *triplophysa strauchii* iz r. Ul'ken Almaty' vo vremennom aspekte. *Eurasian Journal of Ecology*, 33(1). – s.37-42.
- Berg L.S. Ry'by' presny'x vod SSSR i sopredel'ny'x stran. Ch.2. – M.-L.: Izd-vo AN SSSR. 1949. S.467-925. <http://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/78047>.
- Kamilov G.K. 1965 Vidovoj sostav malocenny'x i sorny'x ry'b prudov prudoxa «Damashi» // *Uzbek. biol. zhurn. №5.-s. 64-68*.
- Lakin G.F. *Biometriya* – M.: Vy'sshaya shkola, 1990. – 352 s.
- Mamilov N.Sh. *Morfologicheskaya i biologicheskaya izmenchivost' ry'b v usloviyax antropogennoj nagruzki*. – Almaty': Kazak universiteti, 2021.- 306 s.
- Mamilov, N.Sh., Balabieva, G.K., (2010). O predelax izmenchivosti morfometricheskix pokazatelej balitorovy'x ry'b (Balitoridae; Cypriniformes) Balxashskogo bassejna // *Selevinia – Almaty': Soyuz oxrany' pticz Kazaxstana*. S.34-37.
- Matmuratov, S.A., & Mitrofanov, I. V. (2002). Morfo-e'kologicheskaya izmenchivost' gol'czov (Balitoridae, Nemaheilus) v usloviyax zony' vliyaniya Semipalatinskogo Ispy'tatel'nogo poligona. *Radioe'kologiya, oxrana okruzhayushhej sredy'*. *Vestnik NYaCz RK*, (3), 85-89.
- Mitrofanov V.P. *Rod Noemacheilus VaIn Hasselt, 1823 – Golecz //Ry'by' Kazaxstana t.4 V'yunovy'e, Somovy'e, Aterinovy'e, Treskovy'e, Kolyushkovy'e, Iglovy'e, Okunevy'e, By'chkovy'e, Kerchakovy'e. /Mitrofanov V.P., Dukravec G.M., i dr. -Alma-Ata: Nauka, 1989.- S. 6-64*.
- Mitrofanov I.V., Zhimbej E.I. *Sovmestnoe obitanie tibetskogo gol'cza (Noemacheilus stoliczkai) i pyatnistogo gubacha (Noemacheilus strauchi) //Selevinia, 1994.-№4.-s.70-71*.
- Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ry'b*. – M.: Pishhevaya promy'shennost', 1966. – 376 s.
- Prokof'ev A.M. (2017) *Gol'cy podsemejstva Nemacheilinae mirovoj fauny* – Yaroslavl': Filigran'. 315 s.

27. Reshetnikov Yu.S., Popova O.A., Kashulin N.A., Lukin A.A., Amundsen P.-A., Staldvik F. Ocenka blagopoluchiya ry`bnoj chasti vodnogo soobshhestva po rezul'tatam morfopatologicheskogo analiza ry`b// Uspexi sovremennoj biologii. 1999. – №2. – S.165-177.
28. Savvaitova K.A., Maksimov V.A., Gruzdeva M.A. Dinamika morfologicheskix pokazatelej mikizhi Salmo mykiss iz reki Kishimshina (Kamchatka) vo vremennom aspektyu. Voprosy` ixtiologii – 1988.-T.28.-Vy`p.2.-S.213-221.
29. Salixov T.V., Kamilov B.G., 1995 Ixtiofauna bassejna srednego techeniya Sy`rdar`i. // Voprosy` ixtiologii. 1995.-t.35.№2.-s.229-235.
30. Sapargaliev, N. (2016). Trakta serogo gol`cza (Triplophysa dorsalis) i pyatnistogo gubacha (Triplophysa strauchi). Vestnik KazNU. seriya e`kologicheskaya, 24(1).
31. Turdakov, F. A. (1963). Ry`by` Kirgizii. Frunze: Ilim, 283, 13.
32. Chebotareva Yu.V., Savoskul S.P., Pichugin M.Yu., Savvaitova K.A., Maksimov S.V. Xarakteristika anomalij v stroenii vneshnix i vnutrennix organov u ry`b// Raznoobrazie ry`b Tajmy`ra. – M.: Nauka, 1999. – S.142-146.

А.Н. Искакова^{1*} , Н. Баймурзаев² , Г.Д. Анарбекова¹ 

¹Казахский Национальный аграрный университет, Казахстан, г. Алматы

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

*e-mail: aiym1409@mail.ru

ЭКОЛОГИЯ И БИОРАЗНООБРАЗИЕ PENTATOMOMORPHA II (HETEROPTERA) ИЛЕ-АЛАТАУСКОГО ГНПП

В статье представлены результаты исследований, проведенных авторами на территории Иле-Алатауского ГНПП в 2020-2021 годах. Исследовательские работы посвящены фауне, биологии и экологии полужесткокрылых на территории парка. Полужесткокрылые, или клопы – самая многочисленная группа насекомых, имеющая большое практическое значение. В Иле-Алатауском ГНПП широко распространены полужесткокрылые. При сборе материала применялись стандартные энтомологические методы – сбор энтомологическим сачком, ловля мелких насекомых эксгаустером, ночью на искусственный источник света, ручной сбор и др. В результате полевых научных исследований на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка выявлены 26 видов, относящийся к 6 семействам полужесткокрылых инфраотряда Pentatomomorpha II. Среди них преобладающие по видовому составу семейства Rhopalidae – 9 видов, Coreidae – 6 видов, Acanthosomatidae – 4 вида, Alydidae и Cydnidae – по 3 вида, а из семейства Plataspidae известны всего 1 вид. По жизненным формам клопы Иле-Алатауского ГНПП распределяются по 7 группам: хортобионты (15 видов), эврихортобионт (1 вид), дендробионты (4 вида), дендро-тамнобионты (2 вида), герпетобионты (2 вида), герпето-хортобионт (1), гео-герпетобионты (1 вид). По трофической специализации они подразделяются на фитофагов (29 видов, из них полифитофаги – 13 видов, широкие олигофитофаги – 10 видов, узкие олигофитофаги – 3 вида). Полужесткокрылые Иле-Алатауского ГНПП по числу поколений в год разделяются на 3 группы: моновольтинные – 16 вид, бивольтинные – 7 видов, 2-3 поколения в год – 3 вида. В зоне исследований 23 вида с мезофильной экологией, 3 вида – мезо-ксерофил. Среди полужесткокрылых Иле-Алатауского ГНПП в стадии имаго зимуют 23 вида, в стадии личинки – 1 вид, а в стадии яйца – 1 вид, зимуют яйца и личинки – 1 вид.

Ключевые слова: Полужесткокрылые, Heteroptera, фауна, Иле-Алатауский ГНПП.

A.N. Iskakova^{1*}, N. Baimurzaev², G.D. Anarbekova¹

¹Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan, Almaty

²Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: aiym1409@mail.ru

Ecology and biodiversity of pentatomomorpha II (Heteroptera) of the Ile-Alatau snnp

Abstract: (200-300слов). The article presents the results of the research conducted by the authors on the territory of the Ile-Alatau GNPP in 2020-2021. Research works are devoted to the fauna, biology and ecology of hemiptera in the park. Hemiptera, or bedbugs, are the most numerous group of insects of great practical importance. Hemiptera are widespread in the Ile-Alatau SNNP. When collecting the material, standard entomological methods were used – collecting with an entomological net, catching small insects with an exhauster, at night on an artificial light source, manual collection, etc. As a result of field scientific research on the territory of the Ile-Alatau State National Natural Park, 26 species belonging to 6 families of hemiptera of the Pentatomomorpha II infra-order have been identified. Among them, the Rhopalidae family predominates in species composition – 9 species, Coreidae – 6 species, Acanthosomatidae – 4 species, Alydidae and Cydnidae – 3 species each, and only 1 species is known from the Plataspidae family. According to life forms, the bugs of the Ile-Alatau GNPP are distributed into 7 groups: hortobionts (15 species), eurychortobionts (1 species), dendrobionts (4 species), dendrobionts (2 species), herpetobionts (2 species), herpetobionts (1), geo-herpetobionts (1 species). According to trophic specialization, they are divided into phytophages (29 species, of which polyphytophages – 13 species, wide oligophytophages – 10 species, narrow oligophytophages – 3 species). The hemiptera of the Ile-Alatau GNPP are divided into 3 groups according to the number of generations per year: monovoltine – 16 species, bivoltine – 7 species, 2-3 generations per year – 3 species. There are 23 species

with mesophilic ecology in the research area, 3 species – meso-xerophile. Among the hemiptera of the Ile-Alatau GNPP, 23 species overwinter in the imago stage, 1 species in the larval stage, and 1 species in the egg stage, eggs and larvae overwinter – 1 species.

Key words: hemiptera, heteroptera, fauna, Ile-Alatau SNNP.

А.Н. Исакова^{1*}, Н. Баймурзаев², Г.Д. Анарбекова¹

¹Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.
e-mail: aiym1409@mail.ru

Иле-Алатау МҰТП pentatomomorpha II (Heteroptera) экологиясы және биоалуантүрлілігі

Мақалада авторлардың Иле-Алатау МҰТП аумағында 2020-2021 жылдары жүргізген зерттеулерінің нәтижелері ұсынылған. Зерттеу жұмыстары парктегі Жартылай қаттықанаттылардың фаунасы, биологиясы және экологиясына арналған. Жартылай қаттықанаттылар немесе қандалалар – бұл практикалық маңызы бар жәндіктердің ең үлкен тобы. Иле-Алатау МҰТП-да Жартылай қаттықанаттылар кең таралған. Материалды жинау кезінде стандартты энтомологиялық әдістер қолданылды – энтомологиялық сүзгімен жинау, ұсақ жәндіктерді эксгаустермен аулау, түнде жасанды жарық көзіне, қолмен жинау және т.б. Иле-Алатау мемлекеттік ұлттық табиғи паркінің аумағындағы далалық ғылыми зерттеулер нәтижесінде Pentatomomorpha II инфраотрядының Жартылай қаттықанаттылардың 6 тұқымдасына жататын 26 түрі анықталды. Олардың ішінде Rhopalidae тұқымдасынан – 9 түр, Coreidae – 6 түр, Acanthosomatidae – 4 түр, Alydidae және Cydnidae – әрқайсысынан 3 түрден, ал Plataspidae тұқымдасынан тек 1 түрі белгілі. Иле-Алатау МҰТП-нің қандалалары тіршілік формалары бойынша 7 топқа бөлінеді: хортобионттар (15 түр), эврихортобионттар (1 түр), дендробионттар (4 түр), дендротамнобионттар (2 түр), герпетобионттар (2 түр), герпето-хортобионттар (1), гео-герпетобионттар (1 түр). Қоректенуіне байланысты олар фитофагтарға (29 түр, оның ішінде полифитофагтар – 13 түр, кең олигофитофагтар – 10 түр, тар олигофитофагтар – 3 түр) жатады. Иле-Алатау МҰТП-нің жартылай қаттықанаттылары жылына беретін ұрпақтар саны бойынша 3 топқа бөлінеді: моновольтинді – 16 түр, бивольтинді – 7 түр, жылына 2-3 ұрпақ беретін – 3 түр. Зерттеу аймағында 23 түр – мезофилдер, 3 түрі – мезо-ксерофилдер. Зерттеу аймағында жартылай қаттықанаттылар арасында ересек сатысында 23 түр, дернәсіл сатысында – 1 түр, жұмыртқа сатысында – 1 түр, жұмыртқа және дернәсіл сатысында – 1 түрі қыстайды.

Түйін сөздер: жартылай қаттықанаттылар, heteroptera, фауна, Иле Алатауы МҰТП.

Введение

Полужесткокрылые, или клопы (*Heteroptera*), крупный отряд насекомых с неполным превращением, представители которого ведут наземный, водный или полуводный образ жизни. Мировая фауна Полужесткокрылых включает около 50 тысяч видов, группируемых примерно в 50-75 семейств. Главный признак этих насекомых – ротовые органы колюще-сосущего типа; хоботок почти во всех случаях прикреплён к передней части головы. Питание растениями и их соками характерна для большинства видов полужесткокрылых, а хищные клопы питаются членистоногими. Биология и экология полужесткокрылых изучены довольно неравномерно. Выделение тех или иных экологических группировок широко используется при детальном изучении региональных флор и фаун. Рекомендации по такому анализу имеются во многих экологических пособиях [1, 2].

Материал и методы исследований

Сборы материалов проводились авторами в 2020-2021 гг. на территории города Алматы. При сборе материала применялись стандартные энтомологические методики – сбор энтомологическим сачком, мелких насекомых с эксгаустером, лов на свет, ручной сбор и т.п. [3-5].

Семейство Rhopalidae

Brachycarenum tigrinus (Schilling, 1829). Илейский Алатау, ур. Медеу, 23.06.2020, 3 ♀, 3 ♂; уш. Аксай, окр. с. Ушконыр, 27.07.2020, 3 ♀, 2 ♂; 28.07.2021, 7 ♀, 5 ♂. В республике встречается повсюду. Эврихортобионт; мезо-ксерофил (полупустыня, степь, на степных участках, тяготеет к участкам рудеральной растительностью: обочины дорог, окраины лесополос и другие подобные места, предгорная и горная зоны, субальпийские луга, до 2400 м н.у.м., редко в песчаных пустынь); полифитофаг (на сложноц-

ветных, крестоцветных, отмечен и на растениях других семейств, питается соедержимым семям); 2-3 поколения в год; зимуют имаго [6, 7].

Corizus hyoscyami hyoscyami (Linnaeus, 1758). Илейский Алатау, ур. Медеу, 21.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 18.06.2021, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 4♂. Хортобионт; мезофил (опушки леса и поляны, луга и другие открытые биотопы с умеренным увлажнением); полифитофаг (весной временно питается на цветках ивы, молодых побегах березы, сосны и других деревьев и кустарников; затем переходит на осот, ромашку, молочай и на другие травянистые растения; главные кормовые растения: *Hyoscyamus niger*, *Tabacum*, *Ononis spinosa*, *Erodium*, считается вредителем бобовых [6]; бивольтинный; зимуют имаго. Широко распространенный, массовый вид.

Maccavevethus errans errans (Fabricius, 1794). Илейский Алатау, ур. Медеу, 23.06.2020, 3♀, 3♂; г. Алматы, 14.07.2021, 1♀, 2♂; 16.08.2021, 3♀, 2♂. Хортобионт; мезофил (в предгорной и субальпийской зоне до 3000 м н.у.м., в степях редко); широкий олигофитофаг (на сложноцветных); моновольтинный; зимуют имаго [6, 8].

Maccavevethus errans caucasicus (Kolenati, 1845). Илейский Алатау, ущ. Аксай, окр. с. Ушканыр, 27.07.2020, 3♀, 2♂; г. Алматы, 10.08.2021, 4♀, 2♂; 19.08.2021, 1♂. Хортобионт; мезофил (в предгорной и субальпийской зоне до 3000 м н.у.м., в степях редко); широкий олигофитофаг (на сложноцветных); моновольтинный; зимуют имаго [6, 8].

Rhopalus maculatus (Fieber, 1837). Илейский Алатау, ур. Медеу, 23.06.2020, 3♀, 3♂; г. Алматы, 14.07.2021, 1♀, 2♂; 16.08.2021, 3♀, 2♂. Хортобионт (на травянистых растениях); мезофил (в лесной зоне, болотные и сырые луга, затененные мокрые овраги и понижения рельефа, поймы рек, во влажных участках); полифитофаг; моновольтинный; зимуют имаго.

Rhopalus parumpunctatus Schilling, 1829. Илейский Алатау, ур. Медеу, 21.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 18.07.2021, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 3♂. Хортобионт; мезофил (на мезофитной луговой растительности, в лесной и степной зонах, поляны и опушки леса, участки с рудерально-разнотравной растительностью, обочины дорог, окраины лесополос, на склонах оврагов и другие подобные биотопы); полифитофаг (на различных травянистых растениях: крестоцветных, губоцветных, гвоздичных и сложноцветных (*Arenaria*, *Lepidium*, *Salvia*,

Artemisia, *Centaurea*, *Achillea*), считается второстепенным вредителем многолетних бобовых трав и зерно-бобовых); бивольтинный; зимуют имаго. Питание на злаках наблюдалось в горах Средней Азии [9].

Rhopalus subrufus (Gmelin, 1790). Илейский Алатау, ущ. Аксай, окр. с. Ушканыр, 27.07.2020, 3♀, 2♂; г. Алматы, 16.08.2021, 4♀, 2♂; 29.08.2021, 1♂. Хортобионт (на травянистых растениях); мезофил (степь, лесостепь, поляны и опушки леса, лесополосы, разреженные лесонасаждения паркового типа и другие подобные биотопы; поднимается в горы до 2500 м н.у.м. [6]; полифитофаг (предпочитает губоцветные, иногда на бобовых и на растениях других семейств); 2-3 поколения в год; зимуют имаго.

Stictopleurus abutilon (Rossi, 1790). Илейский Алатау, ур. Медеу, 27.06.2021, 2♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 18.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 4♂. В республике встречается повсюду. Хортобионт; мезо-ксерофил (полупустыня, степь, предгорья, низкогорные и субальпийские зоны, 800-2400 м, на солнечных склонах с пышной растительностью); широкий олигофитофаг (на сложноцветных: *Artemisia*, *Achillea*, *Tanacetum*, *Senecio* и др.); 2-3 поколения в год; зимуют имаго. Копуляция происходит в мае [6, 10].

Stictopleurus crassicornis (Linnaeus, 1758). Илейский Алатау, Алматинская обл., Карасайский район, окр. с. Чапаева, 28.06.2020, 4♀, 4♂; ущ. Аксай, 02.07.2021, 4♀, 3♂. Хортобионт; мезофил (степь, пойма, на лесных лугах, полянах, опушках и в горах: низкогорные и субальпийские луга, 800-2400 м); полифитофаг (на крестоцветных, губоцветных, гвоздичных и сложноцветных, питается семенами); 2-3 поколения в год [6]; зимуют имаго.

Семейство Alydidae

Alydus calcaratus (Linnaeus, 1758). Илейский Алатау, ущ. Б. Алматинка, 28.06.2020, 2♀, 3♂; ур. Медеу, 21.07.2021, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 17.08.2021, 3♀, 3♂. Герпето-хортобионт; мезофил (на пойменных мезофитных лугах, на поверхности почвы, в верхнем ярусе травы, предпочитает сухие, хорошо прогреваемые и защищенные от ветра места); широкий олигофитофаг (на бобовых растениях, сосут бутоны, цветы и побегов); бивольтинный; зимуют яйца и личинки. Вредит семенам люцерны [11].

Camptopus lateralis (Germar, 1817). Алматы, 12-14.06.2020, 5♀, 5♂; 10.07.2020, 3♀, 2♂;

01.07.2021, 2♀, 3♂; 07.08.2021, 2♀, 1♂; ущ. Б. Алматинка, 28.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 3♂. Хортобионт; мезофил (в мезофильных биотопах: опушки леса и поляны, лесополосы, луга и другие подобные биотопы); широкий олигофитофаг (трофически связан с бобовыми: *Trifolium*, *Onobrychis*, *Lotus* и др., повреждает семенную люцерну); бивольтинный; зимуют имаго. Взрослые встречаются с апреля по ноябрь, личинки – с мая по сентябрь [11].

Megalotomus junceus (Scolopi, 1763). Илейский Алатау, Б. Алматинка, 28.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 3♂. Хортобионт (на разных бобовых: *Trifolium*, *Onobrychis*, *Lotus*, *Cytisus*, *Genista*); мезофил (опушки леса и поляны, лесополосы, луга и другие подобные биотопы); широкий олигофитофаг (живет на различных диких бобовых травах, вредитель бобовых трав и зернобобовых культур) [11]; бивольтинный; зимуют яйца.

Семейство Coreidae

Bathysolen nubilus (Fallen, 1807). Ущ. Аксай, пойма р. Б. Алматинка, 20.08.2020, 4♀, 2♂; ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 2♂. Хортобионт (на различных травянистых растениях: клевер, люцерна, полынь и др.); мезофил (от степей до альпийских лугов, поляны и опушки леса, парки, обочины дорог, лесополосы, среди растительного детрита, но часто попадает при кошении); полифитофаг (на *Medicago minima*, *M. lupulina*, *Thymus* и других травянистых растениях); моновольтинный; зимуют имаго [12].

Ceraleptus obtusus (Brulle, 1839). Предгорье Илейского Алатау, 28.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 3♂. Хортобионт; мезофил (обитатель мезофитных стадий, в горах высокогорных биотопах); широкий олигофитофаг (на злаковых, бобовых, особенно на *Vicia* [11]; моновольтинный; зимуют имаго.

Coreus marginatus marginatus (Linnaeus, 1758). Илейский Алатау, ущ. Аксай, 27.07.2021, 3♀, 3♂; ур. Медеу, 21.06.2021, 2♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 18.07.2020, 2♀, 3♂; ущ. Шымбулак, 02.08.2021, 4♀, 3♂; Алматинская обл. Карасайский район, Каскеленское лесничество, Аксайский филиал, 28.06.2021, 4♀, 4♂. Хортобионт (на конском щавеле и других растениях); мезофил (луга разного типа, опушки леса и поляны и другие подобные биотопы); широкий олигофитофаг (имаго весной после пробуждения на *Malus*, *Pyrus*, *Rubus*, *Salix* и др., затем имаго переходят

на травянистые растения, развитие личинок на гречишных: *Polygonium*, *Rumex*, *Rheum* [11]; бивольтинный; зимуют имаго. Весьма обычный, массовый, широко распространенный вид.

Enoplops eversmanni Jakovlev, 1881. Илейский Алатау, ур. Медеу, 24.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 18.07.2021, 2♀, 3♂; ущ. Аксай, 17.08.2021, 3♀, 3♂. Хортобионт; мезофил (характерен для гор); узкий олигофитофаг (живет на гречишных – *Rumex*, *Rheum*); бивольтинный; зимуют имаго [11, 13].

Gonocerus patellatus Kiritshenko, 1916. Илейский Алатау, ущ. Аксай, 27.07.2020, 3♀, 3♂; ур. Медеу, 29.06.2021, 2♀, 3♂. Дендробионт (обитатель древесных пород: *Rosa* и др.); мезофил; полифитофаг; моновольтинный; зимуют имаго [13].

Gonocerus juniperi Herrich-Schaffer, 1839. Илейский Алатау, ур. Медеу, 24.06.2020, 2♀, 3♂. Дендробионт (обитатель древесных пород: на *Juniperus*, а также *Cupressus*, *Pinus*, *Picea*, *Guercus* и др.); мезо-ксерофил; широкий олигофитофаг (преимущественно на можжевельнике и на других хвойных); моновольтинный; зимуют имаго под корой деревьев и в лесной подстилке [12].

Семейство Cydnidae

Canthophorus melanopterus melanopterus (Herrich-Schaffer, 1835). Илейский Алатау, ущ. Аксай, 27.07.2020, 3♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 28.06.2021, 2♀, 3♂. Герпетобионт; мезофил (во всех вертикально-поясных зонах, более обычен в лесах; на грунте под укрытиями и вблизи кормовых растений); узкий олигофитофаг (на ленте *Thesium ramosum* [14]; моновольтинный; зимуют имаго.

Legnotus limbosus (Geoffroy, 1785). Илейский Алатау, ущ. Аксай, 27.07.2020, 2♀, 2♂; Алматинская обл., Карасайский район, Каскеленское лесничество, Аксайский филиал, 28.06.2021, 1♀, 2♂. Гео-герпетобионт (личинки часто на растениях); мезофил (умеренно увлажненные участки лесов, парков и лесонасаждений, в горах до высоты 1000 м над у.м., северные склоны холмов, поросшие кустарником); узкий олигофитофаг (на *Galium*); моновольтинный; зимуют имаго [14].

Sehirus parens Mulsant & Rey, 1866. Илейский Алатау, ущ. Аксай, 27.07.2020, 2♀, 3♂. Герпетобионт; мезофил; полифитофаг (чаще на бурачниковых, *Lappula sp.*); моновольтинный; зимуют имаго [15].

Семейство Plataspidae

Coptosoma scutellatum (Geoffroy, 1785). Илейский Алатау, ур. Медеу, 26.06.2020, 2♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 18.06.2021, 2♀, 3♂. Хортобионт; мезофил (в лесной и степной зонах, поляны и опушки леса, лесополосы, парковые насаждения, под пологом лесов, низкогорные луга, до 1000 м над у.м); широкий олигофитофаг (многолетних бобовых трав, сои и фасоли: *Ononis*, *Medicago*, *Trifolium*, *Lotus*, *Vicia*, *Astragalus*, *Onobrychis*, *Glycyrrhiza* и др.); моновольтинный; зимуют личинки III-IV возрастов, отмечались в качестве вредителей возделываемых растений [14].

Семейство Acanthosomatidae

Acanthosoma forcipatum Reuter, 1881. Илейский Алатау, ур. Медеу, 11.07.2020, 2♀, 3♂; ущ. Шымбулак, 02.08.2021, 4♀, 3♂; ущ. Б. Алматинка, 10.07.2021, 2♀, 3♂. Дендро-тамнобионт (в горах на различных деревьях и кустарниках, особенно плодоносящих); мезофил; полифитофаг; моновольтинный; зимуют имаго [16, 17].

Acanthosoma spinicolle Jakovlev, 1880. Алматы, 02.07.2020, 2♀, 2♂; 09.08.2020, 4♀, 2♂; 10.07.2021, 2♀, 3♂; Илейский Алатау, ущ. Аксай, 11.08.2021, 2♀, 2♂. Дендробионт (на лиственных и хвойных деревьях); мезофил (по лесам: смешанный лес, 900-1000 м); полифитофаг; моновольтинный; зимуют имаго [16, 17].

Elasmucha ferrugata (Fabricius, 1787). Предгорье Илейского Алатау, ущ. Аксай, окр. с. Ушканыр, 27.06.2020, 3♀, 1♂; 06.07.2021, 1♀, 2♂, Алматы, 12.07.2021, 2♀, 2♂. Дендро-тамнобионт (на смородине *Ribes*, жимолости *Lonicera* и др.); мезофил (в лесах, в долинах рек и ручьев, в горах до 1500 м); полифитофаг (отмечен как вредитель ягодных кустарников, на красной смородине [18]; моновольтинный; зимуют имаго.

Elasmucha grisea grisea (Linnaeus, 1758). Предгорье Илейского Алатау, ущ. Аксай, окр. с. Ушканыр, 27.06.2020, 3♀, 1♂; 06.07.2021, 1♀, 2♂, Алматы, 12.07.2021, 2♀, 2♂. Дендробионт (везде, где есть березы); мезофил (в лесах); широкий олигофитофаг (на *Betula*, *Alnus*); моновольтинный; зимуют имаго [19, 20].

Инфраотряд Pentatomomorpha II

Инфраотряд Pentatomomorpha II			
Rhopalidae	<i>Brachycarenum tigrinus</i> (Schilling, 1829)	эврихортобионт, мезо-ксерофил, полифитофаг, 2-3 поколения в год, зимуют имаго	9
	<i>Corizus hyoscyami hyoscyami</i> (Linnaeus, 1758)	хортобионт, мезофил, полифитофаг, бивольтинный, зимуют имаго	
	<i>Maccevetus errans errans</i> (Fabricius, 1794)	хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Maccevetus errans caucasicus</i> (Kolenati, 1845)	хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Rhopalus maculatus</i> (Fieber, 1837)	хортобионт, мезофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Rhopalus parumpunctatus</i> Schilling, 1829	хортобионт, мезофил, полифитофаг, бивольтинный, зимуют имаго	
	<i>Rhopalus subrufus</i> (Gmelin, 1790)	хортобионт, мезофил, полифитофаг, 2-3 поколения в год, зимуют имаго	
	<i>Stictopleurus abutilon</i> (Rossi, 1790)	хортобионт, мезо-ксерофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Stictopleurus crassicornis</i> (Linnaeus, 1758)	хортобионт, мезофил, полифитофаг, 2-3 поколения в год, зимуют имаго	
Alydidae	<i>Alydus calcaratus</i> (Linnaeus, 1758)	герпето-хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, бивольтинный, зимуют яйца и личинки	3
	<i>Camptopus lateralis</i> (Germar, 1817)	хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, бивольтинный, зимуют имаго	
	<i>Megalotomus junceus</i> (Scolopi, 1763)	хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, бивольтинный, зимуют яйца	
Coreidae	<i>Bathysolen nubilus</i> (Fallen, 1807)	хортобионт, мезофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	6

Инфраотряд Pentatomomorpha II			
	<i>Ceraleptus obtusus</i> (Brulle, 1839)	хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Coreus marginatus marginatus</i> (Linnaeus, 1758)	хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, бивольтинный, зимуют имаго	
	<i>Enoplops eversmanni</i> Jakovlev, 1881	хортобионт, мезофил, узкий олигофитофаг, бивольтинный, зимуют имаго	
	<i>Gonocerus patellatus</i> Kiritshenko, 1916	дендробионт, мезофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Gonocerus juniperi</i> Herrich-Schaffer, 1839	дендробионт, мезо-ксерофил, широкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
Cydniidae	<i>Canthophorus melanopterus melanopterus</i> (Herrich-Schaffer, 1835)	герпетобионт, мезофил, узкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	3
	<i>Legnotus limbosus</i> (Geoffroy, 1785)	гео-герпетобионт, мезофил, узкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Shirus parens</i> Mulsant & Rey, 1866	герпетобионт, мезофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
Plataspidae	<i>Coptosoma scutellatum</i> (Geoffroy, 1785)	хортобионт, мезофил, широкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют личинки III-IV возрастов	1
Acanthosomatidae	<i>Acanthosoma forcipatum</i> Reuter, 1881	дендро-тамнобионт, мезофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	4
	<i>Acanthosoma spinicolle</i> Jakovlev, 1880	дендробионт, мезофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Elasmucha ferrugata</i> (Fabricius, 1787)	дендро-тамнобионт, мезофил, полифитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
	<i>Elasmucha grisea grisea</i> (Linnaeus, 1758)	дендробионт, мезофил, широкий олигофитофаг, моновольтинный, зимуют имаго	
6			26

Заключение

В результате полевых научных исследований, проведенных в 2020-2021 гг. на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка выявлены 26 видов, относящийся к 6 семействам полужесткокрылых инфраотряда Pentatomomorpha II. Среди них преобладающие по видовому составу семейства Rhopalidae – 9 видов (88%), Coreidae – 6 видов, Acanthosomatidae – 4 вида, Alydidae и Cydnidae – по 3 вида, а из семейства Plataspidae известны всего 1 вид (12%) (диаграмма 1).

По жизненным формам клопы Иле-Алатауского ГНПП распределяются по 7 группам: хортобионты (15 видов), эврихортобионт (1 вид), дендробионты (4 вида), дендро-тамнобионты (2 вида), герпетобионты (2 вида), герпето-хортобионт (1), гео-герпетобионты (1 вид) (диаграмма 2).

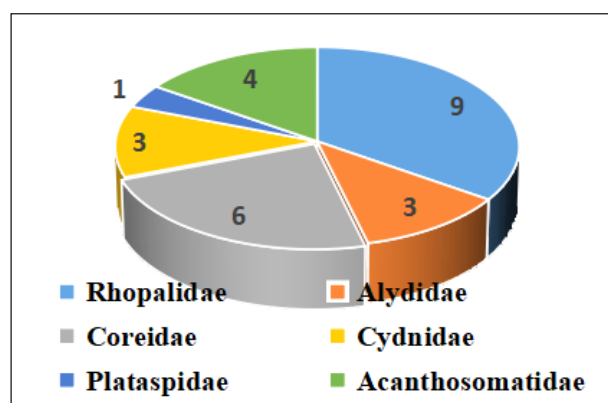


Диаграмма 1 – Распределение видов по семействам

По трофической специализации они подразделяются на фитофагов (29 видов, из них полифитофаги – 13 видов, широкие олигофитофаги – 10 видов, узкие олигофитофаги – 3 вида).

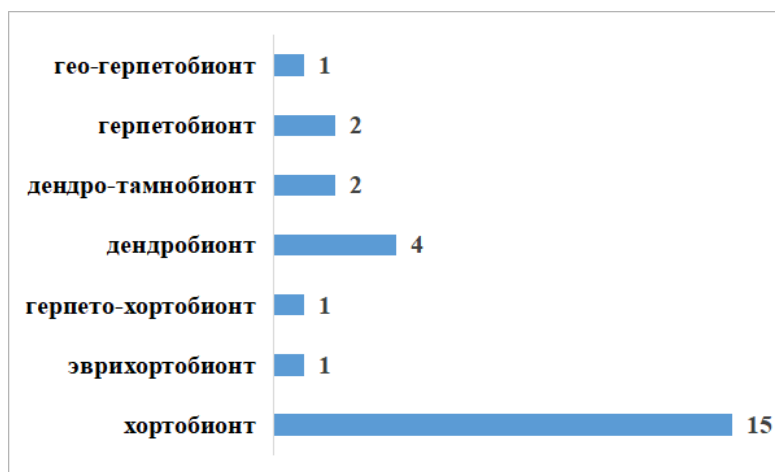


Диаграмма 2 – Группы клопов Иле-Алатауского ГНПП по жизненным формам

Полужесткокрылые Иле-Алатауского ГНПП по числу поколений в год разделяются на 3 группы: моновольтинные (одно поколение в год) – 16 вид, бивольтинные (два поколения в год) – 7 видов, 2-3 поколения в год – 3 вида.

В зоне исследований 23 вида с мезофильной экологией, 3 вида – мезо-ксерофил.

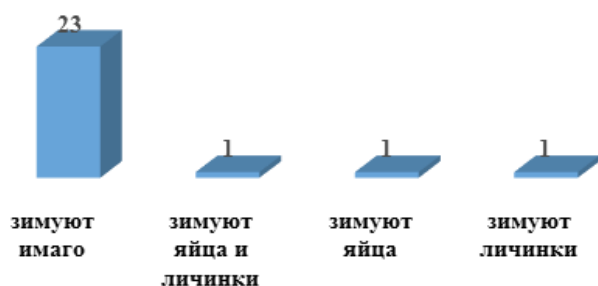


Диаграмма 3 – Зимующие стадии полужесткокрылых Иле-Алатауского ГНПП

Среди полужесткокрылых Иле-Алатауского ГНПП в стадии имаго зимуют 23 вида (94%), в стадии личинки – 1 вид (3%), а в стадии яйца – 1 вид (3%), зимуют яйца и личинки – 1 вид (диаграмма 3).

Конфликт интересов

Все авторы прочитали содержание статьи, ознакомлены с ней и не имеют конфликта интересов.

Источник финансовой поддержки статьи

Название научно-технической программы BR10965224 «Создание кадастра животного мира Северного Тянь-Шаня для сохранения генетического разнообразия животного мира» 2021 г.

Литература

1. Яхонтов В.Е. Экологии насекомых. – М., 1969. – 488 с.
2. Чернова Н.М., Былова А.М. Экология. «Просвещение». – М., 1988. – 272 с.
3. Кириченко А.Н. Методы сбора настоящих полужесткокрылых и изучения местных фаун. – М.-Л., 1957. – Изд-во АН СССР. – 124 с.
4. Палий, В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых / В.Ф. Палий. – Воронеж, 1970. – С. 1-192.
5. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М., 1971. – 424 с.
6. Пучков В.Г. Полужесткокрылые семейства Rhopalidae (Heteroptera) фауны СССР. – Л.: Наука. 1986. – 132 с.
7. Moullet P. Hemipteres Coreoidea, Pyrrhocoridae et Stenocephalidae Euro-Mediterraneens. // Federation Francaise des societies de sciences naturelles. – Paris, 1995. – Т. 81. – 336 p.
8. Kerzhner I.M. 1998. On the genus *Maccavethus* Dallas (Heteroptera: Rhopalidae) // Zoosystematica Rossica. Vol. 7. No. 1. P. 76.
9. Пажитнова З.А. К познанию настоящих полужесткокрылых (Hemiptera-Heteroptera) арчевого заповедника Гуралаш // Тр. Среднеазиатского гос. унив. – 1952. – Вып. 32. – С. 34-59.

10. Асанова Р.Б., Исаков Б.В. Вредные и полезные полужесткокрылые (Heteroptera) Казахстана. Определитель. – Алма-Ата: Изд-во «Кайнар», 1977. – 204 с.
11. Пучков В.Г. Крайовики // Фауна Украины. – Т. 21. – Вып. 2. – Київ, Вид. АН УРСР, 1962. – 163 с.
12. Нейморовец В.В. Дополнение к фауне полужесткокрылых (Heteroptera) Краснодарского края и Республики Адыгея // Энтомол. обзор. – 2003. – Т. 82. – Вып. 3. – С. 584-589.
13. Чернова Г.П. Новые палеарктические виды сем. Coreidae (Heteroptera). // Энтомол. обзор. – 1979. – Т. 58. – Вып. 3. – С. 578-581.
14. Пучков В.Г. Щитники // Фауна Украины. – Т. 21. – Вып. 1. – Київ: Вид. АН УРСР, 1961. – 339 с.
15. Пучков В.Г. Клещи, или настоящие полужесткокрылые // Свекловодство. – 1959. – Т. 3. – Ч. 1. – С. 263-277.
16. Пучков В.Г. Щитники Средней Азии (Hemiptera, Pentatomidea). – Фрунзе: Илим, 1965. – 329 с.
17. Кержнер И.М. Новые и малоизвестные полужесткокрылые (Heteroptera) из Казахстана и других районов СССР // Тр. Зоол. инст-та АН СССР. (Новые виды насекомых фауны Казахстана). – 1964. – Т. 34. – С. 113-130.
18. Винокуров Н.Н. Насекомые полужесткокрылые (Heteroptera) Якутии. – Л.: Наука, 1979. – 232 с.
19. Пучков В.Г. К экологии малоизвестных видов полужесткокрылых (Heteroptera) европейской части СССР. Сообщение III. // Вестн. зоол. – 1967. – № 5. – С. 66-69.
20. Кержнер И.М. Клещи-щитники рода *Elasmucha* Stal (Heteroptera, Acanthosomatidae) фауны СССР // Зоол. журн. – 1972. – Т. 51. – Вып. 2. – С. 214-219.

References

1. Asanova R. B., Isakov B. V. harmful and useful semi-hard-winged (Heteroptera) of Kazakhstan. Determinant. Alma-Ata: Kainar publishing house, 1977, 204 P.
2. Chernova G.P. New paleartic species of the family. Coreidae (Heteroptera). // Entomol. obozr. – 1979. – Vol. 58. – Issue 3. – pp. 578-581.
3. Chernova N.M., Bylova A.M. Ecology. "Enlightenment". – M., 1988. – 272 p.
4. Fasulati K.K. Field study of terrestrial invertebrates. – M., 1971. – 424 p.
5. Kerzhner I.M. 1998. On the genus *Macevethus* Dallas (Heteroptera: Rhopalidae) // Zoosystematica Rossica. Vol. 7. No. 1. P. 76.
6. Kerzhner I.M. New and little-known hemiptera (Heteroptera) from Kazakhstan and other regions of the USSR // Tr. Zool. institute of the USSR Academy of Sciences. (New species of insects of the fauna of Kazakhstan). – 1964. – Vol. 34. – pp. 113-130.
7. Kirichenko A.N. Methods for collecting true Hemiptera and studying local faunas. – M.-L., 1957. – Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR. – 124 p.
8. Moullet P. Hemipteres Coreoidae, Pyrrhocoridae et Stenocephalidae Euro-Mediterraneens. // Federation Francaise des societies de sciences naturelles. – Paris, 1995. – Т. 81. – 336 p.
9. Neymorovets V.V. Supplement to the fauna of hemiptera (Heteroptera) Krasnodar Territory and the Republic of Adygea // Entomol. Review – 2003. – Vol. 82. – Issue 3. – pp. 584-589.
10. Pajitnova Z. A. to the knowledge of Real semi-rigid wings (Hemiptera-Heteroptera) of the Arch Reserve Guralash // TR. Central Asian State University. Univ. – 1952. – Ed. 32. – P.34-59.
11. Paliy, V.F. Methods of studying the fauna and phenology of insects / V.F. Paliy. – Voronezh, 1970. – S. 1-192.
12. Puchkov V. G. Kraeviki // Fauna Of Ukraine. – Vol. 21. – Issue 2. – Kiev, ED. of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1962. – 163 P.
13. Puchkov V.G. Bedbugs, or true hemiptera // Beet breeding. -1959. – Vol. 3. – Part 1. – pp. 263-277.
14. Puchkov V.G. Hemiptera of the family Rhopalidae (Heteroptera) of the fauna of the USSR. – L.: Nauka. 1986. – 132 p.
15. Puchkov V.G. On the ecology of little-known species of hemiptera (Heteroptera) of the European part of the USSR. Message III. Vestn. zool. – 1967. – No. 5. – pp. 66-69.
16. Puchkov V.G. Shchitniki // Fauna of Ukraine. – Vol. 21. – Vip. 1. – Kiev: View. AN URSR, 1961. – 339 p.
17. Puchkov V.G. Shields of Central Asia (Hemiptera, Pentatomoidea). – Frunze: Ilim, 1965. – 329 p.
18. Vinokurov N.N. Insects of hemiptera (Heteroptera) Yakutia. – L.: Nauka, 1979. – 232 p.
19. Yakhontov V.E. Ecology of insects. – M., 1969. – 488 p.
20. Zool. journal. – 1972. – Vol. 51. – Issue 2. – pp. 214-219. Kerzhner I.M. *Elasmucha* Stal (Heteroptera, Acanthosomatidae) species species. Zool. journal. – 1972. – Vol. 51. – Issue 2. – pp. 214-219.

Ж.Ә. Паржанов^{1*}, **Н.Н. Әжіметов¹**, **Е.И. Кистаубаев¹**,
В.А. Погодаев², **А.Е. Қыдырбаева¹**, **Т.У. Байдуйсенова¹**,
Г.Ж. Есентуреева¹

¹Шымкент университеті, Қазақстан, Шымкент қ.

²Федеральдық мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекемесі

«Солтүстік-Кавказ федералды ғылыми аграрлық орталығы», Ресей, Ставрополь қ.

*e-mail: zhanibek_58@mail.ru

КӨК ТҮСТІ ӘРТҮРЛІ РЕҢДІ ЖАКЕТТІК ЕЛТІРІЛІК ТИПТІ ҚОЗЫЛАРДЫҢ ГИСТОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ

Қазіргі кезде нарық экономикасы жағдайында қаракөл елтірісінің сапасын арттыруға кедергі келтіріп отырған бірқатар мәселелер бар. Оның бірі қаракөл қойының өзіндік ерекшеліктерін ескере отырып, селекциялық асылдандыру жұмыстарының тиімді әдістерін, әліде болса жетілдіру керектігі және әр түрлі-түсті қозылардың тері-жүн жабындысының гистоморфологиялық құрылымдарын терең зерттеу және қаракөл қойларының өнімділік сапасын арттыру.

Аталған зерттеудің мақсаты – көк түсті қаракөл қойларынан туылған әр түрлі реңді жакет елтірілік типті қозылардың гистоморфологиялық көрсеткіштерін зерттеу.

Зерттеу нәтижесінде терінің торлы қабатының қалыңдығы бойынша да қара-көк түсті жакетті елтірілік типті маржан реңділерінде – 532,2 мкм, қара көк реңділерінде – 537,7 мкм құрады немесе ашық-көк түсті жакет елтірілік типтеріндегі қозылардың сүт реңділер мен орташа-көк түсті көгілдір реңділерге қарағанда сәйкесінше 43,4 (8,78%) және 46,5 мкм (9,47%) қалың болатындығы анықталды ($P < 0,05$).

Екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі орташа-көк түсті, қорғасын реңді қозыларында қара-көк түсті қаракөл реңді және болат реңді қозыларға қарағанда тиісінше 1,48% және 7,44% қалыңдау екендігін көруге болады. Екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрінің ауытқу коэффициенті $C_v = 15,6-20,5$ аралығында болды. Екінші реттік жүн ұяшықтарының саны бойынша ашық-көк түсті болат реңді жакет елтірілік типтері қозыларында орташа-көк түсті, көгілдір реңді және маржан реңді қозыларға қарағанда тиісінше 6,04% және 9,79% ($P < 0,05$) көп болатынын көруге болады. Тер бездерінің саны бойынша май бездері саны бойынша ара қатынасы (ТБ/МБ) ашық көк түсті қозыларында 1,90-1,95 дана, орташа-көк түсті қозыларында 1,95-2,03 және қара-көк түсті қозыларында 1,89-1,91 дана аралығында болатыны анықталды.

Түйін сөздер: қаракөл, реңі, мүйізді қабаты, емізкі қабаты, торлы қабаты.

Zh. A.Parzhanov^{1*}, N.N. Azhimetov¹, Y.I. Kistaubayev¹, V.A. Pogodaev²,
A.E. Kydyrbaeva¹, T.U. Baiduisenova¹, G. Zh. Yessentureyeva¹

¹PI «Shymkent University», Kazakhstan, Shymkent

²Federal Stat Budgetary Scientific Institution

“North Caucasus Federl Agrarian Research Center”, Russia, Stavropol

*e-mail: zhanibek_58@mail.ru

Histological indicators of gray lambs of different colors of jacket-smush type

Currently, in a market economy, there are a number of problems that impede the improvement of the quality of karakul. One of them is the need to improve effective methods of selection and breeding, taking into account the characteristics of karakul sheep, in-depth study of the histomorphological structures of the skin and wool of lambs of different colors and increase the productivity of karakul sheep.

The purpose of this study is to study the histomorphological features of lambs of different colors of the jacket-type lambs obtained from gray karakul sheep.

According to the results of the study, in dark gray lambs of the mother-of-pearl jacket type, the thickness of the reticular layer of the skin was 532.2; in dark gray lambs – 537.7 microns, or by 43.4% (8.78%) and 46.5 (9.47%) are fatter than light gray milky and medium gray jacket blue lambs ($P < 0.05$).

It can be seen that the diameter of the secondary hair follicles in lead-colored medium-gray lambs is 1.48% and 7.44% thicker than in steel-colored and blue-colored dark gray lambs, respectively. The coefficient of deviation of the diameter of hair secondary hair follicles ranged from $C_v = 15.6-20.5$.

According to the number of secondary hair follicles, it can be seen that in lambs of light gray color of steel of the jacket type, it is 6.04% and 9.79% more than in lambs of light gray color of blue and mother-of-pearl colors ($P < 0.05$). According to the ratio of the number of sweat and sebaceous glands (SG/SG), it was found that in light gray lambs it is in the range of 1.90-1.95 pieces, in medium gray lambs 1.95-2.03 and in dark gray lambs 1.89-1.91.

Key words: karakul, coloration, epidermis, pilar layer, reticular layer.

Ж.А. Паржанов^{1*}, Н.Н. Ажиметов^{1*}, Е.И. Кистаубаев¹, В.А. Погодаев²,
А.Е. Кыдырбаева¹, Т.У. Байдуйсенова¹, Г.Дж. Есентуреева¹

¹ЧУ «Шымкентский университет», Казахстан, г. Шымкент

²ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», Россия, г. Ставрополь

*e-mail: zhanibek_58@mail.ru

Гистологические показатели ягнят серой окраски разной расцветки жакетного смушкового типа

В настоящее время в условиях рыночной экономики существует ряд проблем, препятствующих повышению качества каракуля. Одним из них является необходимость совершенствования эффективных методов селекции и разведения с учетом особенностей каракульских овец, углубленного изучения гистоморфологических структур кожи и шерсти ягнят разных расцветок и повышения продуктивности каракульских овец.

Целью настоящего исследования является изучение гистоморфологических особенностей ягнят разных расцветок жакетного смушкового типа, полученных от серых каракульских овец.

По результатам исследования у темно-серых ягнят жакетного типа перламутровой расцветки толщина ретикулярного слоя кожи составила 532,2 мкм у темно-серых – 537,7 мкм, или на 43,4% (8,78%) и 46,5 мкм (9,47%) толще, чем у ягнят светло-серой окраски молочной расцветки и средне-серой окраски голубой расцветки жакетного смушкового типа ($P < 0,05$).

Видно, что у ягнят средне-серой окраски свинцовой расцветки диаметр вторичных волосных фолликулов на 1,48% и 7,44% толще, чем у ягнят темно-серой окраски стальной и голубой расцветок соответственно. Коэффициент отклонения диаметра волосных вторичных фолликул шерсти колебался в пределах $C_v = 15,6-20,5$.

По количеству вторичных волосных фолликул видно, что у ягнят светло-серой окраски стальной расцветки жакетного смушкового типа на 6,04% и 9,79% больше, чем у ягнят светло-серой окраски голубой и перламутровой расцветок ($P < 0,05$). По соотношению числа потовых и сальных желез (СЖ/ПЖ) установлено, что у светло-серых ягнят составляет в пределах 1,90-1,95 штук, у средне-серых ягнят 1,95-2,03 и у темно-серых ягнят 1,89-1,91.

Ключевые слова: каракуль, расцветка, эпидермис, пилярный слой, ретикулярный слой.

Қысқартулар: ҰБРД – жүн ұяшықтарының бірінші реттік диаметрі, ҰЕРД – жүн ұяшықтарының екінші реттік диаметрі, ҰБРС – жүн ұяшықтарының бірінші реттік саны, ҰЕРС – жүн ұяшықтарының екінші реттік саны, МБ – май бездері және ТБ – терлеу бездері

Кіріспе

Қазақстанның оңтүстік-батыс аймағын алып жатқан орасан зор жер көлемінде мал шаруашылығының барлық салалары дамыған. Оның ішінде қой өсіретін шөл және шөлейт аймағы еліміздің 40 млн. гектардан аса жайылымдарын құрайтын, табиғи ауа райы жағдайларына байланысты тек қана қаракөл қойын өсіруге жарамды ауыл шаруашылығы жерлері.

Қаракөл қойының тұқымдық ерекшелігі оның қозы кезінде түрлі-түсті елтірілік қасиеті. Осы қасиетінің арқасында қаракөл қойын өсірумен дүниежүзілік бірнеше шөлді-шөлейтті аймақтарда орналасқан мемлекеттер айналысады. Қаракөл қойынан тек елтірі емес, ет, жүн және сүт өндіруге болады. Қаракөл қойының біздің республикамызда қажеттілігі осы қой тұқымы елтірісіне одан дайындалған киімдерге (манто, тон, бас киімнің түрлері) сұранысының жоғарылауы. Қаракөл елтірісі ерекше түсі бойынша орналасқан гүлдерімен түр-түсімен бағалы.

Қаракөл қой тұқымында кездесетін барлық түстер арасында көк түсі өзінің құрамында әр түрлі, айрықша әсем реңдерімен ерекшеленеді және сапалы әрі әсем реңді елтірілерден

тігілетін өнімдер әрқашан тұтынушылардың жоғарғы сұранысына ие. Көк түсті қаракөл қойларын басқа түсті қойлармен салыстырғанда селекциялық сұрыптау жұмыстарын жүргізу күрделірек. Себебі мұнда негізгі селекциялық белгілер – түстер мен реңдердің тұқымға берілуін қамтамасыз ету.

Көк түсті елтірінің бағалы қасиеттерінің бірі болып олардағы реңдердің қанықтылығы болып саналады. Көк түсті қаракөл қозылары түс қанықтығына қарай ақшыл – көк (70%-тен астамы ақ жүн), орташа – көк (40%-тен 70%-ке дейін), қара-көк (45%-ке дейін) болып бөлінеді.

Көк қозының ақшыл-көк түсінің қанықтылығы өзара бірнеше реңге бөлінеді: болат және сүт реңге; орташа-көк түс: көгілдір, күміс және қорғасын; қара-көк: қырау, маржан және қара көк реңдерге бөлінеді.

Осыған байланысты нарықтың сұранысы мен табиғи-климаттық жағдайларды ескере отырып, селекциялық-асылдандыру жұмыстары мен өсіруді тиімді жүргізудің маңызы зор. Қаракөл қойларының түсіне және реңдеріне қарай әр түрлі табиғи жағдайларға төзімділікке ие екендігі белгілі.

Табиғи-климаттық жағдайдың күрт өзгеруіне төзімді болуы терінің гистоморфологиялық құрылымына да байланысты. Осыған орай, терінің гистоморфологиялық құрылымын зерттеу заман талабына сай өзекті мәселе болып табылады.

Мақсаты: көк түсті әртүрлі реңді жакет елтірілік типті қаракөл қозылардың гистоморфологиялық көрсеткіштерін зерттеу.

Міндеттері:

1. Терінің жалпы қалыңдығы мен оның жекелеген қабаттарын (мүйізді қабаты, емізікті қабаты, торлы қабаты) зерттеу.

2. Жүн ұяшықтарының бірінші және екінші реттік диаметрін зерттеу.

3. Жүн ұяшықтарының бірінші және екінші реттік санын анықтау.

4. Май және тер бездерінің санын анықтау.

Тері жылу алмасу, зат алмасу процестеріне қатысатын мүше. Қой терісінде түзілген жүн талшықтары қызу реттегіш механизмнің бір бөлігі ретінде физиологиялық роль атқарады. Терінің гистологиялық құрылымы қыртысы мүйізді қабаты (эпидермистен), емізікті және торлы қабаттан тұратын терінің өзінен (дермадан) құралған. Терінің қорғаныс қызметіндегі басты рольге мүйізді қабаты ие, өйткені тері беріктігі оның өзінің дәнекер ұлпасымен

қамтамасыз етіледі. Мүйізді қабаты сыртқы орта әсерін алғаш қабылдайтын тері қабаты болғандықтан жақсы дамуы шарт [1,2,3,4].

Талшық өзегі сыртқы беттен ішкі жағына қарай үш қабаттан тұрады (кутикула, қабық, мильқ заттар), кутикула жалпақ эпителийдің кератинденген жасушаларынан тұрады, ал қабықта бір-бірімен десмосомалармен байланысқан кератинденген жасушалары бар және пигментті түйіршектерден тұрады, өзегі жұмсақ кератиннен [5,6] тұратындықтан, талшық фолликулалары екі қабаттан тұрады: (дермалық түбір қабық) деп аталатын ішкі қабықша дерма қабатынан шыққан, одан басқа қатар, (эпидермальды түбір қабық) деп аталатын сыртқы түбір қабығы эпидермис қабатынан пайда болады [7]. Қой терісінің жүн фолликулалары біріншілік және екіншілік жүн фолликулалары болып бөлінеді, біріншілік түрі – тері қабатындағы барынша ірі және терең фолликулалар, сонымен қатар май және тері бездерімен байланысты, бірақ екіншілік фолликулалардың диаметрі кіші, терінің беткі қабатының жанында орналасқан және тек май бездерімен жұғысады [8,9]. Май бездері – тағы бір тері қосымшасы – шаш түбірі каналының эпителийінен [9,10] бөлінетін қарапайым тармақталған альвеолярлы бездер, сондықтан май бездері барынша шаш фолликулаларымен бірге жүреді, олардың секрециясы фолликулалар арқылы (тері майы) терінің сыртқы бетіне бөлінеді [10]. Бұл безде екі түрлі жасаушалар бар (базальды және секреторлық), бұл бездің барлық жасаушалары гидролизденіп, липидтік тамшылармен бірге бөлінеді, өйткені онда (голокриндік секреция түрі бар) [11,12]. Тер бездері маңызды тері қосалқылары болып табылады, олар қарапайым түтік тәрізді спиральді без, оның спиральді секреторлық бөлігі терінің тері қабатының терең бөлігінде орналасады және бұл бездің өзегі эпидермис қабаты арқылы сыртқы бетіне шығады [13]. Тер безінің қызметі температураны реттеу және суды ұстап тұру – тірі организмнің иондық тепе-теңдігі [14,15]. Тері бездері гистологиялық құрылысы мен қызметіне қарай екі түрге (апокринді және мерокринді) бөлінеді, бірақ таралу түрі ең көп апокриндік тер бездері [16].

Жануарлар терісінің гистологиясы бойынша зерттеулер негізінен тірі жануарлардың [17], түрлер мен тұқымдар арасындағы айырмашылықтарды [18,19], құрылымдық ерекшеліктерін [18,20] немесе белгілі бір құрымдас бөліктерін зерттеуге бағытталған [21].

Қаракөл қойы дүние жүзіне белгілі қой тұқымы болып саналады және түстердің көп түрлілігімен ерекшеленеді -қара, көк, сұр, қоңыр, ақ, қызғылт және т.б. Түстердің көп түрлі болуы жануарлардың эволюциялық даму барысында сыртқы ортаның өзгеріш жағдайына бейімделуіне мүмкіндік береді. Әрбір түс бірнеше реңдер бойынша бөлінеді. Түрлі түсті қаракөл қойларымен жұмыс істеуде рең мен оның анықтылығы ең негізгі болып келеді. Елтірілік тип селекция мақсатында назарға алынып, реңнен кейінгі екінші орында тұрады [22,23,24].

Тері гистоқұрылымының жакет, қабырғагүл және жазықгүл елтірілік типтерінің қой шаруашылық-пайдалы белгілерінде қозылардың 1 мм-дегі фолликулалар саны жаңа туылған қозылардың жүн ұзындығымен жоғары теріс корреляцияға ие екендігін және фолликулдың тығыздығы 5 айлық жаста теріс байланысты. Оған қоса жакет елтірілік типті қозыларында бұл корреляция әлсіз екендігін айтады [25,26,27,28].

Б.Е.Нарбота мен А.Ж.Саниязовалардың [29] зерттеулерінде екінші реттік фолликулалардың саны әрқашанда бірінші реттік фолликулалардың санына қарағанда көп болатынын анықталған. Бірінші реттік фолликулалардың сандық құрамы түсіне қарамастан, кавказдық елтірілік типіндегі қозыларда, одан кейін жакетт және қабырғагүлді типтегі қозыларда жоғары болатынын атап көрсеткен.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысанымыз көк түсті ашық көк (болат, сүт), орташа көк (көгілдір, күміс, қорғасын) және қара көк (қырау көк, маржан, қара көк) қаракөл қозылары. Зерттеуге таңдап алынған 3 күндік қозылардан құйымшақ жағынан биопсия арқылы 1x1 см көлемде тері үлгілері алынды және жара орны лигатурамен тігіліп, үстіне ұнтақты ксероформ себіліп, коллоид жағылды. Үлгілерді сақтау үшін алғашқыда оларды 10 пайыздық формалинге салып, ал 72 сағаттан кейін 5 пайыздық формалинге ауыстырылды. Сақтаудан кейін тері үлгілері зерттеу үшін суда бір тәулік бойы шайылып, тек содан кейін олардан қатырғыш микротомда зерттелетін тік және көлденең кесінділер алынды.

Гематоксилин-эозинмен (Ресей) дайындалып және боялған гистологиялық тері кесінділері мен Вин-Гизонмен дайындау Н.А.Диамидова,

Е.П.Панфилова, Е.С.Суслина [30] әдістемесі бойынша жасалды.

Гистологиялық тері кесінділері мұздатылған микротомда дайындалды. Тік және көлденең кесінділер жасалынды. Көлденең (терінің беткі қабатымен параллель) кесінділер май бездерінің кіру деңгейінде дайындалады. Гистологиялық тері кесінділері микротом пышағынан алынған кесіндіні Судан III (Судан Республикасы, Африка) бояуына салынып, май бездеріндегі қор заттары сары қызыл түске боялып, біріншілік және екіншілік ұяшықтардың көрінуіне жақсы көмектеседі.

Судан III бояуынан алынған кесінді 50⁰С спиртпен шайылды, содан соң дистильденген сумен жуып, гематоксилин Коррачи (Ресей) бояуының ерітіндісіне ауыстырылып, ұяшықтардың клеткасындағы ядролық заттарды көруге мүмкіндік жасады. Гематоксилин кесінді дистилденген суға ауыстырып, содан соң заттық шыныға қойылады. Керілген гистокесіндіге желатин + глицерин (Ресей) қоспасының тамшысын тамызып, жабын шынысымен жабылады.

Вертикальді перспективадағы дайындалған терінің жоғары қабатына байланысты (қылшықтың жүруіне) препараттарда мыналар зерттелді: терінің жалпы қалыңдығы мен оның жекелеген қабаттарының (мүйізді қабаты, емізкі қабаты, торлы қабаты). Онда жүн ұяшықтарының бірінші реттік диаметрі (ҰБРД), жүн ұяшықтарының екінші реттік диаметрі (ҰЕРД), жүн ұяшықтарының бірінші реттік саны (ҰБРС), жүн ұяшықтарының екінші реттік саны (ҰЕРС), май және тер бездерінің саны анықталды.

Зерттеу нәтижелері мен талдаулар

Малдардың өнімділігі мен асылдандыру жұмыстарының сапасын жоғарылату үшін қолданыстағы зоотехникалық тәсілдер мен әдістері биологиялық тестерді пайдаланудың арқсында дәлдігін жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Өртүрлі экологиялық қаракөл қойларының өртүрлі елтірілік типті малдардың жаңадан туылған кезде байқалатын жүн жабындысының құрылысы мен құрамында айырмашылықтар айқын көрінеді. Қаракөл бұйрасы терінің туындысы болып табылады, ал қаракөл терілерінің тауарлық бағалылығы негізінен туылған кездегі тері-жүн жабындысының сипатымен анықталады.

Көк түсті әртүрлі реңді жакет елтірілік типті қозылардың жалпы және жекелеген қабаттарының қалыңдығы анықталды және 1-кестеде көрсетілген.

1-кестеден көрініп тұрғандай, туылған кездегі көк түсті жакет елтірілік типті қаракөл қозылардың жалпы тері қалыңдығы (1840,6 – 1977,5 мкм) мен оның жекелеген қабаттары әртүрлі болатыны анықталды (1-сурет және 2). Ашық – көк түсті жакет елтірілік типтеріндегі қозылардың жалпы тері қалыңдығы болат реңділерінде – 1894,7 мкм, сүт реңділерінде – 1840,6 мкм, орташа – көк

түсті көгілдір реңділерінде – 1848,6 мкм, күміс реңділерінде – 1887,9 мкм, қорғасын реңділерінде – 1902,8 мкм, ал қара – көк түсті жакет елтірілік типті қырау көк реңділерінде – 1925,9 мкм, маржан реңділерінде – 1956,8 мкм және қара көк реңділерінде – 1977,5 мкм құрады. Қара – көк түсті жакет елтірілік типті қара көк реңділері ашық – көк түсті жакет елтірілік типтеріндегі сүт реңді және орташа – көк түсті көгілдір реңділерге қарағанда сәйкесінше 136,9 (7,43%) мкм ($P < 0,05$) және 128,9 (6,97%) мкм ($P < 0,05$) қалың екендігін көруге болады.

1-кесте – Әртүрлі реңді жакет елтірілік типті қозылардың жалпы және жекелеген қабаттарының қалыңдығы үн ұяшықтарының диаметрі

микрометр есебімен

Реңдері	Жалпы тері қалыңдығы	оның ішінде:					
		мүйізді қабаты	%	емізiкi қабаты	%	торлы қабаты	%
Ашық – көктер							
болат	1894,7±0,65	24,3	1,28	1358,6	71,71	511,8	27,01
сүт	1840,6±0,42	23,0	1,25	1323,3	69,89	494,3	26,86
Орташа – көктер							
көгілдір	1848,6±0,38	23,2	1,26	1334,2	72,17	491,2	26,57
күміс	1887,9±0,47	24,8	1,31	1361,4	72,12	501,7	26,57
қорғасын	1902,8±0,34	25,5	1,34	1364,7	72,12	512,6	26,94
Қара – көктер							
қырау көк (седая)	1925,9±24,5	25,2	1,31	1392,0	72,28	508,7	26,41
маржан	1956,8±0,33	26,4	1,35	1398,2	71,45	532,2	27,20
қара көк	1977,5±0,39	25,8	1,30	1414,0	71,51	537,7	27,19

Терінің мүйізді қабатының қалыңдығы қара – көк түсті жакет елтірілік типті маржан реңділерінде – 26,4 мкм, қара көк реңділерінде – 25,8 мкм, орташа – көк түсті қорғасын реңділерінде – 25,5 мкм, ал ашық – көк түсті жакет елтірілік типтеріндегі қозылардың болат реңділерінде – 24,3 мкм. Терінің мүйізді қабатының қалыңдығы қалған реңдерінде (23,0 – 25,8 мкм) аралығында болатыны анықталды.

Терінің емізiкi қабатының қалыңдығы да қара – көк түсті жакет елтірілік типті қара көк реңділерінде – 1414,0 (71,51%), ашық – көк түсті

жакет елтірілік типтеріндегі қозылардың болат реңділерінде – 1358,6 (71,71%) мкм, орташа – көк түсті қорғасын реңділерінде – 1364,7 мкм, күміс реңділерінде – 1361,4 (72,12%) мкм және қара көк реңді жакет елтірілік типті қозыларда 1414,0 (71,51%) мкм болды.

Терінің торлы қабатының қалыңдығы бойынша да қара – көк түсті жакет елтірілік типті маржан реңділерінде – 532,2 мкм, қара көк реңділерінде – 537,7 мкм құрады немесе ашық – көк түсті жакет елтірілік типтеріндегі қозылардың сүт реңділер мен орташа – көк түсті көгілдір реңділерге қарағанда сәйкесінше

43,4 (8,78%) және 46,5 мкм (9,47%) қалың болатындығы анықталды ($P < 0,05$).

Қорыта келгенде, тері қабаттарының дамуында мүйізді қабаттың жалпы қалыңдығы 1,25%-дан 1,35%-ды, емізiктi қабаты 69,89%-ден 72,28%-ды, ал торлы қабаты 26,57%-дан 27,20%-ды құрайтынын айтуға болады. Терісінің мүйізді қабаты қабаттарының қалыңдығы мен олардың салыстырмалы салмағы терінің жалпы қалыңдығы тәрізді тұқым қуалайды. Ал терінің емізiктi қабатының қалыңдығының қалыңдау және жүн талшықтарына қарағанда ірі қылшықтың болуымен байланысты болады.

Жүн ұяшықтарының диаметрін олардың даму ерекшеліктерін білдіретін белгі ретінде қарастыруға болады, себебі жақсы дамыған жүн ұяшықтары жүн талшықтарының өсіп-жетілуіне қажетті барлық факторларға дұрыс қалыптасуын қамтамасыз етеді, негізінен терінің жалпы және жекелеген қабаттарының қалыңдығын, жүн ұяшықтарының диаметрі бірінші және екінші реттік сандық құрамын зерттеумен шектеледі, жүн ұяшықтарының диаметріне жеткілікті көңіл бөлінбеуде. Осы орайда, біз көк түсті қаракөл қозылары жүнінің ұяшықтарының диаметрі мен санының бірінші және екінші реттік бойынша зерттеулер жүргіздік (2-кесте).

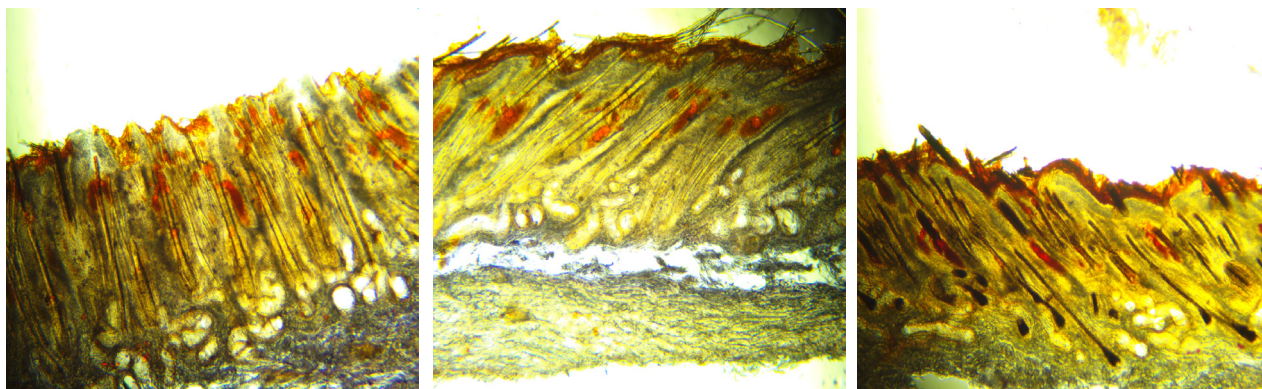
2-кесте – Өртүрлі реңді жакет елтірілік типті қозылардың жүн ұяшықтарының диаметрі

микрометр есебімен

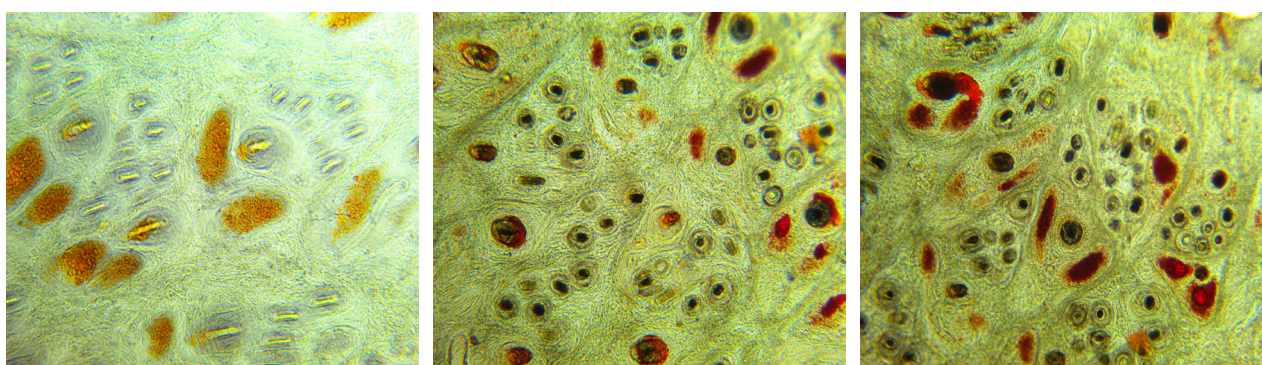
Реңдері	Жүн ұяшықтарының диаметрі				ҰБРД/ҰЕРД
	бірінші реттік		екінші реттік		
	M±m	C _v	M±m	C _v	
Ашық – көк					
болат	214,0±0,78	20,1	102,2±0,67	16,6	2,09
сүт	219,6±0,87	22,8	101,5±0,64	17,1	2,16
Орташа – көк					
көгілдір	215,6±0,84	19,5	109,4±0,79	18,0	1,97
күміс	214,3±0,68	17,6	108,4±0,74	15,6	1,98
қорғасын	215,3±0,59	18,9	109,8±0,89	17,5	1,96
Қара – көк					
қырау көк (седая)	217,1±0,81	21,6	107,8±0,67	20,5	2,01
маржан	216,4±0,75	19,4	107,1±0,76	19,2	2,02
қаракөк	216,0±0,64	23,8	108,2±0,82	20,1	2,00

2-кестеден көрініп тұрғандай, бірінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі ашық-көк түсті сүт реңді жакет елтірілік типті қозыларда – 219,6 мкм, болат реңділерде – 214,0 мкм, орташа-көк түсті, күміс реңділерде – 214,3 мкм, көгілдір реңділерде – 215,6 мкм, қорғасын реңділерде – 215,3 мкм, ал қара – көк түсті қырау көк реңді қозыларда – 217,1 мкм, маржан реңділерде – 216,4 мкм, қаракөк реңділерде – 216,0 мкм құрады не-

месе бірінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі ашық-көк түсті сүт реңді жакет елтірілік типті қозыларында орташа-көк түсті, көгілдір реңді және қара-көк түсті қырау көк реңді қозыларға қарағанда 40,0 (1,86%) мкм және 25,0 (1,15%) мкм қалыңдау болатыны анықталды. Бірінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрінің вариация коэффициенті $C_v = 17,6-22,8$ аралығында болды.



1-сурет – Тері қалыңдығы және оның қабаттары а) ашық – көк, ә) орташа – көк, б) қара – көк



2-сурет – Терінің көлденең гистологиялық бөлігі а) ашық-көк, ә) орташа-көк, б) қара-көк

Екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі орташа – көк түсті, көгілдір реңділерде – 109,4 мкм, қорғасын реңділерде – 109,8 мкм, күміс реңділерде – 108,4 мкм, қара – көк түсті қаракөк реңділерде – 108,2 мкм, қырау көк реңділерде – 107,8 мкм, маржан реңділерде – 107,1 мкм, ашық – көк түсті сүт реңділерде – 101,5 мкм, болат реңді қозыларда – 102,2 мкм болатыны анықталды. Екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі орташа – көк түсті, қорғасын реңді қозыларында қара – көк түсті қаракөк реңді және болат реңді қозыларға қарағанда тиісінше 1,48% және 7,44% қалыңдау екендігін көруге болады. Екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрінің ауытқу коэффициенті $C_v=15,6-20,5$ аралығында болды.

Бірінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметріне (ҰБРД/ҰЕРД) ара қатынасы ашық – көк түсті сүт реңді жакет елтірілік типті қозыларда – 2,16, болат реңділерде – 2,09, қара – көк түсті қырау көк реңді қозыларда – 2,01, маржан реңділерде –

2,02, қаракөк реңділерде – 2,00, ал бірінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметріне ең аз қатынасы орташа – көк түсті, күміс реңділерде – 1,98, көгілдір реңділерде – 1,97, қорғасын реңді қозыларда – 1,96 құрайды.

Қаракөл қойының туылған кезіндегі бұйраларының пайда болуы ол морфологиялық құрамы бойынша ерекшеленетін түктерге байланысты болып келеді. Қорғаныш талшықтары бірінші реттік фолликулаларының өнімі, ал мамық талшықтар екінші реттік фолликулаларының өнімі екені белгілі. Осының негізінде түрлі түсті және астра типті қаракөл қозыларының жүн түтіктерінің сандық құрамын зерттеу, біздің ойымызша, кейін малдың асыл тұқымдылығын бағалауда қосымша белгі ретінде пайдалануға болатын белгілі бір заңдылықтарды ашуға мүмкіндік береді. Түрлі түсті қаракөл қозыларының жүн түбіршіктерінің сандық құрамын зерттеу бойынша жүргізілген жұмыстар жоғарыда

аталған қозылардағы жүн түтіктерінің сандық қатынасы бөліну түріне байланысты әртүрлі болуы мүмкін екенін көрсетті.

3-кестеден көрініп тұрғандай, бірінші реттік жүн ұяшықтарының саны бойынша екінші реттік

жүн ұяшықтарының саны бойынша ара қатынасы (ҰЕРС/ҰБРС) ашық – көк түсті қозыларында 1,54 – 1,55 дана, орташа – көк түсті қозыларда 1,36 – 1,42 және қара – көк түсті қозыларда 1,28 – 1,32 дана аралығында болды.

3-кесте – Әр түрлі реңді жакет елтірілік типті қозылардың жүн ұяшықтарының саны, мм²

Реңдері	Жүн ұяшықтарының саны				Барлығы	ҰЕРС/ҰБРС
	бірінші реттік		екінші реттік			
	M±m	C _v	M±m	C _v		
Ашық – көктері						
болат	34,0±0,39	25,4	52,7±0,47	17,6	86,7	1,55
сүт	33,6±0,58	15,2	51,8±0,55	19,8	85,4	1,54
Орташа – көктері						
көгілдір	35,1±0,47	14,8	49,7±0,45	19,5	84,8	1,42
күміс	35,7±0,38	16,2	48,6±0,38	21,6	84,3	1,36
қорғасын	35,3±0,44	15,8	49,2±0,49	20,7	84,5	1,39
Қара – көктері						
қырау көк (седая)	37,1±0,40	18,6	47,3±0,43	22,4	84,4	1,27
маржан	37,4±0,34	15,2	47,8±0,35	21,4	85,2	1,28
қара көк	36,5±0,48	16,7	48,0±0,51	20,8	84,5	1,32

Туылған кездегі көк түсті жакет елтірілік типті қаракөл қозылардың жүн ұяшықтарының жалпы саны (84,3 – 86,5 дана) аралығында болатыны анықталды.

Бірінші реттік фолликулалардың саны 1 мм²-де ашық – көк түсті сүт реңді жакет елтірілік типті қозыларда – 34,0 дана, болат реңділерде – 33,6 дана, орташа – көк түсті, күміс реңділерде – 35,7, қорғасын реңділерде – 35,3, көгілдір реңділерде – 35,1, ал қара – көк түсті маржан реңділерде – 37,4, қырау көк реңді қозыларда – 37,1, қаракөк реңділерде – 36,5 дананы құрады. Бірінші реттік жүн ұяшықтарының саны бойынша ауытқу коэффициенті C_v=14,8-25,4 аралығында болды.

Екінші реттік жүн ұяшықтарының саны 1 мм²-де ашық – көк түсті болат реңді жакет елтірілік типті қозыларда – 52,7 дана, сүт реңділерде – 51,8 дана, орташа – көк түсті, көгілдір реңді қозыларда – 49,7, қорғасын реңділерде – 49,2, күміс реңділерде – 48,6, ал қара – көк түсті

қырау көк реңділерде – 47,3, қаракөк реңділерде – 47,8, маржан реңділерде – 48,0 дана болатыны анықталды. Екінші реттік жүн ұяшықтары диаметрінің ауытқу коэффициенті C_v=17,6-22,4 аралығында болды. Екінші реттік жүн ұяшықтарының саны бойынша ашық – көк түсті болат реңді жакет елтірілік типті қозыларында орташа – көк түсті, көгілдір реңді және маржан реңді қозыларға қарағанда тиісінше 6,04% және 9,79% (P<0,05) көп болатынын көруге болады.

4-кестеден көрініп тұрғандай, тер және май бездерінің сандық арақатынасын бір шаршы миллиметр бойынша есептеу барысында қозылардың реңдеріне байланысты белгілі бір айырмашылықтар бар екені анықталды. Тер бездерінің саны бойынша май бездері саны бойынша ара қатынасы (ТБ/МБ) ашық – көк түсті қозыларда 1,90 – 1,95 дана, орташа – көк түсті қозыларда 1,95 – 2,03 және қара – көк түсті қозыларда 1,89 – 1,91 дана аралығында болды.

4-кесте – Көк түсті жакет елтірілік типті қозылардың май және тер бездерінің саны

Реңдері	Май бездері		Тер бездері		ТБ/ МБ
	M±m	C _v	M±m	C _v	
Ашық – көктер					
болат	34,8±0,49	24,8	66,1±0,62	23,7	1,90
сүт	34,2±0,62	21,2	66,8±0,67	22,5	1,95
Орташа – көктер					
көгілдір	33,8±0,54	24,6	67,8±0,51	24,6	2,01
күміс	34,9±0,61	21,8	68,0±0,59	25,6	1,95
қорғасын	33,4±0,57	20,6	67,8±0,67	24,8	2,03
Қара – көктер					
қырау көк (седая)	35,8±0,57	18,8	68,3±0,54	19,3	1,91
маржан	36,2±0,83	21,3	68,7±0,80	20,4	1,90
қара көк	36,8±0,86	19,2	69,4±0,75	20,7	1,89

Май бездерінің саны бойынша ашық – көк түсті сүт реңді қозыларда – 34,2 дана, болат реңділерде – 34,8 дана, орташа – көк түсті, күміс реңді қозыларда – 34,9, қорғасын реңділерде – 33,4, көгілдір реңділерде – 33,8, ал қара – көк түсті маржан реңді қозыларда – 36,2, қырау көк реңді қозыларда – 35,8, қаракөк реңділерде – 36,8 дана болатынын көруге болады. Май бездерінің саны бойынша ауытқу коэффициенті $C_v=18,8-24,8\%$ аралығында екені анықталды.

Тер бездерінің саны ашық – көк түсті сүт реңді қозыларда – 66,8 дана, орташа – көк түсті күміс реңділерде – 68,0, ал қара – көк түсті қаракөк реңділерде – 69,4 дана болатыны анықталды. Тер бездерінің саны қара – көк түсті қаракөк реңді қозыларда орташа – көк түсті күміс реңді және ашық – көк түсті сүт реңді қозыларға қарағанда тиісінше 2,06% және 3,89% ($P<0,05$) көп болатынын көруге болады. Тер бездері санының вариация коэффициенті $C_v=19,3 - 25,6\%$ аралығында болды.

Қорытынды

Жакет елтірілік типті қара – көк түсті қаракөк қозылардың жалпы тері қалыңдығы ашық – көк

және орташа – көк түсті қозыларға қарағанда, қалың болатындығы немесе сәйкесінше 136,9 (7,43%) мкм ($P<0,05$) және 128,9 (6,97%) мкм ($P<0,05$) қалың екендігі байқалады.

Бірінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрі екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметріне (ҰБРД/ҰЕРД) ара қатынасы ашық – көк түсті қозыларда 2,09 – 2,16, орташа – көк түсті қозыларда 1,96 – 1,98, қара – көк түсті қозыларда 2,00 – 2,02 аралығында болатыны анықталды.

Бірінші реттік жүн ұяшықтарының саны бойынша ауытқу коэффициенті $C_v=14,8-25,4$, екінші реттік жүн ұяшықтарының диаметрінің ауытқу коэффициенті $C_v=17,6-22,4$ аралығында болды. Екінші реттік жүн ұяшықтарының саны бойынша ашық – көк түсті болат реңді жакет елтірілік типті қозыларында орташа – көк түсті, көгілдір реңді және маржан реңді қозыларға қарағанда тиісінше 6,04% және 9,79% ($P<0,05$) көп болатыны анықталды.

Май бездерінің саны тер бездерінің санына қарағанда екі есе көп және арақатынасын бір шаршы миллиметр бойынша есептеу барысында қозылардың реңдеріне байланысты белгілі бір айырмашылықтар бар екені анықталды.

Әдебиеттер

- 1 Диомидова Н.А. Особенности строения и развития кожи у серых каракульских ягнят // Тр. ИМЖ АН СССР, вып.7, – 1952. – С. 114-119.
- 2 Диомидова Н.А. Индивидуальные особенности строения и развития кожи и волосяных фолликулов у каракульских ягнят // Каракулеводство и звероводство. -1957. – №1. – С. 24-26.
- 3 Картер Х.Б. Группы волосяных фолликулов у овец // Новое в овцеводстве. – М., – 1957. – С. 48-51.
- 4 Омбаев Ә., Илиясов Ә. Мал және аң терілерін толық өңдеу технологиясы // – Алматы, Издательство «Бастау» ЖШС – 2007. – 168 с.
- 5 Richard W., Hunter J., Savin J., Dahl M. Clinical dermatology (4thed) malden massachuesttes USA // Black net publishing. (2008); – P. 268
- 6 Krause W.J., Cutts J.H. Concise text of Histology 2nd ed. (1986); – P. 273-282.
- 7 Bragulla H.H., Hombergwer D.G. Structure and Functions of Keratin Proteins in Simple Stratified Keratinized and Cornified epithelium // J. Anat. 214: (2009); – P. 516–550
- 8 Genkovski D., Gerchev G. Study of the skin Histological structure in ewes from Staroplaninska and Thoroughbred. Biotechnology in animal husbandry Belgrade – Zemun. 23 (5–6). (2007); – P. 191–197.
- 9 Colville T., Bassert J.M. Clinical Anatomy and physiology for veterinary Technicians. 2nd ed. (2008); – P. 131–138.
- 10 Banks W.J. Applied Veterinary Histology. William and Wilkins, Baltimore London. (1993); – P. 341– 371.
- 11 James G.M., Jeffery M. Lookinbill and Marks’ principles of dermatology 4thed. (2006); – P. 6.
- 12 William J., Timothy B., Dirk E.. Andrews’ Disease of the skin: clinical Dermatology (10th ed). Saunders. (2005); – P. 2.
- 13 Junquirira L.C., Carneiro J., Basic Histology. The McGraw– Hill companies, USA, (2005); – P. 370-380.
- 14 Bovell D.L., Corbett A.D., Holme S., Macdonalld A., Harker M. The absence of apocrine glands in the human axilla has disease pathogenetic implications including axillare hyperhidrosis // Bri. J. dermatol. 150 (6): (2007); – P. 1278–1286 .
- 15 Munger B.L, Brusilow S.W. The histophysiology of rat planter sweat gland Anat. Res. 19: (1971); 6-7.
- 16 Montagna W. The structure and function of skin // 2nd ed. Academic Press. New York USA. (1962); – P. 351-369.
- 17 Gbolagunte G.D., Hambolu J.O., Akpavie S.O. Pathology and leather surface. Appearance of disease aficted Nigerian small ruminant skins //AU JT. 2009; 4: – P. 271-83.
- 18 Oznurlu Y., Celik I., Sur E., Telatar T., Ozparlak H. Comparative Skin Histology of the White New Zealand and Angora Rabbits // J Anim Vet Adv. 2009; 8: – P. 1694-1701.
- 19 Aktas A., Daglioglu S., et al. Examination of structural features of skin in sheep breeds fetuses with histological methods // Kafkas Unis Vet Derg. 2009; 15; – P. 391-6.
- 20 Mobini B Histological feature of the skin at diferent regions and in diferent ages of Lori-Bakhiari sheep // Leban Sci J/J Sci Liban. 2015; 16: – P. 89.
- 21 Edmonds R Coopes S The importance of elastin distribution and morphology in ovine leather // J Aqeic. 2012. <https://orion.euetii.upc.es/3web/catA3/journal/repo/2012/V63N3/eng/01.pdf>.
- 22 Кыдырбаева А.Е., Есентуреева Г.Е. Железистый аппарат кожи каракульских ягнят // Научное обозрение. Биологические науки. – 2017. – № 1. – С.107-112.
- 23 Қадырбаева А.Е., Нұрқалықова Б. Елтірілік типі әртүрлі қаракөл қозы терілерінің гистологиялық құрылымы // – Алматы. – Жаршы. – 2001. -№9. – С.7-8.
- 24 Лаханова К.М. Возрастные изменения гистоструктуры кожи каракульских овцематок // Вестник науки Казах. ГАУ им. С. Сейфуллина. – 2009. – № 1. – С. 102-105.
- 25 Ережепов С. Возрастные изменение толщины кожи и волосяных фолликулов у каракульских овец различных смушковых типов //Овцы, козы, шерстяное дело. – №4. – 2015. – С. 48-49.
- 26 Ережепов С. Сопряженность гистоструктуры кожис хозяйственно-полезными признаками каракульских ягнят // Овцы, козы, шерстяное дело. – №4. – 2016. – С. 30-31.
- 27 Ережепов С. Гистоструктура кожи каракульских ягнят плоского смушкового типа, полученных отразличных вариантов подбора каракульских овец по смушковому типу //Овцы, козы, шерстяное дело. – №4. – 2015. – С. 51-53.
- 28 Каладинов О. Гистоморфологические особенности кожи каракульских ягнят разных смушковых типов //Исследования, результаты. – 2007. – № 3. – С. 86-88.
- 29 Нарбота Б.Е., Саниязова А.Ж. Морфометрия волосяных фолликулов каракульских ягнят //Современные аспекты развития сельского хозяйства юго-западного региона Казахстана. – 2018. – С. 118-122.
- 30 Диомидова Н.А., Панфилова В.П., Суслина Е.С. Методика исследований волосяных фолликулов у овец. –М., – 1960. –39 с.

References

- 1 Aktas A., Daglioglu S., et al. Examination of structural features of skin in sheep breeds fetuses with histological methods // Kafkas Unis Vet Derg. 2009; 15; – P. 391-6.
- 2 Banks W.J. Applied Veterinary Histology. William and Wilkins, Baltimore London. (1993); – P. 341– 371.
- 3 Bragulla H.H., Hombergwer D.G. Structure and Functions of Keratin Proteins in Simple Stratified Keratinized and Cornified epithelium // J. Anat. 214: (2009); – P. 516–550

- 4 Bovell D.L, Corbett A.D., Holme S., Macdonald A., Harker M. The absence of apocrine glands in the human axilla has disease pathogenetic implications including axillary hyperhidrosis // *Bri. J. dermatol.* 150 (6): (2007); – P. 1278–1286 .
- 5 Carter H.B. Groups of hair follicles in sheep // *New in sheep breeding.* – M., -1957. –P. 48-51.
- 6 Colville T., Bassett J.M. *Clinical Anatomy and physiology for veterinary Technicians.* 2nd ed. (2008); – P. 131–138.
- 7 Diomidova N.A. Features of the structure and development of the skin in gray karakul lambs // *Tr. IMZn AN USSR, issue 7, -1952.* – P. 114-119.
- 8 Diomidova N.A. Individual features of the structure and development of the skin and hair follicles in karakul lambs // *Karakul breeding and fur farming.* – 1957. – №1. – P. 24-26.
- 9 Diomidova N.A., Panfilova V.P., Suslina E.S. Methodology for the hair follicles in sheep. –M., – 1960. – 39 p.
- 10 Edmonds R Coopes S The importance of elastin distribution and morphology in ovine leather // *J Aqaic.* 2012. <https://orion.euetii.upc.es/3web/catA3/journal/repo/2012/V63N3/eng/01.pdf>.
- 11 Erezhepov S. Age-related changes in the thickness of the skin and hair follicles in Karakul sheep of various astrakhan types // *Sheep, goats, woolen business.*– 2015. № 4. – P. 48-49.
- 12 Erezhepov S. Conjugation of the histostructure of the skin with economically useful traits of Karakul lambs // *Sheep, goats, woolen business.*– 2016. № 4. – P. 30-31.
- 13 Erezhepov S. Histostructure of the skin of karakul lambs of flat astrakhan type, obtained from various options of selecting karakul sheep according to the astrakhan type // *Sheep, goats, woolen business.*– 2015. № 4. – P. 51-51.
- 14 Genkovski D., Gerchev G. Study of the skin Histological structure in ewes from Staroplaninska and Thoroughbred. *Biotechnology in animal husbandry Belgrade – Zemun.* 23 (5–6). (2007); – P. 191–197.
- 15 Gbolagunte G.D., Hambolu J.O., Akpavie S.O. Pathology and leather surface Appearance of disease affected Nigerian small ruminant skins // *AU JT.* 2009; 4: – P. 271-83.
- 16 James G.M., Jeffery M. *Lookinbill and Marks' principles of dermatology* 4thed. (2006); – P. 6.
- 17 Junquirira L.C., Carneiro J., *Basic Histology.* The McGraw– Hill companies, USA, (2005); – P. 370-380.
- 18 Kaladinov O. Histomorphological features of the skin of karakul lambs of different astrakhan types // *Research, results.* – 2007. № 3. – P. 86-88.
- 19 Kydyrbaeva A.E., Nurkalykova B. Histological structure of the skins of karakul lambs of different types of fur // – *Almaty. – Bulletin.* – 2001. № 9. – P. 7-8.
- 20 Kydyrbaeva A.E., Esentureeva G.E. The glandular apparatus of the skin of karakul lambs // *Scientific Review. Biological Sciences.* – 2017. № 1. –P. 107-112.
- 21 Krause W.J., Cutts J.H. *Concise text of Histology* 2nd ed. (1986); – P. 273-282.
- 22 Lakhanova K.M. Age-related changes in the histostructure of the skin of Karakul ewes // *Vestnik nauki Kazakh. GAU im. S.Seifullin.* – 2009. № 1. –P. 102-105.
- 23 Mobini B Histological feature of the skin at different regions and in different ages of Lori-Bakhiari sheep // *Leban Sci J/J Sci Liban.* 2015; 16: – P. 89.
- 24 Montagna W. *The structure and function of skin* // 2nd ed. Academic Press. New York USA. (1962); – P. 351-369.
- 25 Munger B.L, Brusilow S.W. The histophysiology of rat planter sweat gland *Anat. Res.* 19: (1971); – P. 6-7.
- 26 Narbota B.E., Saniyazova A.Zh. Morphometry of hair follicles of karakul lambs // *Modern aspects of the development of agriculture in the southwestern region of Kazakhstan.* – 2018. – P. 118-122.
- 27 Oznurlu Y., Celik I., Sur E., Telatar T., Ozparlak H. Comparative Skin Histology of the White New Zealand and Angora Rabbits // *J Anim Vet Adv.* 2009; 8: – P. 1694-1701.
- 28 Ombaev A., Ilyasov A. *Technology of complete processing of animal skins* // -Almaty, LLP Publishing house Bastau . -2007. – 168 p.
- 29 Richard W., Hunter J., Savin J., Dahl M. *Clinical dermatology* (4thed) malden massachusetts USA // Black net publishing. (2008); – P. 268
- 30 William J., Timothy B., Dirk E.. *Andrews' Disease of the skin: clinical Dermatology* (10th ed). Saunders. (2005); – P. 2.

Y. Leontyeva^{1*}, G. Fomin¹, N. Pominova²,
I. Korotetskiy²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

²JSC “Scientific Center for Anti-Infectious Drugs”, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: eugensci@gmail.com

MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE ACTION OF RONCOLEUKIN ON THE INTERNAL ORGANS OF WHITE MICE

Chronic inflammatory diseases are one of the leading causes of death in the world. A number of pathological conditions are associated with chronic inflammation, such as chronic obstructive pulmonary disease, rheumatoid arthritis, metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, cardiovascular, chronic kidney disease, cancer, neurodegenerative and autoimmune diseases. To address a number of issues related to this problem, reliable models of chronic inflammation are needed. A number of chemical inducers of this state are known from the literature. One of them is interleukin-2. Roncoleukin is a dosage form of recombinant human interleukin-2. To date, few studies have been presented on changes at the tissue level under the influence of IL-2. In this work, we studied the patterns of morphological changes in the lungs, liver, kidneys, spleen, and thymus of CD-1 mice under the influence of low and high doses of Roncoleukin. We have shown that the drug contributes to an increase in the mass of the spleen by 2 times and a decrease in the mass of the thymus by 1.5 times. Roncoleukin has a stimulating effect on the immunocompetent compartment, leading to cell proliferation of T-dependent zones of the spleen and thymus cortex. In the visceral organs, under its action, a picture of a chronic inflammatory process develops.

Key words: IL-2, planimetric image analysis, chronic inflammation model, Roncoleukin.

Е.С. Леонтьева^{1,*}, Г.И. Фомин¹, Н.М. Поминова², И.С. Коротецкий²

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

²«Инфекцияға қарсы препараттардың ғылыми орталығы» АҚ, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: eugensci@gmail.com

Ронколейкиннің ақ тышқандардың ішкі мүшелеріне әсер етуінің морфологиялық ерекшеліктерін зерттеу

Созылмалы қабыну аурулары әлем бойынша өлімнің негізгі себептерінің бірі болып табылады. Бірқатар патологиялық ауру түрлері созылмалы қабынумен байланысты, мысалы, созылмалы обструктивті өкпе ауруы, ревматоидты артрит, метаболикалық синдром, 2 типті қант диабеті, жүрек-қан тамырлары, созылмалы бүйрек аурулары, қатерлі ісік, нейродегенеративті және аутоиммундық аурулар. Осы мәселеге қатысты бірқатар мәселелерді шешу үшін созылмалы қабынудың сенімді үлгілері қажет. Бұл күйдің бірқатар химиялық индукторлары әдеби мәліметтерден белгілі. Олардың бірі интерлейкин-2. Ронколейкин – адамның рекомбинантты интерлейкин-2 дәрілік түрінің біріне жатады. Осы уақытқа дейін ИЛ-2 әсерінен ұлпа деңгейіндегі өзгерістер туралы аздаған зерттеулер ұсынылды. Бұл жұмыста біз CD-1 тышқандарының өкпесінде, бауырында, бүйректерінде, көкбауырында, тимусында Ронколейкиннің төмен және жоғары дозалары әсерінен болатын морфологиялық өзгерістерден болатын заңдылықтарды зерттедік. Препарат көкбауырдың массасының 2 есе артуына және тимустың 1,5 есе азаюына ықпал ететінін көрсеттік. Ронколейкин иммунокомпетентті компартментке ынталандырушы ретінде әсер етеді, көкбауырдың және тимус қыртысының Т-тәуелді аймақтарының жасушалық пролиферациясына әкеледі. Висцеральды органдарда оның әсерінен созылмалы қабыну процесі өрши түседі.

Түйін сөздер: ИЛ-2, кескінді планиметриялық талдау, созылмалы қабыну моделі, ронколейкин.

Е.С. Леонтьева^{1,*}, Г.И. Фомин¹, Н.М. Поминова², И.С. Коротецкий²

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

²АО "Научный центр противомикробных препаратов", Казахстан, г. Алматы

*e-mail: eugensci@gmail.com

Морфологические особенности действия Ронколейкина на внутренние органы белых мышей

Хронические воспалительные заболевания являются одной из основных причин смертности в мире. С хроническим воспалением ассоциирован ряд патологических состояний таких, как хроническая обструктивная болезнь легких, ревматоидный артрит, метаболический синдром, сахарный диабет 2 типа, сердечно-сосудистые, хронические заболевания почек, онкологические, нейродегенеративные и аутоиммунные заболевания. Для решения ряда вопросов, связанных с данной проблемой необходимы достоверные модели хронического воспаления. Из литературы известно о ряде химических индукторов данного состояния. Одним из них является интерлейкин-2. Ронколейкин – лекарственная форма рекомбинантного интерлейкина-2 человека. На сегодняшний день представлено мало исследований, посвященных изменениям на тканевом уровне под действием ИЛ-2. В данной работе были исследованы закономерности морфологических изменений в легких, печени, почках, селезенке и тимусе мышей линии СД-1 под действием низких и высоких доз ронколейкина. Нами было показано, что препарат способствует увеличению массы селезенки в 2 раза и уменьшению массы тимуса в 1,5 раза. Ронколейкин оказывает стимулирующее действие на иммунокомпетентный компартмент, приводя к пролиферации клеток Т-зависимых зон селезенки и кортекса тимуса. В висцеральных органах под его действием развивается картина хронического воспалительного процесса.

Ключевые слова: ИЛ-2, планиметрический анализ изображений, модель хронического воспаления, ронколейкин.

Introduction

Chronic inflammatory diseases are one of the leading causes of mortality. Inflammation is a normal response of an organism to injury and pathogen invasion. In some cases, it can take on a chronic character and persist in an organism for a long time, causing a number of pathological changes and leading to a comorbid condition [1]. Conditions such as low grade inflammation and inflammation are known to be associated with metabolic syndrome and aging [2–5]. Conditions associated with chronic inflammation include chronic obstructive pulmonary disease (COPD), rheumatoid arthritis, metabolic syndrome, type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease, chronic kidney disease, cancer, neurodegenerative and autoimmune diseases [6–8]. To solve a number of issues related to this problem, both fundamental and applied, chronic inflammation models are needed. A number of chemical inducers of chronic inflammation are known from the literature, including formaldehyde, dextran, acetic and arachidonic acids, oxazolone, and others [9]. It is also known that high doses of interleukin-2 and its recombinant analogues can lead to systemic inflammation and multiple organ failure [10].

Interleukin-2 (IL-2) is an α -helical cytokine with a molecular weight of 15.5–16 kDa, formerly known as T-cell Growth Factor (TCGF). This cytokine is produced predominantly by CD4⁺ T cells and to a lesser extent by CD8⁺ T cells, dendritic cells (DCs), natural killer (NK) cells, and NKT cells in response to antigenic and mitogenic stimulation [11,12]. Recombinant IL-2 was obtained in 1983. Soon, its role in stimulating T cell proliferation and generation of effector and memory T cells was established in mice and humans. Later it was found that another important function of IL-2 is the control of immune responses and the maintenance of self-tolerance, and its absence leads to autoimmunity [13–15]. IL-2 can promote Activation Induced Cell Death (AICD) of T cells and is therefore involved in suppression of antigen-specific T cells after the clonal expansion phase of the immune response. IL-2 may limit IL-17 production and exhibit immunosuppressive properties by stimulating the production and homeostasis of regulatory T cells [16].

According to current concepts, low doses of IL-2 (1.5×10^6 – 3×10^6 international units (IU) once a day for humans or 1.5×10^4 – 3×10^4 IU once a day for mice) preferentially stimulates regulatory T cells. The use of high doses is limited by toxicity manifesting as a 'cytokine storm' and

capillary leak syndrome [17]. The greatest limitation of IL-2 treatment has been the associated side effects including hypotension as well as cardiac, gastrointestinal, renal, cerebral, pulmonary, and hepatic toxicity [10,18]. The literature suggests that IL-2 toxicity is due to a cytokine-induced ‘systemic autophagic syndrome’, related to cytokine-induced autophagy and temporal dysfunction [19].

High doses of IL-2 can lead to inflammation. Thus, signs of inflammation in the respiratory tract are infiltrates in the submucosa of the bronchi of large and small caliber, bronchioles, as well as hyperplasia and metaplasia of the respiratory epithelium [20]. In the liver during inflammation, portal and centrilobular focal or multifocal infiltrates can be observed, containing mainly lymphocytes and macrophages, phenomena of fibrosis of the hepatic capsule, hyperplasia of bile duct cells can also be observed [21]. Signs of inflammation in the kidneys are interstitial infiltrates in the cortex and / or medulla, containing predominantly lymphocytes and macrophages, a small number of neutrophils, as well as degeneration of the epithelium of the tubules of the cortical substance and renal bodies [22].

To date, there are quite a few studies on morphological changes under the influence of IL-2. Based on the information presented, as well as our experiments, we suggest that high doses of Roncoleukin can be used to model the inflammatory process *in vivo*.

Materials and methods

Roncoleukin-1000000 IU/ml (LLC Biotech, Russia) was administered intraperitoneally to young CD-1 mice at the following doses: $1 \cdot 10^4$ IU/kg and $1 \cdot 10^5$ IU/kg. Animals received unlimited access to water and food, and were kept in vivarium conditions with lighting mode 12/12. 3 groups of 8 animals were formed: control; I group – $1 \cdot 10^4$ IU / kg; II group – $1 \cdot 10^5$ IU / kg.

Slaughter was carried out on the 2nd and 7th day after the administration of the drug. At necropsy, the masses of animals with and without organs were recorded, as well as the masses of each extracted organ.

During slaughter, blood smears were obtained, which were stained according to May-Grunwald

(Sigma Aldrich, USA). A manual count of the leukocyte formula per 200 cells was performed for each smear. After necropsy, the organs were fixed in 10% neutral buffered formalin for 24 hours, after which they were processed using standard histological techniques, stained with Carazzi’s hematoxylin and eosin [23]. Planimetric analysis of micrographs of lymphoid organs was performed using Levenhuk ToupView 9.3 software and an Optix 600 attachment camera on an MX300T microscope (MicroOptix, China) at x40, x100, x200, x400 magnifications.

To assess the morphophysiological state of the spleen and thymus, morphometric coefficients were used – the stromal-parenchymal ratio (SPR) [24] and the cortico-medullary index (CMI) [25], which were calculated according to the formulas:

$$SPR = \frac{S_{ST}}{S_{WP}} * 100$$

where S_{ST} – area of stroma, S_{WP} – area of white pulp of the spleen.

$$KMI = \frac{S_C}{S_M}$$

where S_C – area of cortex, S_M – area of medulla of the thymus.

The results of quantitative studies were evaluated using One-Way ANOVA analysis followed by statistical analysis using the GraphPad Prism 9.3.1 software package. The significance level $p=0.001-0.05$ was acceptable.

Results and discussion

To assess the morphological changes under the influence of roncoleukin, an experiment was conducted in which animals were injected with different amounts of the drug (group I – $1 \cdot 10^4$ IU/kg; group II – $1 \cdot 10^5$ IU/kg). Animals treated with an equal volume of saline served as the control group. Animals were taken out of the experiment on days 2 and 7 after drug administration.

Histological studies showed that on the 2nd day in group I, small focal perivascular lymphoid infiltrates with impaired blood rheology appeared in the lungs, which were expressed as plasmastases, in the pulmonary arteries (Fig. 1 B); changes in

group II were of a similar nature; erythrosthiasis were noted in the blood vessels (Fig. 1 C). Focal centrilobular lymphoid infiltrates were observed in the liver of mice treated with both low and high doses of the drug, and lymphocytes were noted in the lumen of the blood vessels of the liver (Fig. 1 E, F). In the kidneys of mice of group I, destructive

hemorrhages were noted in the interstitium of the cortical substance (Fig. 1 H); the histostructure of the kidneys in the high-dose group was preserved, and foci of diapedetic hemorrhages were observed in the interstitium of the cortex (Fig. 1 I). In all groups, the area of infiltrates did not exceed 10% of sections of the lungs, liver, and kidneys.

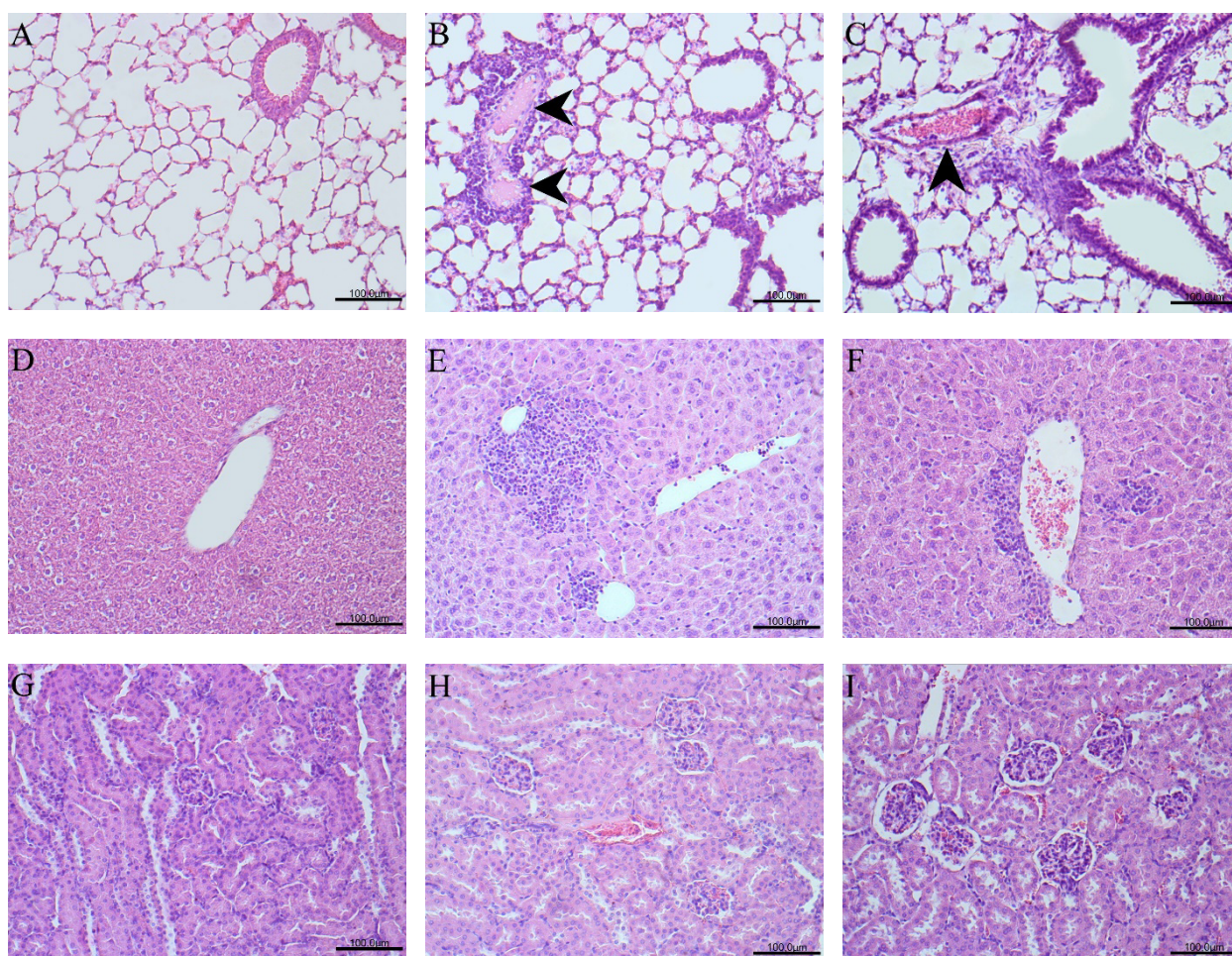


Figure 1 – Changes in the lungs, liver and kidneys on the 2nd day of the study.

A – lungs, control; C – lungs, group I, arterial plasmotaxis marked with a black tip; C – lungs, group II, arterial erythrosthiasis marked with a black tip; D – liver, control; E – liver, group I; F – liver, group II; G – kidneys, control; H – kidneys, group I; I – kidneys, group II. H&E, magnification A-I – x200. Scale – 100 µm.

Using the planimetric analysis of spleen and thymus preparations, we found that on the 2nd day there was a significant increase in the mass of the spleen (Fig. 2 A) and its lymphoid compartment relative to the stroma (Fig. 2 B). From this it follows that under the action of roncoleukin, cells of the lymphoid follicles of the spleen proliferate, due

to which an increase in the mass and lymphoid component of the organ is observed. At this time, in the thymus of mice of group II, there is a significant increase in CMI (Fig. 2C), which also indicates the proliferation of cortex lymphocytes under the action of a high dose of the drug. Changes in the thymus mass on day 2 were not significant (Fig. 2D).

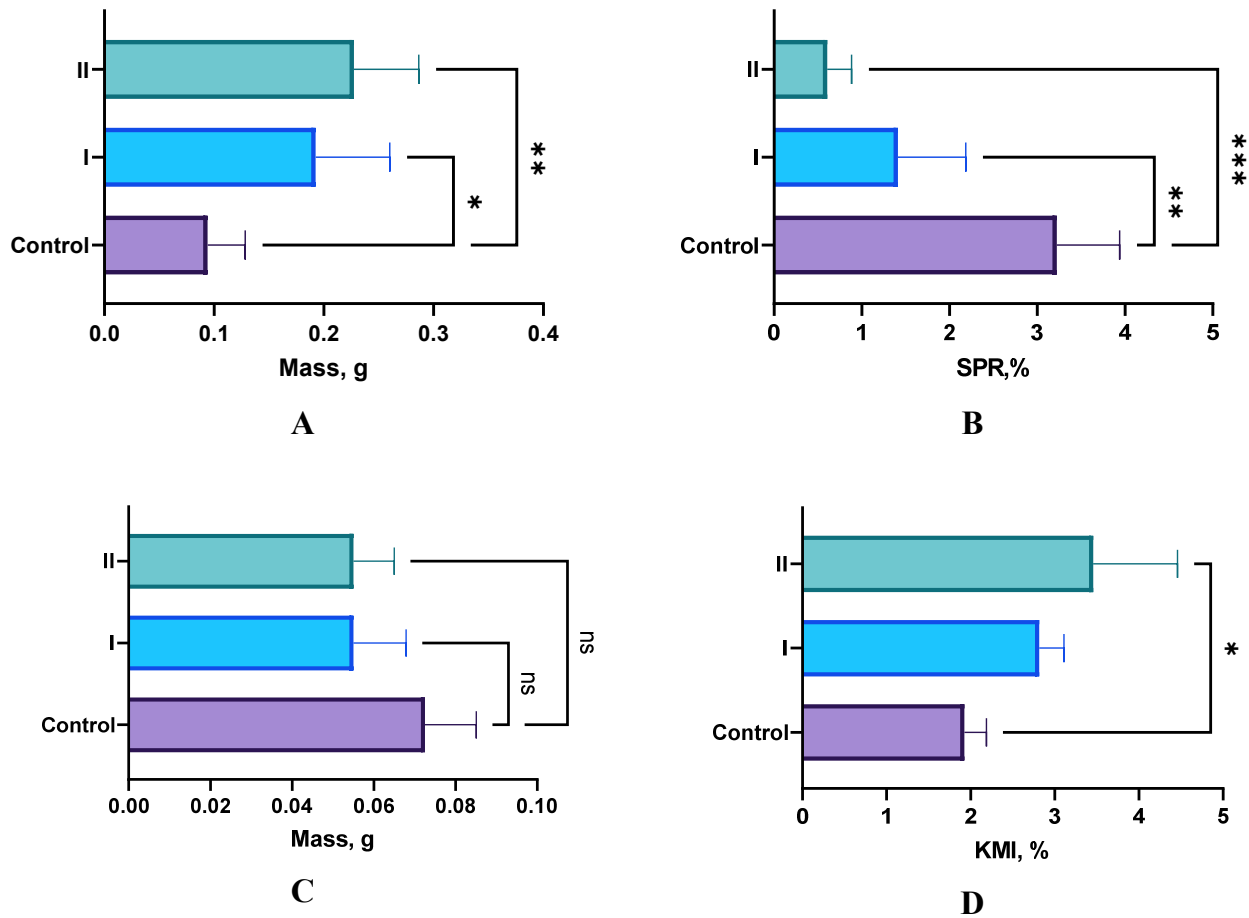


Figure 2 – Morphometric parameters of lymphoid organs on the 2nd day of the study. A – mass of the spleen; B – stromal-parenchymal ratio in the spleen; C – thymus mass; D – cortico-medullary index in the thymus.

On the 7th day of the study, the lungs of animals treated with both low and high doses showed focal moderate lymphoid infiltrates located peribronchial (Fig. 3 B, C). Large multifocal centrilobular lymphoid infiltrates with division of blood into plasma and formed elements in the central veins were noted in the liver of group I mice; lymphocytes were also observed in the lumen of blood vessels (Fig. 3 E). With a high dose drug administration, multifocal portal pulverized obesity of hepatocytes without inflammation was recorded (Fig. 3 F). In groups I and II, multifocal interstitial lymphoid infiltrations accompanied by destructive hemorrhage were observed in the kidneys (Fig.

3H, I). In both experimental groups, the area of lymphoid infiltrates in the lungs, liver and kidneys reached 30% of the section of each organ – the severity of chronic inflammation was higher than on the 2nd day of the study.

The mass of the spleen on the 7th day remained significantly increased (Fig. 4 A), while the SPR value did not significantly differ from the control group (Fig. 4 B), which suggests that the mass of the organ was increased equally due to lymphoid, and stromal compartments. In the thymus, on the other hand, a significant decrease in the mass of the organ was noted both in groups I and II (Fig. 4 C), while the CMI coefficient was significantly higher only in group I (Fig. 4 D).

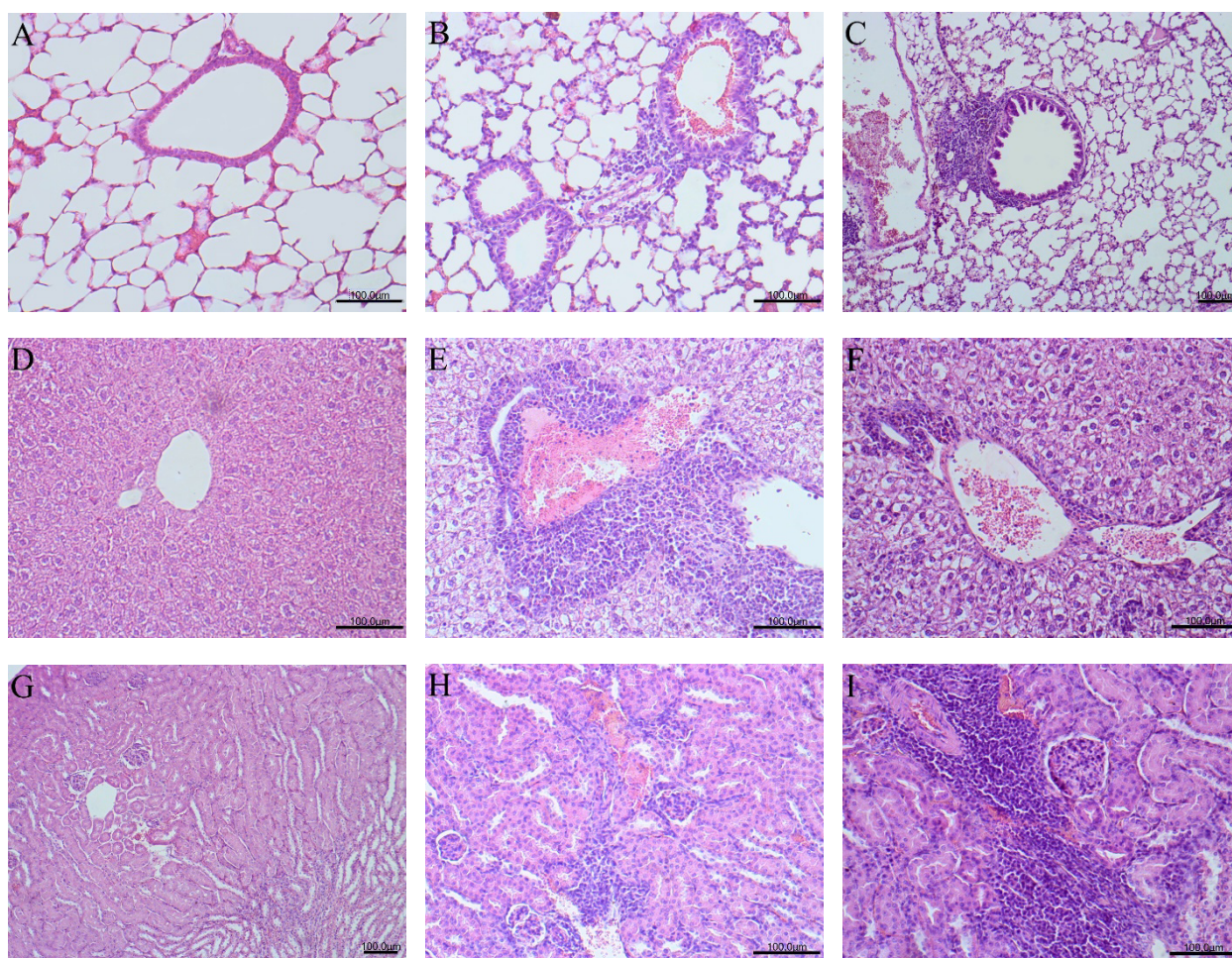


Figure 3 – Changes in the lungs, liver and kidneys on the 7th day of the study.

A – lungs, control; B – lungs, group I; C – lungs, group II; D – liver, control; E – liver, group I; F – liver, group II; G – kidneys, control; H – kidneys, group I; I – kidneys, group II. H&E, magnification C, G – x100; A, B, D-F, H, I – x200. Scale – 100 µm.

In the peripheral blood of mice of group I on the 2nd day of the study, an increase in the number of neutrophils and monocytes was observed, while in group II – only monocytes, which indicates the initiation of an inflammatory reaction. On the 7th day, a further increase in the number of neutrophils was observed in both experimental groups, while the number of monocytes decreased (Table 1).

Based on the histological description, it was found that in the lungs, liver and kidneys there is an increase in inflammatory infiltrates from 2 to 7

days after the administration of the drug. The area of lesions increased from 10% on day 2 to 30% by day 7, with the highest degree of inflammation recorded in the kidneys. The data of planimetric analysis indicated that on the 2nd day there was an increase in mass in the spleen, however, changes in the thymus occurred only under the influence of a high dose. Thymus mass on day 7 in all experimental groups significantly decreased. The functional activity of the spleen on the 7th day in all experimental groups decreased, while it increased in the thymus at a low dose.

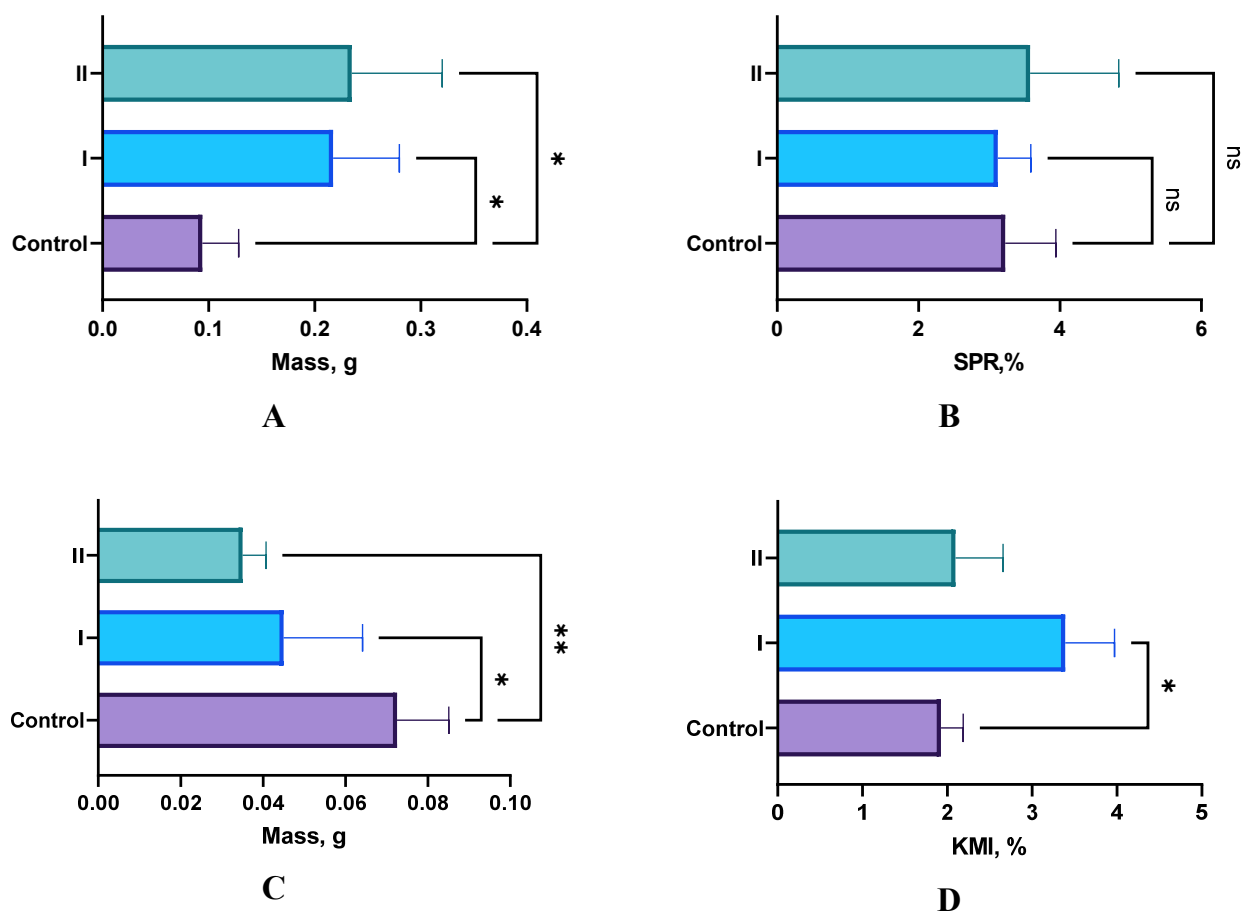


Figure 4 – Morphometric parameters of lymphoid organs on the 7th day of the study. A – mass of the spleen; B – stromal-parenchymal ratio in the spleen; C – thymus mass; D – cortico-medullary index in the thymus.

Table 1 – Leukocyte formula

Group / measure	Control	10 ⁴ IU/kg		10 ⁵ IU/kg	
		Day 2	Day 7	Day 2	Day 7
Lymphocytes	159,6±5,92	133±11,5	106±14,5	150,75±16,25	143,25±5,75
Neutrophils	37,2±6,56	52±11,5	65,75±25,25	38,75±11,25	53,5±6
Monocytes	3±1,2	9,75±2,75	1	5,75±4,25	1,5±0,75
Basophils	0,2±0,32	2	1±0,67	2,25±0,875	0
Eosinophils	0	3,25±1,375	2±0,67	2,5±1	1,75±1,25

Conclusion

Thus, we studied the morphological features of the action of roncoleukin at doses of 1*10⁴ and 1*10⁵ IU/kg on the internal organs of CD-1 mice. Signs of chronic inflammation were noted in all the organs studied, and the severity of the inflammatory process was not dynamic and was

weak in the lungs and liver, but the dynamics and moderate severity were detected in the kidneys. There was a significant decrease in the stromal-parenchymal ratio in the spleen and an increase in the cortico-medullary index in the thymus in proportion to the increase in the dose of Roncoleukin. The state of the lymphoid component of the immune organs

indicated an increase in their functional activity. Roncoleukin at a dose of $1 \cdot 10^5$ IU / kg leads to greater damage to internal organs, especially the kidneys, compared with a dose of $1 \cdot 10^4$ IU / kg.

Under the action of a high dose of Roncoleukin, a chronic inflammation develops in the visceral organs, and the drug can be recommended as an

agent for modeling this phenomenon, in particular, to obtain a picture of renal, pulmonary and hepatic insufficiency. There is also evidence in the literature that high doses of IL-2 can cause a “cytokine storm” [17], and further immunological studies are needed to study the patterns of its course at the morphological level.

References

1. Prasad S., Sung B., Aggarwal B.B. Age-Associated Chronic Diseases Require Age-Old Medicine: Role of Chronic Inflammation // *Prev. Med.* 2012. Vol. 54, № Suppl. P. S29–S37.
2. Zuo L. et al. Inflammaging and Oxidative Stress in Human Diseases: From Molecular Mechanisms to Novel Treatments // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. Vol. 20, № 18. P. E4472.
3. Saltiel A.R., Olefsky J.M. Inflammatory mechanisms linking obesity and metabolic disease // *J. Clin. Invest.* 2017. Vol. 127, № 1. P. 1–4.
4. Calder P.C. et al. Health relevance of the modification of low grade inflammation in ageing (inflammaging) and the role of nutrition // *Ageing Res. Rev.* 2017. Vol. 40. P. 95–119.
5. Franceschi C. et al. Inflammaging and “Garb-aging” // *Trends Endocrinol. Metab. TEM.* 2017. Vol. 28, № 3. P. 199–212.
6. Barnes P.J. Cellular and molecular mechanisms of asthma and COPD // *Clin. Sci. Lond. Engl.* 1979. 2017. Vol. 131, № 13. P. 1541–1558.
7. Furman D. et al. Chronic inflammation in the etiology of disease across the life span // *Nat. Med.* 2019. Vol. 25, № 12. P. 1822–1832.
8. Frostegård J. Immunity, atherosclerosis and cardiovascular disease // *BMC Med.* 2013. Vol. 11. P. 117.
9. Patil K.R. et al. Animal Models of Inflammation for Screening of Anti-inflammatory Drugs: Implications for the Discovery and Development of Phytopharmaceuticals // *Int. J. Mol. Sci.* 2019. Vol. 20, № 18. P. 4367.
10. Dutcher J.P. et al. High dose interleukin-2 (Aldesleukin) – expert consensus on best management practices-2014 // *J. Immunother. Cancer.* 2014. Vol. 2, № 1. P. 26.
11. Malek T.R. The biology of interleukin-2 // *Annu. Rev. Immunol.* 2008. Vol. 26. P. 453–479.
12. Spolski R., Li P., Leonard W.J. Biology and regulation of IL-2: from molecular mechanisms to human therapy: 10 // *Nat. Rev. Immunol.* 2018. Vol. 18, № 10. P. 648–659.
13. Abbas A.K. et al. Revisiting IL-2: Biology and therapeutic prospects: 25 // *Sci. Immunol.* 2018. Vol. 3, № 25. P. eaat1482.
14. Malek T.R., Castro I. Interleukin-2 receptor signaling: at the interface between tolerance and immunity: 2 // *Immunity.* 2010. Vol. 33, № 2. P. 153–165.
15. Mitra S., Leonard W.J. Biology of IL-2 and its therapeutic modulation: Mechanisms and strategies // *J. Leukoc. Biol.* 2018. Vol. 103, № 4. P. 643–655.
16. Bachmann M.F., Oxenius A. Interleukin 2: from immunostimulation to immunoregulation and back again: 12 // *EMBO Rep.* 2007. Vol. 8, № 12. P. 1142–1148.
17. Chavez A.R. de V. et al. Pharmacologic administration of interleukin-2 // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 2009. Vol. 1182. P. 14–27.
18. Schwartz R.N., Stover L., Dutcher J.P. Managing toxicities of high-dose interleukin-2 // *Oncol. Williston Park N.* 2002. Vol. 16, № 11 Suppl 13. P. 11–20.
19. Liang X. et al. Inhibiting systemic autophagy during interleukin 2 immunotherapy promotes long-term tumor regression: 11 // *Cancer Res.* 2012. Vol. 72, № 11. P. 2791–2801.
20. Renne R. et al. Proliferative and nonproliferative lesions of the rat and mouse respiratory tract // *Toxicol. Pathol.* 2009. Vol. 37, № 7 Suppl. P. 5S-73S.
21. Thoolen B. et al. Proliferative and Nonproliferative Lesions of the Rat and Mouse Hepatobiliary System // *Toxicol. Pathol.* 2010. Vol. 38, № 7_suppl. P. 5S-81S.
22. Frazier K.S. et al. Proliferative and nonproliferative lesions of the rat and mouse urinary system // *Toxicol. Pathol.* 2012. Vol. 40, № 4 Suppl. P. 14S-86S.
23. Bancroft J.D., Suvana S.K., Layton C. Theory and practice of histological techniques. 8th ed. Elsevier, 2019. 573 p.
24. Volkov V.P. Novyy algoritm morfometricheskoi ocenki funktsionalnoi immunomorfologii selezenki [New Algorithm for Morphometric Evaluation of Functional Immunomorphology of the Spleen]: 5-6 (18) // *Univers. Medicina i Farmakologiya. Russia, Moscow: OOO «Mezhdunarodnyj centr nauki i obrazovaniya», 2015. № 5-6 (18).*
25. Volkov V.P. Funksionalnaya immunomorfologia timusa v aspekte ontogeneza [Functional immunomorphology of the thymus in the aspect of ontogenesis]: 8 (45) // *Innovacii v nauke. Novosibirsk, Russia: ANS «SibAK», 2015. № 8 (45). P. 91–99.*

5-бөлім
**АДАМ ЖӘНЕ ЖАНУАРЛАР
ФИЗИОЛОГИЯСЫ**

Section 5
**HUMAN AND ANIMAL
PHYSIOLOGY**

Раздел 5
**ФИЗИОЛОГИЯ
ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ**

G.T. Zhamanbayeva , N.I. Zhaparkulova ,

B.A. Ussipbek , M.K. Murzakhmetova* 

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: murzakhmetova.mayra@kaznu.kz

STUDY OF THE EFFECT OF IMMOBILIZATION STRESS ON ERYTHROCYTE MEMBRANES

This article discusses the effect of acute and chronic immobilization stress on erythrocyte membranes. The intensive development of science and technology has brought into human life, along with positive phenomena, a number of unfavorable factors: hypodynamia, excessive nervous, physical exertion, professional and household stresses. Among them, hypodynamia is a lifestyle characterized by a decrease in motor activity, which negatively affects human health. This is a common situation nowadays. Hypodynamia leads to metabolic and energy disorders in the body, cardiovascular diseases, diseases of the gastrointestinal tract, overweight, early aging, a decrease in the body's ability to resist various diseases, changes in the general condition of the body, etc. Such a stressful effect is observed at the cellular and molecular level. As stress increases, metabolic disorders appear, activation of free radical oxidation leads to disruption of the main: barrier, receptor, catalytic functions of biological membranes. As a result, it leads the human body to various pathological conditions. Currently, more attention is being paid to an integrated approach to the treatment and prevention of diseases. This article discusses the effect of acute and chronic immobilization stress on erythrocyte membranes. As a result of the research, it was found that the effect of immobilization stress leads to a decrease in the osmotic and peroxide resistance of erythrocytes and an increase in the hemoglobin yield. The use of vitamin E reduces the damaging effect of both acute and chronic immobilization stress. Consequently, antioxidants can protect the body from the damaging effects of stress factors.

Key words: erythrocyte membrane, acute and chronic immobilization stress, hemolysis, vitamin E.

Г.Т. Жаманбаева, Н.И. Жапаркулова, Б.А. Үсіпбек, М.К. Мурзахметова*

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

*e-mail: murzakhmetova.mayra@kaznu.kz

Эритроцит мембраналарына иммобилизация стресінің әсерін зерттеу

Бұл мақалада эритроцит мембраналарына жедел және созылмалы иммобилизация стресінің әсері қарастырылған. Ғылым мен техниканың қарыштап дамуы адамзат тіршілігіне жағымды құбылыстармен бірге бірқатар қолайсыз факторларды, яғни гиподинамия, шектен тыс жүйке, физикалық жүктемелерді, кәсіби және тұрмыстық күйзелістерді енгізді. Осылардың ішінде гиподинамия қимыл белсенділігінің төмендеуімен сипатталатын, адам денсаулығына кері әсер ететін өмір салты болып табылады. Бұл қазіргі кезде кең таралған жағдай. Гиподинамия организмдегі зат және энергия алмасудың бұзылуына, жүрек-тамыр ауруларына, асқазан-ішек жолдарының ауруларына, артық салмаққа, ерте қартаюға, организмнің әртүрлі ауруларға қарсы тұру қабілетінің төмендеуіне, организмнің жалпы күйінің өзгеруіне және т.б. әкеледі. Мұндай стресс әсері клеткалық және молекулалық деңгейде байқалады. Стресс артқан сайын метаболизмдік ауытқуларды тудырады, бос радикалдардың тотығуының активтенуі биологиялық мембраналардың негізгі: тосқауылдық, рецепторлық, каталитикалық қызметтерінің бұзылуына әкеледі. Нәтижесінде әртүрлі патологиялық жағдайлар пайда болады. Қазіргі уақытта ауруларды емдеу мен алдын алудың кешенді тәсіліне көбірек көңіл бөлінуде. Бұл мақалада эритроциттердің мембраналарына жедел және созылмалы иммобилизациялық стресстің әсері қарастырылады. Зерттеу нәтижесінде иммобилизациялық стресстің эритроциттердің осмотық және асқын тотықтық төзімділігін төмендететіні және гемоглобиннің босап шығуын жоғарылататыны анықталды. Е витаминін қолдану жедел және созылмалы иммобилизациялық стресстің зиянды әсерін төмендетеді. Сондықтан антиоксиданттар организмді стресс факторларының зиянды әсерінен қорғай алады.

Түйін сөздер: эритроцит мембранасы, жедел және созылмалы иммобилизациялық стресс, гемолиз, Е-витамині.

Г.Т. Жаманбаева, Н.И. Жапаркулова, Б.А. Усипбек, М.К. Мурзахметова*

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

*e-mail: murzakhmetova.mayra@kaznu.kz

Изучение влияния иммобилизационного стресса на мембраны эритроцитов

Интенсивное развитие науки и техники внесло в жизнедеятельность человечества наряду с положительными явлениями ряд неблагоприятных факторов: гиподинамию, чрезмерные нервные, физические нагрузки, профессиональные и бытовые стрессы. Среди них гиподинамия – образ жизни, характеризующийся снижением двигательной активности, что отрицательно сказывается на здоровье человека. Это распространенная ситуация в наше время. Гиподинамия приводит к нарушениям обмена веществ и энергии в организме, сердечно-сосудистым заболеваниям, заболеваниям желудочно-кишечного тракта, избыточному весу, раннему старению, снижению способности организма противостоять различным заболеваниям, изменениям общего состояния организма, и т.п. Такое стрессовое воздействие наблюдается на клеточном и молекулярном уровне. По мере нарастания стресса появляются метаболические нарушения, активация окисления свободных радикалов приводит к нарушению основных: барьерной, рецепторной, каталитической функций биологических мембран. В результате возникают различные патологические состояния. В настоящее время все больше внимания уделяется комплексному подходу к лечению и профилактике заболеваний. В данной статье рассматривается влияние острого и хронического иммобилизационного стресса на мембраны эритроцитов. В результате исследований установлено, что действие иммобилизационного стресса приводит к снижению осмотической и перекисной резистентности эритроцитов и увеличению выхода гемоглобина. Применение витамина Е снижает повреждающее действие как острого, так и хронического иммобилизационного стресса. Следовательно, антиоксиданты могут обеспечить защиту организма при повреждающем действии стрессовых факторов.

Ключевые слова: мембрана эритроцитов, острый и хронический иммобилизационный стресс, гемолиз, витамин Е.

Introduction

The scientific and technological revolution, together with progressive phenomena, introduced into the life of mankind a number of stress factors, primarily hypodynamia, excessive nervous loads, professional and domestic stress, unfavorable environmental, social, economic, conditions, disorders of a healthy lifestyle, etc. [1]. Hypodynamia, or hypokinesia, is a limitation of the general motor activity of the body due to the peculiarities of lifestyle, professional (employees of banking, office, administrative and managerial, public service centers) activities, distance education and services, weightlessness of a person in space [2, 3]. Conditions of forced state of the body during work, local physical exertion, monotony of activities or conditions, daily use of transport and irrational Organization of rest lead to hypodynamia. It is a very common condition that is observed in many people [4-6]. Some researchers claim that now physical activity has decreased 100 times compared to past centuries.

It should be noted that hypodynamia does not damage only one organ in isolation, it is the cause of several disorders, diseases that strengthen each

other in the body: diseases of the cardiovascular, gastrointestinal tract, overweight, premature aging, a decrease in the body's ability to resist various diseases, a change in the general state of the body, etc. [7, 8].

Under the influence of a very strong and long-acting stimulus, the body's stress response turns from a general adaptation syndrome into a factor of pathogenesis. As the stress effects increase, regardless of the type of stressor, there is a violation of the vegetative and humoral balance, which is observed due to fluctuations in various processes of tissue metabolism: a violation of biological oxidation and the accumulation of reduced compounds, a decrease in the activity of the antioxidant system, a lack of energy resources [9-13]. Energy deficiency, in turn, causes secondary metabolic shifts, that is, the activation of free radical oxidation in the cell. It leads to a violation of the main functions of biological membranes: barrier, receptor, catalytic [14, 15]. As a result, functional and structural damage to tissues and organs occurs, which leads to a decrease in the quality of life, loss of ability to work, disability. Currently, more and more attention is paid to an integrated approach to the treatment and Prevention of diseases. Antioxidants are of

great importance for the human body [16, 17]. Their effective use makes it possible to avoid a number of pathological processes [18].

In this regard, the use of antioxidants in the prevention of membrane-damaging effects of stress factors is one of the most pressing problems. The purpose of the research work is to determine the effects of immobilizing stress on the erythrocyte membrane and the effectiveness of vitamin E (or γ -tocopherol) in increasing the body's resistance to the stress factor.

Materials and Methods

Physiological and biochemical properties of erythrocytes of adult laboratory rats weighing 200 ± 20 g were studied *in vitro* in order to achieve the set goals and objectives.

In the research work were used methods of red blood cell division, determination of osmotic fragility of erythrocytes (OFT), peroxide-erythrocyte hemolysis [19].

Experiments were performed on 20 animals in 3 groups in the research part. Animals of Group 1-group exposed to acute immobilizing stress (4 individuals: 2 Control, 2 experience versions); animals of Group 2 – group exposed to chronic immobilizing stress (8 individuals: 2 Control, 6 experience versions); Group 3-group exposed effect of vitamin E on group animals (8 individuals: 2 Control, 6 Experience versions) subjected to chronic immobilization stress was studied. Rats of experimental groups were exposed to stress factors. Immobilizing stress (is) was created by placing rats in specially designed pens.

The animals of group 1 were immobilized once a day for 3 hours in a specially designed pen to induce acute immobilization stress.

Group 2 animals were subjected to a 15-day experiment to induce chronic immobilization stress. On the 1st day of the experiment, the animals were placed in a specially made pen for 5 minutes, on the 2nd day for 15 minutes, on the 3rd day for 20 minutes, on the 4th day for 30 minutes, and on the 5th-15th day for 60 minutes. In the experiments, indicators of the effect of stress on 1, 7, 15 days were determined.

The animals of group 1 were immobilized once a day for 3 hours in a specially designed pen to induce acute immobilization stress.

Group 2 animals were subjected to a 15-day experiment to induce chronic immobilization stress.

On the 1st day of the experiment, the animals were placed in a specially made pen for 5 minutes, on the 2nd day for 15 minutes, on the 3rd day for 20 minutes, on the 4th day for 30 minutes, and on the 5th-15th day for 60 minutes. In the experiments, indicators of the effect of stress on 1, 7, 15 days were determined.

In experiments on increasing the resistance of animals of the 3rd group to the effects of chronic immobilization stress, 6 rats were injected with the biologically active substance of vitamin E before stress exposure. 10 mg of E-vitamin per 100 g of animal body weight (15 days) were taken into account. From the next day, the animals were subjected to chronic immobilization stress factor.

Statistical processing of the results was carried out by calculating the arithmetic mean, standard deviation and error of the arithmetic mean using the Microsoft Excel program. Taking into account the Fisher-Student test, the registered changes in indicators were considered significant at $p \leq 0.05$.

Results and Discussion

Currently, changes in the structure and functions of the membrane are considered as the main universal type of damage under the adverse effects of stress factors, as well as in the pathogenesis of various diseases [20]. Data on changes in the permeability of erythrocyte membranes can be considered as indicators of the permeability of the membranes of the body as a whole. One of the methods for studying the permeability of erythrocyte membranes is to determine their osmotic resistance.

On fig. 1 shows the effect of the acute immobilization stress factor on the osmotic resistance of erythrocytes. Osmotic resistance (tolerance) of erythrocytes was determined by osmotic hemolysis. The level of hemolysis in a concentrated solution of 0.1 g/100 ml Na_2CO_3 was calculated as 100% and the osmotic resistance of erythrocytes in solutions of 0.35-0.9 g/100 ml NaCl was determined. With an increase in the concentration of the solution, the level of hemolysis of erythrocytes decreased, and their resistance increased. In the results of studying the effect of stress factors on the osmotic tolerance of erythrocytes, the rate of hemolysis in a solution of 0.35 g/100 ml of sodium chloride was clearly observed and compared with a solution of 0.45 g/100 ml.

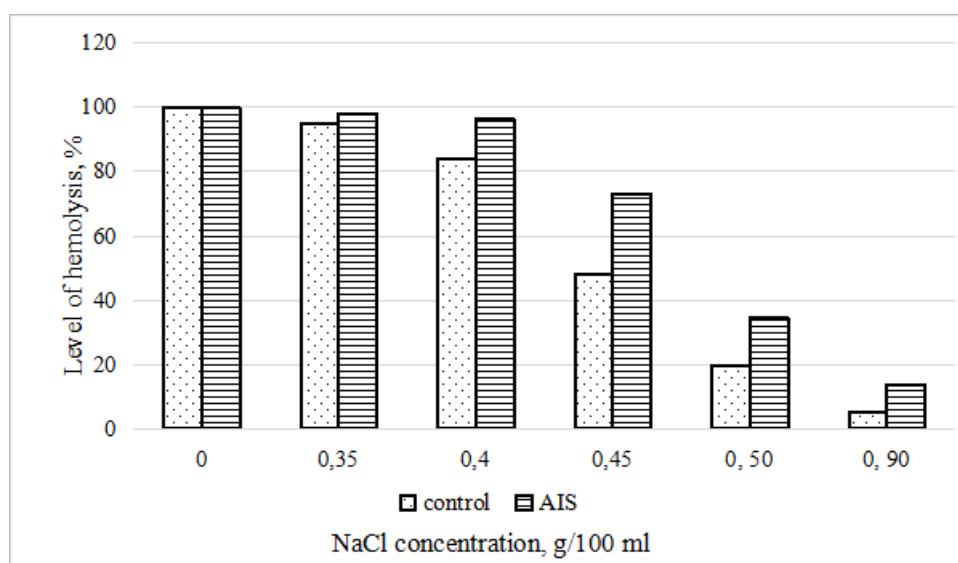


Figure 1 – Effect of acute immobilization stress (AIS) on osmotic hemolysis of erythrocytes

The level of hemolysis of erythrocytes in a 0.35 g/100 ml solution of sodium chloride was 98.1%, in a solution of 0.45 g/100 ml it was 73.2%, the level of hemolysis rate reduced by 24.9%. And was found that this indicator in sodium chloride solution of 0.90 g/100 ml showed 13.9% and reduced the degree of hemolysis by 84.2%. This can be explained as follows: under the influence of unfavorable factors, the double-layer structure of the erythrocyte membrane is disturbed, phospholipids are oxidized, as a result, the permeability of the membrane changes, and the release of hemoglobin from erythrocytes increases. Under the influence of various stress factors, tissue cells of many organs, as well as erythrocyte membrane undergo structural and functional changes.

Figure 2 shows the results of research on the determination of the peroxidation tolerance of animal erythrocytes during acute immobilization stress. The level of hemolysis of erythrocytes of control and experimental group animals increased as H_2O_2 concentration increased.

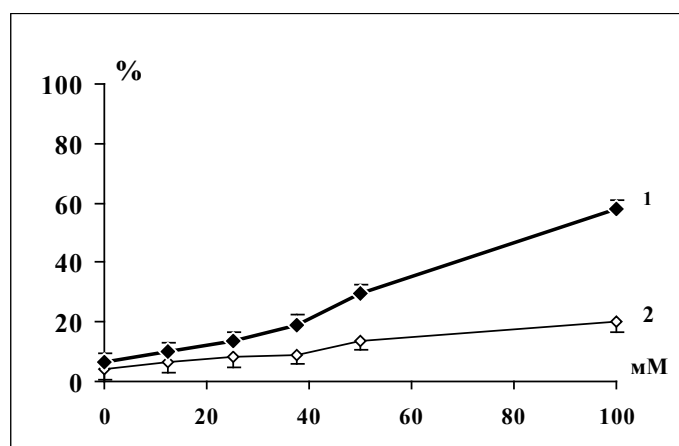
Hydrogen peroxide (H_2O_2) is an active form of oxygen, like superoxide anion radical ($\cdot O_2^-$) and hydroxyl radical ($\cdot OH$). The formation of the active form of oxygen, which is considered a stronger oxidant than the oxygen molecule, is the basis of the lipid peroxidation process [21-23]. Currently, lipid peroxidation processes are considered as the main mechanisms of cell membrane structure damage not only in various pathological conditions,

but also under the influence of extreme factors [24, 25].

According to the results of the experiments conducted to determine the hyperoxidation tolerance of erythrocytes, acute immobilization stress increased hemolysis of erythrocytes. It may be the result of increased rate of peroxidation of membrane phospholipids during stress on the body.

At a concentration of 12.5 mm of H_2O_2 solution, erythrocyte peroxide hemolysis in the control sample was 6.28%, in the AIS sample-10.12%, and the degree of hemolysis increased by 3.84%. In the control sample at a concentration of 100 mm of solution, it can be seen that the erythrocyte peroxide hemolysis was 19.87%, while in the AIS sample it was 58.20%, increasing the peroxide hemolysis by 3 times.

So, the results of our research showed that acute immobilizing stress leads to damage to the red blood cell membrane, as a result of which the release of hemoglobin from red blood cells increases, and therefore the resistance of red blood cells decreases. A decrease in the resistance of the membrane under the influence of stress factors is associated with the course of pathological reactions in the cell. Violation of the structure of the membrane can occur due to the rapid breakdown of its constituent parts, i.e. lipids and proteins, due to lack of energy, a decrease in the formation of membrane proteins and lipids, and an increase in free radical oxidation of cell membrane lipids.



Abscissa axis: H₂O₂ concentration, mM. 1 – AIS, 2 – control. Ordinate axis: level of hemolysis, %.

Figure 2 – Effects of acute immobilization stress (AIS) on peroxidative hemolysis of erythrocytes

Experiments to determine the effect of chronic immobilizing stress factors on the osmotic resistance of red blood cells were depicted in Figures 3, 4. The osmotic resistance (resistance) of red blood cells was determined by osmotic hemolysis. The hemolysis rate in a solution with a concentration of 0.1 g/100 ml of Na₂CO₃ was calculated as 100% and the osmotic resistance of red blood cells in solutions of 0.35-0.9 g/100 ml of NaCl was studied. The effect of chronic immobilizing stress lasted for 15 days, as described in the research method. To determine the effect of stress, test indicators for the 1st, 7th and 15th day were taken.

Figure 3 shows the effects of 1 and 7 daily stress. In sodium chloride solutions of 0.35 g/100 ml, the level of hemolysis was 94.8% in the control group, 95.2% on the 1st day of chronic immobilization stress (CIS), and 96.9% on the 7th day of the SIS. And, in 0.45 g/100 ml solutions, the level of hemolysis was 48.1% in the control group, 58.9% on the 1st day of CIS, and 64.9% on the 7th day of CIS. That is, the rate of hemolysis increased by 1.5-2 times in 0.35 g/100 ml sodium chloride solution compared to 0.45 g/100 ml solution.

During the study of the effects of 1 and 15 days of stress, this pattern was observed (Figure 4). It was found that as the concentration of the solution increases, the level of hemolysis decreases and, accordingly, the tolerance of erythrocytes increases.

As the duration of exposure to the stress factor increased, the level of hemolysis of erythrocyte membranes increased accordingly, and on the 15th day, compared to the 1st day, it had a significant

harmful effect. As a result, it was observed that the stability of erythrocyte membranes decreased.

The next stage of our experimental work was to determine the peroxide resistance of animal erythrocytes during the effects of chronic immobilization stress. The results of the study are shown in Figures 5 and 6. Chronic immobilization lasted 15 days, as described in the method for studying the effects of stress. In order to determine the effect of stress, test results were obtained on 1, 7 and 15 days.

As shown in the figures, the peroxidic hemolysis of erythrocytes at a low concentration of hydrogen peroxide (H₂O₂) was 8.6% in the control group, 9.8% on the 1st day of chronic immobilization stress (CIS), 13.2% on the 7th day, and 17.2% on the 15th day. Compared to the control group, it was found that on the 1st day of SIS, peroxidic hemolysis increased by 1.2%, on the 7th day by 3.4%, and on the 15th day by 8.6%.

At a high concentration of H₂O₂, erythrocyte superoxide hemolysis was 17.2% in the control group, 27.1% on the 1st day of SIS, 30.9% on the 7th day, and 60.5% on the 15th day. Compared to the control group, peroxidase hemolysis increased by 9.9% on the 1st day of SIS, on the 7th day by 13.7%, and on the 15th day by 33.4%. The level of hemolysis of erythrocytes of control and experimental group animals increased as the H₂O₂ concentration increased. The results of the experiments showed that depending on the duration of exposure to stress, the resistance of membranes decreases.

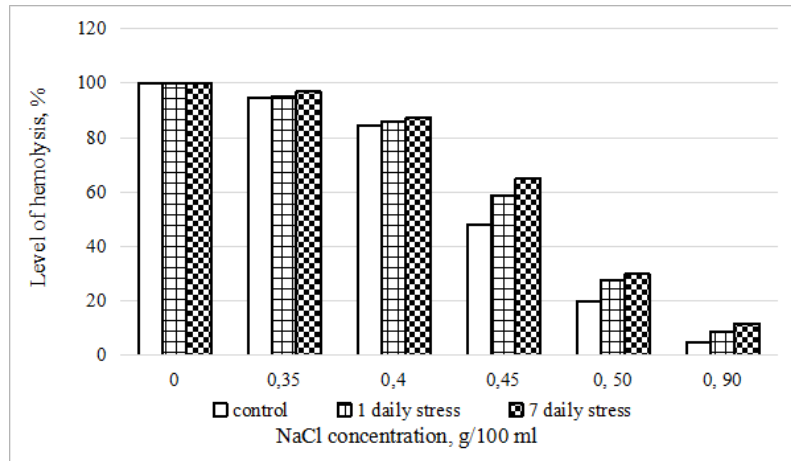


Figure 3 – Effect of chronic immobilization stress (AIS) on osmotic hemolysis of erythrocytes

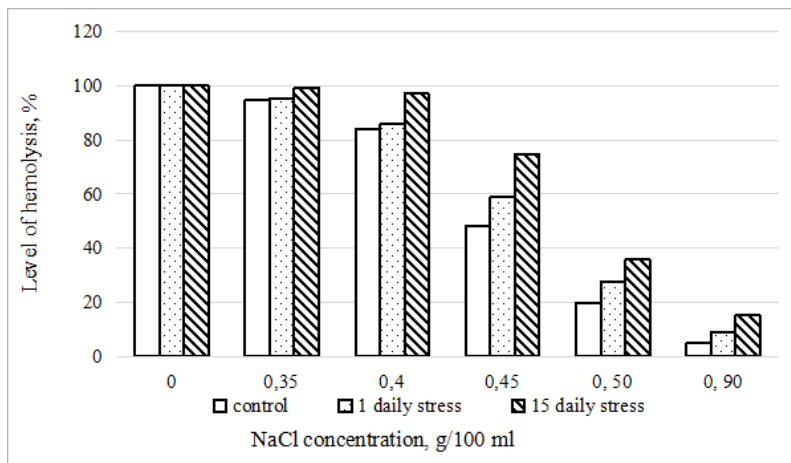
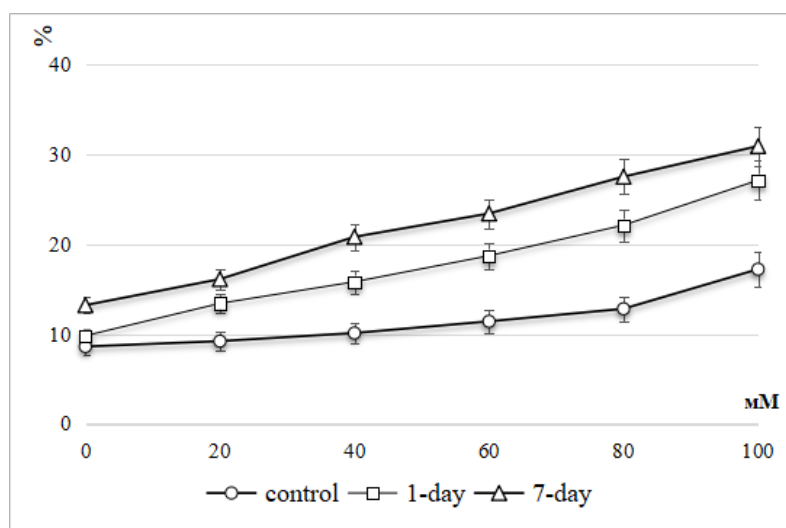
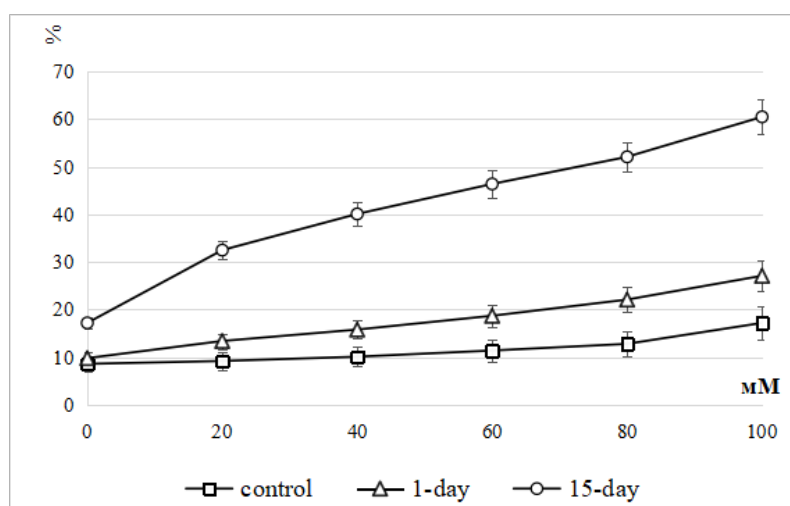


Figure 4 – Effect of chronic immobilization stress on osmotic hemolysis of erythrocytes



Abscissa axis: H₂O₂ concentration, mM. Ordinate axis: level of hemolysis, %.

Figure 5 – Peroxide hemolysis of erythrocytes in chronic immobilization stress effect



Abscissa axis: H₂O₂ concentration, mM. Ordinate axis: level of hemolysis, %.

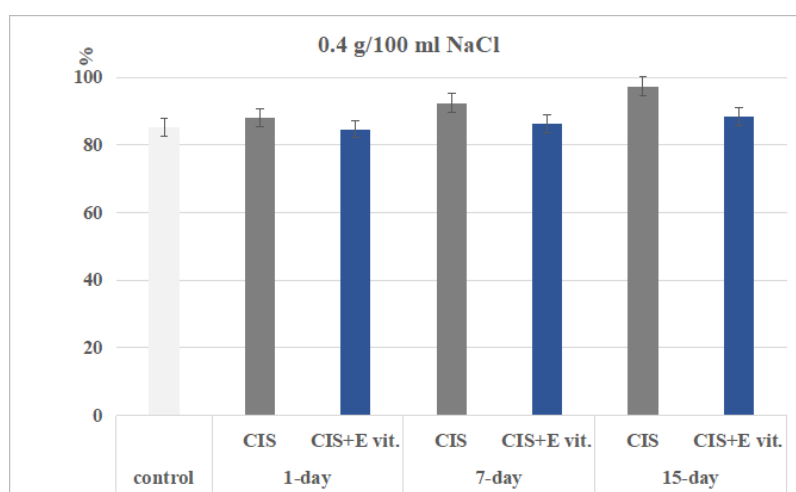
Figure 6 – Peroxide hemolysis of erythrocytes in chronic immobilization stress effect

Figures 7 and 8 show the indicators obtained from research experiments on the possibility of increasing the osmotic stability of the erythrocyte membrane with vitamin E or α -tocopherol under the influence of chronic immobilization stress.

In general, it is known that vitamin E (α -tocopherol) has membrane-stabilizing, antioxidant properties and reduces oxidative hemolysis of erythrocytes caused by free radicals. It is due to this property that α -tocopherol increases the tolerance of the erythrocyte membrane to the stress factor.

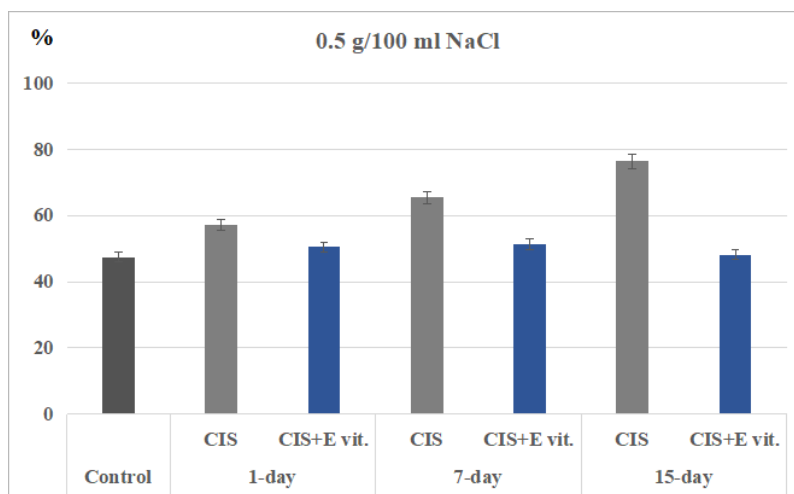
As shown in Figure 7, the level of osmotic hemolysis of erythrocytes of animals exposed

to stress was 85.3% in the control group in a solution of 0.4 g/100 ml of sodium chloride. And, in the version of SIS on the 1st day, the value of hemolysis is 88.2%, CIS+Evit. it was observed that vitamin E reduced the level of osmotic hemolysis of erythrocytes by 3.5%, making it 84.7%. On the 7th day, hemolysis was 92.4% in the CIS version, 86.2% in the |CIS+Evit version, and vitamin E reduced osmotic hemolysis by 6.2%. It was found that hemolysis in the SIS version on the 15th day of the experiment was 97.4%, in the CIS+Evit version it was 88.3%, and vitamin E reduced osmotic hemolysis by 9.1%.



Abscissa axis: CIS – chronic immobilization stress; CIS+E vit. – the effect of vitamin E during stress. 0.4 g/100 ml NaCl. Ordinate axis: level of hemolysis, %.

Figure 7 – Effect of vitamin E on osmotic hemolysis of erythrocyte membrane during chronic immobilization stress



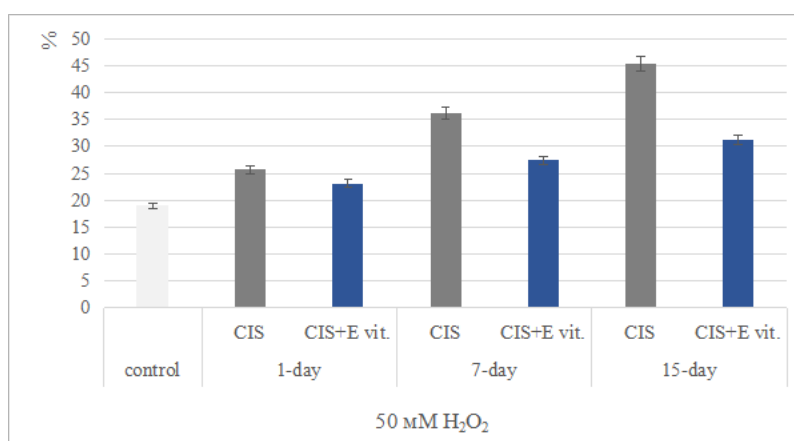
Abscissa axis: CIS – chronic immobilization stress; CIS+E vit. – the effect of vitamin E during stress. 0.5 g/100 ml NaCl. Ordinate axis: level of hemolysis, %.

Figure 8 – Effect of vitamin E on osmotic hemolysis of erythrocyte membrane during chronic immobilization stress

In the experiment of determining the effect of vitamin E on the osmotic hemolysis of the erythrocyte membrane in a 0.5 g/100 ml solution of sodium chloride during chronic immobilization stress (Figure 8), this law was observed. However, the rate of hemolysis decreased in 0.5 g/100 ml sodium chloride solution compared to 0.4 g/100 ml solution. Vitamin E increased the resistance of the erythrocyte membrane to chronic immobilization stress.

The results of the study showed that the long-term effect of vitamin E was more dominant than the short-term effect in increasing the resistance of the erythrocyte membrane during immobilization stress.

The indicators of the results of the study of the peroxide hemolysis of erythrocytes at concentrations of 50 mM and 100 mM of hydrogen peroxide are shown in Figures 9-10.

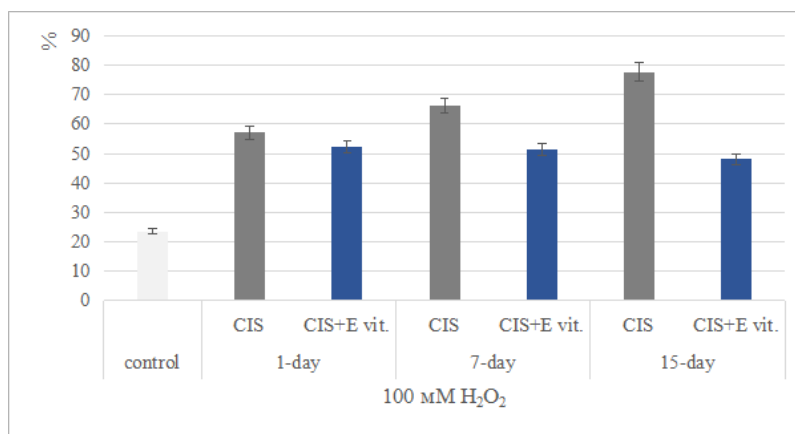


Abscissa axis: SIS – chronic immobilization stress; CIS+E vit. – the effect of vitamin E during stress. 50 mM H₂O₂. Ordinate axis: level of hemolysis, %.

Figure 9 – Effect of vitamin E on peroxidic hemolysis of erythrocyte membrane during chronic immobilization stress

Peroxide hemolysis of erythrocytes in a 50 mM solution of hydrogen peroxide (H_2O_2) was 18.9% in the control version. And, in the version of chronic immobilization stress (CIS) on the 1st day, 25.7%, CIS+E vit. made 23.1% in the version, and reduced the level of hemolysis by 2.6%. On the 7th day,

superoxide hemolysis in CIS variant was 36.2%, CIS+E vit. showed 27.4% in the version and reduced the level of hemolysis by 8.8%. On the 15th day, superoxide hemolysis in CIS variant was 45.4%, CIS+E vit. in version 31.2%, it was found that the level of hemolysis decreased by 14.2% (Fig. 9).



Abscissa axis: CIS – chronic immobilization stress; CIS+E vit. – the effect of vitamin E during stress. 100 mM H_2O_2 . Ordinate axis: level of hemolysis, %.

Figure 10 – Effect of vitamin E on peroxidic hemolysis of erythrocyte membrane during chronic immobilization stress

Peroxide hemolysis of erythrocytes in a 100 mM H_2O_2 solution was 23.5% in the control version. And, in the version of CIS on the 1st day, 57.1%, CIS+E vit. made 52.4% in the variant and reduced hemolysis level by 4.7%. On the 7th day, superoxide hemolysis in CIS variant was 66.3%, CIS+E vit. showed 51.5% in the variant and reduced the level of hemolysis by 14.8%. On the 15th day, superoxide hemolysis in CIS version was 77.7%, CIS+E vit. in the version, it was 48.1%, and it was observed that the hemolysis level decreased by 29.6% (Fig. 10).

After adding vitamin E to animal feed, resistance of erythrocytes increases. The biological activity of the vitamin E is evaluated by increasing the resistance of erythrocytes to hemolysis. Thus, vitamin E increased the membrane-stabilizing properties of the erythrocyte membrane under the influence of chronic immobilization stress.

Conclusion

According to the results of the research, under the influence of acute immobilization stress, the osmotic and superoxide hemolysis of the erythrocyte membrane increased, and the resistance of the membrane decreased. During the study of the effect of chronic immobilization stress on erythrocyte membranes, osmotic and superoxide hemolysis of erythrocyte membranes increased on the 1st, 7th and 15th days. The role of vitamin E in increasing the membrane-stabilizing property of the erythrocyte membrane against the harmful effects of chronic immobilization stress depended on the duration of its administration. Therefore, vitamin E can be used to prevent diseases caused by free radical damage to biomembranes.

References

1. Bikbulatova A.A., Andreeva E.G. Achievement of psychological comfort in 5-6-Year-Old children with scoliosis against the background of daily medicinal-prophylactic clothes' wearing for half a year // Bali Medical Journal. – 2018. – Vol. 7. No 3. – P. 706-711.
2. Рубизова А.А., Жданова Д.Р., Джейранова М.О. Гиподинамия – болезнь цивилизации // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. – 2017. Т.7. – № 6. С. 1031-1032.

3. Даутова М.Б., Жетписбаева Г.Д., Абишева З.С., Асан Г.К., Журунова М.С., Раисов Т.К., Исакова У.Б., Исмагулова Т.М. Влияние гиподинамии на жизнь человека // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 1 (часть 4) – С. 542-543.
4. Alifirov A.I., Mikhaylova I.V. Physical Education Of Highly Qualified Chess Players // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2018. – Vol. 9. No 4. – P. 1725-1730.
5. Гришан М. А. Физиологические последствия гиподинамии для организма человека // *Здоровье и образование в XXI веке*. – 2018. – Т.20. – №12. – С. 70-73.
6. Амлаев К. Р., Койчуева С. М., Койчуев А. А. и др. Гиподинамия: как переломить ситуацию. Современные рекомендации по планированию физической активности // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2012. – Т.14. – №5 (2). – С.518-521.
7. Илюшин О.В., Босьятов А.Р. Гипокинезия и гиподинамия, их неблагоприятное влияние на организм // *Наука и образование: новое время*. – 2018. – № 6 (29). – P. 764-767.
8. Makhov A.S., Medvedev I.N. Physiological Danger Of Physical Inactivity For Humans // *Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences*. – 2018. – Vol. 9. No 6. – P. 375-380.
9. Jos F. B., Bart V., Julian F Th. Generalized Unsafety Theory of Stress: Unsafe Environments and Conditions, and the Default Stress Response // *Int. J. Environ ResPublic Health*. – 2018. – Vol.7. No.15(3). – 464 p.
10. Dragoş D., Tanasescu M.D. The effect of stress on the defense systems // *J Med Life*. – 2010. – No 3(1). – P. 10-18.
11. Гуцол Л.О., Гузовская Е.В., Серебренникова С.Н., Семицкий И.Ж. Стресс (общий адаптационный синдром): лекция // *Байкальский медицинский журнал*. – 2022. – No 1(1). – P. 70-80.
12. Новицкий В.В., Гольдберг Е.Д., Уразова О.И. (ред.) *Патофизиология* // М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2015. – Том 1.
13. Юнусова С.Г., Розенталь А.Н., Балтина Т.В. Стресс. Биологический и психологический аспекты // *Ученые записки Казанского университета. Серия Гуманитарные науки*. – 2008. – № 150(3). – С. 139-150.
14. Артюхов В.Г., Наквасина М.А. Биологические мембраны: структурная организация, функции, модификация физико-химическими агентами // *Учеб. пособие*. – Воронеж: Изд-во ВГУ. – 2000. – 296 с.
15. Садовниченко Ю.А., Мясоедов В.В. Клеточные мембраны. Транспорт веществ через плазмалемму: Метод. реком. для самост. внеауд. работы студ. // *Харьков: ХНМУ*. – 2015. – 15 с.
16. Хныченко Л.К., Сапронов Н.С. Стресс и его роль в развитии патологических процессов // *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии*. – 2003. – Т. 2. – № 3. – С. 2-15.
17. Alkadi H. A Review on Free Radicals and Antioxidants // *Infect Disord Drug Targets*. – 2020. – № 20(1). – P. 16-26.
18. Лудан В.В., Польская Л.В. Роль антиоксидантов в жизнедеятельности организма // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 86-92.
19. Мирошина Т.Н., Мурзахметова М.К., Утегалиева Р.С. и др. Корректирующее влияние индоламинов на состояние мембран эритроцитов при действии ионов кадмия // *Вестник КазНУ им. Аль-Фараби. Серия биол.* – 2002. – № 3. – С. 80-86.
20. Stewart M.P., Langer R., Jensen K.F. Intracellular Delivery by Membrane Disruption: Mechanisms, Strategies, and Concepts // *Chem Rev*. – 2018. – No 118(16). – P. 7409–7531.
21. Giovanni M., Ciro C., Michele M., Luca D., Pasquale N., Angela Gabriella D. Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health // *Oxygen*. – 2022. – No 2(2) – P. 48-78.
22. Pham-Huy L.A., He H., Pham-Huy C. Free radicals, antioxidants in disease and health // *Int. J. Biomed. Sci*. – 2008. No 4. – P. 89–96.
23. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. *Free Radicals in Biology and Medicine (5th edn)* // Oxford University Press. – 2015. Online ISBN: 9780191802133. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001>.
24. Ayala A., Munoz M.F., Arguelles S. Lipid Peroxidation: Production, Metabolism, and Signaling Mechanisms of Malondialdehyde and 4-Hydroxy-2-Nonenal // *Oxid Med Cell Longev*. – 2014;2014:360438. doi: 10.1155/2014/360438.
25. Узбеков М.Г. Перекисное окисление липидов и антиоксидантные системы при психических заболеваниях // *Социальная и клиническая психиатрия*. – 2014. – Т. 24. – № 4. – С. 97–103.

References

1. Alifirov A.I., Mikhaylova I.V. (2018) Physical Education Of Highly Qualified Chess Players. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, vol. 9, no 4, pp. 1725-1730.
2. Amlayev K. R., Koychuyeva S. M., Koychuyev A. A. (2012) Gipodinamiya: kak perelomit' situatsiyu. *Sovremennyye rekomendatsii po planirovaniyu fizicheskoy aktivnosti. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, vol 14, no 5 (2), pp. 518-521.
3. Artyukhov V.G., Nakvasina M.A. (2000) *Biologicheskiye membrany: strukturnaya organizatsiya, funktsii, modifikatsiya fiziko-khimicheskimi agentami. Ucheb. Posobiye, Voronezh: Izd-vo VGU*, pp. 296.
4. Alkadi H. (2020) A Review on Free Radicals and Antioxidants. *Infect Disord Drug Targets*, no 20(1), pp. 16-26.
5. Ayala A., Munoz M.F., Arguelles S. (2014) Lipid Peroxidation: Production, Metabolism, and Signaling Mechanisms of Malondialdehyde and 4-Hydroxy-2-Nonenal, *Oxid Med Cell Longev*, 2014:360438. doi: 10.1155/2014/360438.
6. Bikbulatova A.A., Andreeva E.G. (2018) Achievement of psychological comfort in 5-6-Year-Old children with scoliosis against the background of daily medicinal-prophylactic clothes' wearing for half a year. *Bali Medical Journal*, vol. 7, no 3, pp. 706-711.
7. Dautova M.B., Dzhetspisbayeva G.D., Abisheva Z.S., Asan G.K., Zhurunova M.S., Raisov T.K., Iskakova U.B., Ismagulova T.M. (2016) Vliyaniye gipodinamii na zhizn' cheloveka. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, no 1 (4), pp. 542-543.

8. Dragoş D., Tanasescu M.D. (2010) The effect of stress on the defense systems. *J Med Life*, no 3(1), pp. 10-18.
9. Grishan M. A. (2018) Fiziologicheskiye posledstviya gipodinamii dlya organizma cheloveka. *Zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke*, vol 20, no 12, pp. 70-73.
10. Gutsol L.O., Guzovskaya Ye.V., Serebrennikova S.N., Seminskiy I.ZH. (2022) Stress (obshchiy adaptatsionnyy sindrom): lektsiya. *Baykal'skiy meditsinskiy zhurnal*, no 1(1), pp. 70-80.
11. Giovanni M., Ciro C., Michele M., Luca D., Pasquale N., Angela Gabriella D. (2022) Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *Oxygen*, no 2(2), pp. 48-78.
12. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. (2015) *Free Radicals in Biology and Medicine* (5th edn). Oxford University Press, Online ISBN: 9780191802133. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198717478.001.0001>.
13. Il'yushin O.V., Bosyatov A.R. (2018) Gipokineziya i gipodinamiya, ikh neblagopriyatnoye vliyaniye na organism. *Nauka i obrazovaniye: novoye vremya*, no 6 (29), pp. 764-767.
14. Jos F. B., Bart V., Julian F Th. (2018) Generalized Unsafety Theory of Stress: Unsafe Environments and Conditions, and the Default Stress Response. *Int. J. Environ Res Public Health*, vol.7, no.15(3), pp. 464.
15. Khnychenko L.K., Sapronov N.S. (2003) Stress i yego rol' v razvitii patologicheskikh protsessov. *Obzory po klinicheskoy farmakologii i lekarstvennoy terapii*, vol 2, no 3, pp. 2-15.
16. Ludan V.V., Pol'skaya L.V. (2019) Rol' antioksidantov v zhiznedeyatel'nosti organizma. *Tavricheskiy mediko-biologicheskyy vestnik*, vol 22, no 3, pp. 86-92.
17. Miroshina T.N., Murzakmetova M.K., Utegaliyeva R.S. (2002) Korriruyushcheye deystviye indolaminov na sostoyaniye membrany eritrotsitov pri deystvii ionov kadmiya. *Vestnik KazNU im. Al'-Farabi. Seriya biol*, no 3, pp. 80-86.
18. Makhov A.S., Medvedev I.N. (2018) Physiological Danger Of Physical Inactivity For Humans. *Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences*, vol. 9, no 6, pp. 375-380.
19. Novitskiy V.V., Gol'dberg Ye.D., Urazova O.I. (red.) (2015) *Patofiziologiya*. M.: GEOTAR-Media., ch 1.
20. Pham-Huy L.A., He H., Pham-Huy C. (2008) Free radicals, antioxidants in disease and health. *Int. J. Biomed. Sci*, no 4, pp 89-96.
21. Rubizova A.A., Zhdanova D.R., Dzheyranova M.O. (2017) Gipodinamiya – bolezni' tsivilizatsii. *Byulleten' meditsinskikh Internet-konferentsiy*, vol 7, no 6, pp. 1031-1032.
22. Sadovnichenko YU.A., Myasoyedov V.V. (2015) Kletochnyye membrany. Transportnoye vozdeystviye cherez plazmalemmu: Metod. rekom. dlya samost. vneaud. rabota stud. Khar'kov: KHNMU, pp. 15.
23. Stewart M.P., Langer R., Jensen K.F. (2018) Intracellular Delivery by Membrane Disruption: Mechanisms, Strategies, and Concepts. *Chem Rev*, no 118(16), pp. 7409-7531.
24. Uzbekov M.G. (2014) Perekisnoye okisleniye lipidov i antioksidantnyye sistemy pri psikhicheskikh zabollevaniyakh. *Sotsial'naya i klinicheskaya psixiatriya*, vol 24, no 4, pp. 97-103.
25. Yunusova S.G., Rozental' A.N., Baltina T.V. (2008) Stress. Biologicheskiye i psikhologicheskiye aspekty. *Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya Gumanitarnyye nauki*, no 150(3), pp. 139-150.

МАЗМҰНЫ – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

Шолу мақаласы	Review articles	Обзорные статьи
<i>Баянды Г.А., Ахметсадықов Н.Н., Бисенбаев А.К.</i> Молекулярно-генетическая характеристика вируса бешенства, патогенез и достижения в диагностике и разработке средств борьбы 4		
1-бөлім Ботаника	Section 1 Botany	Раздел 1 Ботаника
<i>Салина Е.А., Терлецкая Н.В., Нестеров М.А., Ережетова У.</i> Масақтану мерзімін анықтайтын маркерлерді қолдана отырып, бидайдың аллоплазмалық тізбектеріне генетикалық талдау жасау 22		
<i>Сарсенова А.Н., Абиев С.А., Дарбаева Г.Е.</i> Amanita vittadinii (Moretti) Vittad. (Amanitaceae, Basidiomycota) Жайық өзені аңғары үшін алғаш рет анықталған микологиялық жаңалық 31		
<i>Қарабаев Н.А., Мамашукуров А.Э.</i> Влияние различных видов удобрений на формирование фитомассы хлопчатника 40		
<i>Булханова Д.К., Бисенов У.К., Утаубаева А.У., Мамышева М.В., Есенаманова М., Алпамысова Г.Б.</i> Биологические особенности растений, произрастающих в пустынных и полупустынных районах Атырауской области на примере гармалы обыкновенной (<i>Peganum harmala</i> L.) и способы их адаптации к условиям окружающей среды 47		
2-бөлім Биотехнология	Section 2 Biotechnology	Раздел 2 Биотехнология
<i>Машижан А.С., Хавьер-Лопес Р., Бисенбай А.О., Талипова А.Б., Савицкая И.С., Биркеланд Н.К., Кистаубаева А.С.</i> Идентификация термофильных бактерий из горячего источника Казахстана и оценка их ферментативной активности 60		
<i>Турдиев Т.Т., Кабылбекова Б.Ж., Ковальчук И.Ю., Мухитдинова З.Р., Фролов С.Н., Рахимбаев И.Р., Огарь Н.П.</i> Сохранение гермоплазмы дикорастущих форм груши методом криоконсервации 72		
3-бөлім Молекулалық биология және генетика	Section 3 Molecular biology and genetics	Раздел 3 Молекулярная биология и генетика
<i>Мазкират Ш., Бабисекова Д.И., Дидоренко С.В., Қулахметова Ж.Е., Булатова К.М.</i> Использование кодоминантных белковых и ДНК маркеров в идентификации F1 гибридного потомства сои 84		
4-бөлім Зоология	Section 4 Zoology	Раздел 4 Зоология
<i>Замандинова З.Ш., Шарапова Л.И.</i> Биоразнообразие и количественные показатели зоопланктона пресноводных озер Алакольской системы в 2021 г. 96		
<i>Мамилов Н.Ш., Ургенишбаева Ж.И., Турсынали М.Т.</i> Фенотипическая изменчивость диких популяций и культурных стад радужной форели <i>Oncorhynchus mykiss</i> в водоемах Балхашского бассейна 106		
<i>Ибраева Г.С.</i> Первое описание пятнистого губача <i>Triplophysa strauchii</i> из Казахской части бассейна реки Сырдарья 116		

<i>Искакова А.Н., Баймурзаев Н., Анарбекова Г.Д.</i> Экология и биоразнообразие <i>Pentatomomorpha II (Heteroptera)</i> Иле-Алатауского ГНПП	128
<i>Паржанов Ж.Ә., Әжіметов Н.Н., Кистаубаев Е.И., Погодаев В.А., Қыдырбаева А.Е., Байдүйсенова Т.У., Есентуреева Г.Ж.</i> Көк түсті әртүрлі ренді жакеттік елтірілік типті қозылардың гистоморфологиялық көрсеткіштері	136
<i>Leontyeva Y., Fomin G., Pominova N., Korotetskiy I.</i> Morphological features of the action of roncoleukin on the internal organs of white mice	147

5-бөлім
Адам және жануарлар
физиологиясы

Section 5
Human and animal
physiology

Раздел 5
Физиология
человека и животных

<i>Zhamanbayeva G.T., Zhaparkulova N.I., Ussipbek B.A., Murzakhmetova M.K.</i> Study of the effect of immobilization stress on erythrocyte membranes.....	156
--	-----