

ISSN (Print) 2616-7034
ISSN (Online) 2663-130X

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of L.N. Gumilyov
Eurasian National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР сериясы

BIOSCIENCE Series

Серия БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

2 (147)/ 2024

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2024

Astana, 2024

Бас редактор:

Р.І. Берсімбаев,

ҚР ҰҒА академигі, б.ғ.д, проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан

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

Редакция алқасы:

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

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Сәтбаев к-сі, 2,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
E-mail: eurjournal@enu.kz

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы. **БИОЛОГИЯЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР** сериясы
Меншіктенуші: КеАҚ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті"
Мерзімділігі: жылына 4 рет
Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен тіркелген
02.02.2021ж. № KZ11VPY00031938 қайта есепке қою туралы куәлігі
Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі 13/1
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті
Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

Editor-in-Chief:

R.I. Bersimbaev,

*Academician of NAS RK, Doctor of Biological Sciences, Prof.,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

Deputy Editor-in-Chief:

Zh.K. Masalimov, *Candidate of Biological Sciences, Associate professor,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

Editorial board

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

Editorial address: **2 Satpayev str., of., L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Astana, Kazakhstan, 010008**
E-mail: eurjourbio@enu.kz

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

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

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan Rediscount certificate № KZ11VPY00031938 from 02.02.2021

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

Website: <http://bulbio.enu.kz>

Главный редактор:

Р.И. Берсимбай,

профессор, д.б.н., академик НАН РК, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Зам. главного редактора

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

Редакционная коллегия:

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

Адрес редакции: **010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2,**
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
E-mail: eurjourbio@enu.kz

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева. Серия **БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

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

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан Свидетельство о постановке на переучет № KZ11VPY00031938 от 02.02.2021 г.

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

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Сайт: <http://bulbio.enu.kz>

МАЗМҰНЫ/ CONTENT/ СОДЕРЖАНИЕ

Дидоренко С.В., Сидорик И.В., Зинченко А.В., Закиева А.А., Абилдаева Д.Б., Касенов Р.Ж. <i>Солтүстік Қазақстан жағдайына арналған майбұршақтың ультра тез және тез пісетін сұрыптарын жасау.....</i>	
Didorenko S.V., Sidorik I.V., Zinchenko A.V., Zakieva A.A., Abildaeva D.B., Kassenov R.Zh. <i>Creation of ultra-ripening and early maturing soybean varieties for conditions of Northern Kazakhstan.....</i>	
Дидоренко С.В., Сидорик И.В., Зинченко А.В., Закиева А.А., Абилдаева Д.Б., Касенов Р.Ж. <i>Создание ультраскороспелых и скороспелых сортов сои для условий Северного Казахстана..</i>	7
Халымбетова А.Е., Мухтубаева С.К., Абиев С.А. <i>«Көкшетау» МҰТП аумағындағы <i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Соó ценопопуляцияларының қазіргі жағдайы.....</i>	
Khalymbetova A.E., Mukhtubaeva S.K., Abiev S.A. <i>Current condition of <i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó cenopopulations on the territory of SNNP "Kokshetau".....</i>	
Халымбетова А.Е., Мухтубаева С.К., Абиев С.А. <i>Современное состояние ценопопуляций <i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Соó на территории ГНПП "Кокшетау".....</i>	26
Бердікұлов Б.Т., Гаврилов А.Э., Бекбенбетов С.К. <i>Көк кептердің (<i>Columba Livia</i>) Қазақстанның қалалық жерлерінде таралуы мен экологиясы</i>	
Berdikulov B.T., Gavrilov A.E., Bekbenbetov S.K. <i>Distribution and ecology of Rock Pigeons (<i>Columba Livia</i>) in urban environments of Kazakhstan</i>	
Бердикулов Б.Т., Гаврилов А.Э., Бекбенбетов С.К. <i>Распространение и экология сизых голубей (<i>Columba Livia</i>) в урбанистических районах.....</i>	45
Перфильева А.В., Беспалова К.Б., Кузовлева Е.Б., Беспалов С.В., Бегманова М.О., Абылкасымова Г.М., Сейсенбаева А.С., Вишнякова О.В. <i>Микросателиттік талдау арқылы тазы тұқымды иттердің генофондын бағалау.....</i>	
Perfilyeva A.V., Bespalova K.B., Kuzovleva Y.B., Bespalov S.V., Begmanova M.O., Abylkassymova G.M., Seisenbayeva A.S., Vishnyakova O.V. <i>Evaluation of the gene pool of the Tazy dog breed using microsatellite analysis.....</i>	
Перфильева А.В., Беспалова К.Б., Кузовлева Е.Б., Беспалов С.В., Бегманова М.О., Абылкасымова Г.М., Сейсенбаева А.С., Вишнякова О.В. <i>Оценка генофонда собак породы тазы с использованием микросателлитного анализа.....</i>	58

Тағаев Д.А., Салқымбаева М.Б. Солтүстік және Орталық Қазақстанның көл гольянының <i>Rhynchocypris percniurus</i> (Leuciscidae) висцеральді бас сүйегінің остеологиясы.....	
Tagayev D.A., Salkymbayeva M.B. <i>Osteology of the viscerocranium of the lake minnow Rhynchocypris percniurus (Leuciscidae) from Northern and Central Kazakhstan.....</i>	
Тағаев Д.А., Салқымбаева М.Б. Остеология висцерального черепа озерного гольяна <i>Rhynchocypris percniurus</i> (Leuciscidae) из Северного и Центрального Казахстана.....	69
Танабекова Г.Б., Яценко Р.В. Іле Алатауындағы Сиверс алма ағашының жабайы популяцияларын зақымдайтын зиянкестер Tanabekova G.B., Jashenko R.V. <i>Neurobiological basis of suicidality.....</i>	
Танабекова Г.Б., Яценко Р.В. Вредители, поражающие дикие популяции яблони Сиверса в Илейском Алатау.....	86
Татаева Р.К., Акбаева Л.Х., Тағаев Д.А., Маханова А.М. Суицидтің нейробиологиялық негіздері.....	
Tatayeva R.K., Akbayeva L.Kh., Tagayev D.A., Makhanova A.M. <i>Neurobiological basis of suicidality</i>	
Татаева Р.К., Акбаева Л.Х., Тағаев Д.А., Маханова А.М. Нейробиологические основы суицидальности.....	102
Саменова Ж.Қ., Ержанов Н.Т., Урузалинова М.Б., Кравка М. Павлодар облысының тұщы су көлдеріндегі хлорофилл-а деңгейін зерттеу.....	
Samenova Zh.K., Yerzhanov N.T., Uruzalinova M.B., Kravka M. <i>Research on chlorophyll-a concentrations in freshwater lakes of Pavlodar region.....</i>	
Саменова Ж.Қ., Ержанов Н.Т., Урузалинова М.Б., Кравка М. Исследование уровня хлорофилла-а в пресноводных озерах на территории Павлодарской области.....	120
Бектурова А., Саги М. Өсімдіктердің стресске реакциясын арттырудағы сульфиттің шешуші рөлі.....	
Bekturova A., Sagi M. <i>The Crucial Role of Sulfite in Enhancing Plant Stress Response.....</i>	
Бектурова А., Саги М. Решающая роль сульфита в усилении реакции растений на стресс.....	137



ХҒТАР 68.35.31
Ғылыми мақала

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-147-2-7-25>

Солтүстік Қазақстан жағдайына арналған майбұршақтың ультра тез және тез пісетін сұрыптарын жасау

С.В. Дидоренко¹, И.В. Сидорик², А.В. Зинченко², А.А. Закиева³,
Д.Б. Абилдаева¹, Р.Ж. Касенов*¹

¹ «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы облысы, Қазақстан

² «Заречное» Ауыл шаруашылық тәжірибе станциясы» ЖШС, Қостанай облысы, Қазақстан

³ «Шәкәрім атындағы университет» КЕАҚ, Семей, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: rinat.kasenov.83@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасының солтүстік өңірлері – Қостанай, Павлодар, Ақмола облыстарында өсіру үшін майбұршақтың ультра ерте пісетін және ерте пісетін сорттарын жасау бағытындағы селекциялық жұмыс нәтижелерінің деректері келтірілген. Жұмыс селекциялық процестің толық схемасы бойынша жүргізіледі. Ультра пісіп жетілген сұрыптарды жасау жұмысына Қазақстанның екі ғылыми ұйымы – «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС басшылығымен «Заречное» Ауыл шаруашылық тәжірибе станциясы» ЖШС қатысады. Будандастырудың тиімділігі 4-15% аралығында өзгереді. Майбұршақ сорттары құрылды және берілді: пісіп - жетілудің 000 тобы - Русия, вегетациялық кезең 85-90 күн, орташа өнімділік - 26,6 ц/га; пісіп-жетілудің 00 тобында, вегетациялық кезең 90-95 күн, орташа өнімділік - 27,7 ц/га; Ивушка, вегетациялық кезең 90-95 күн, орташа өнімділік - 24,0 ц/га; пісіп-жетілудің 0 тобында Северное сияние, вегетациялық кезең 105-107 күн, орташа өнімділік - 23,3 ц/га, Қостана, вегетациялық кезең 85-95 күн, орташа өнімділік - 36,4 ц/га. Қостанай, Павлодар және Ақмола облыстарында өндіріске жіберілді. Северное сияние сорты Қостанай облысында өндіріске жіберілді.

Түйін сөздер: майбұршақ, ерте пісу, өнімділік, сұрып.

Кіріспе

Соңғы жылдары Қазақстанда майбұршақ өндірісі өсу тенденциясына ие болды. Бұл ақуыз тапшылығы мәселелерін шешуге, сондай-ақ өсімдік шаруашылығын әртараптандыруға ықпал етеді. Қазақстандағы майбұршақ өсірудің негізгі аймағы республиканың оңтүстігі мен оңтүстік-шығысы болып табылады. 2021 жылы Қазақстан Республикасындағы жалпы егіс көлемі 113,3 мың гектарды құраса, Алматы облысында 97 мың гектар яғни 85%-дан астам жерді майбұршақ алады [1].

Бұл дақылды өндіру қарқынының артуы майбұршақ әлі дұрыс таралмаған Қазақстан Республикасының солтүстік облыстарында егістік алқаптарының ұлғаюына байланысты болуы мүмкін.

Мұның бір себебі – бұл аймақта суарусыз өсірілетіндіктен, жергілікті жағдайға бейімделген өнімділігі жоғары ультра ерте пісетін сорттардың болмауы, алғашқы вегетациялық кезеңде аязға төзімділігі және құрғақшылыққа төзімділігінің жоғарылауы [2, 3]. Көп жылдық бақылаулар бойынша майбұршақтың вегетациялық кезеңінде ылғал мөлшері Солтүстік Қазақстан облысында 152 мм, Ақтөбе және Қостанай облыстарында сәйкесінше 111 және 166 мм, ал бұл үшін толыққанды дақыл қалыптастыру үшін, егін, кем дегенде 350-400 мм қажет.

Зерттеулер майбұршақ өсіру алқабын 56° с.ш. дейін кеңейту мүмкіндігі мен қажеттілігін көрсетеді және өсімдік шаруашылығында ақуыз мәселесін шешу, әртүрлілікті арттыру және өндірістік процесті тұрақтандыру мақсатында астық үшін солтүстік экотиптің сұрыптарын пайдалану перспективалары болып табылады [4].

Республиканың солтүстік және шығыс аймақтарында майбұршақ дақылдарын өсіру Қазақстан Республикасында агроөнеркәсіп кешенін дамытудың 2013-2020 жылдарға арналған бағдарламасының нысаналы индикаторы болып табылады [5].

Биоотын үшін солтүстік экотипті майбұршақты пайдаланудың мақсаттылығы расталды [6].

Осы дақылды Қазақстан Республикасының солтүстік аймақтарына жылжытуда ерте пісетін майбұршақ тұқымын өсіру басым бағыт болып табылады.

Майбұршақ ерте пісетін сорттарын жасау бойынша селекциялық жұмыстар жер шарының барлық дерлік селекциялық орталықтарында жергілікті агроэкологиялық жағдайларды ескере отырып жүргізіледі [7].

Көптеген елдердің селекционерлері ерте пісетін, суыққа төзімді және сонымен бірге жергілікті топырақ-климат жағдайларына бейімделген өнімділігі жоғары сұрыптарды дамыту бойынша қарқынды жұмыс жүргізуде [8, 9, 10].

Дегенмен, ерте пісетін сұрыптардың барлығы бірдей суыққа төзімді және басқа елдерде өсірген кезде жоғары өнімді емес. Неғұрлым солтүстік жағдайда тұқымның қалыптасуын шектейтін факторлар өсіп-өну кезеңіндегі температуралардың жеткіліксіз қосындысы және күндізгі жарық уақытының ұзақтығы болып табылады, өйткені майбұршақ табиғаты бойынша қысқа күндік өсімдік болып табылады. Фотопериодтық сезімталдығы әлсіз сұрыптар ұзақ күндізгі уақыт жағдайында салыстырмалы түрде ерте гүлдеп, тұқым түзе алады [11].

Майбұршақ шаруашылығында ерте пісетін және сонымен бірге өнімді сұрыптар жасау күрделі мәселе болып табылады. Суару жағдайында майбұршақтың ерте пісетін сұрыптарын жасау кезінде ата-анасының біреуі орташа немесе кеш пісетін тұқымдық будандастыруда ерте сорттарды қосқан жөн. Таңдау кезінде ерте жетілуі сабақтың аздап тармақталуымен жүретін морфобиотиптерді ажырату маңызды. Суармалы жағдайда өнімділігі жоғары (2,5-3 ц/га астық) және оңтайлы ерте пісетін (100 күн) сорттарды алу үшін селекцияны қысқа мерзімде «гүлдену - тұқым толтыру» фотосинтетикалық потенциалды және жапырақ бетін арттыруға бағыттау керек [12, 13].

Ресейде тек 90-шы жылдары Сібір аймағы үшін майбұршақ сұрыптары құрылды: СибНИИК 315, Омская 4, Алтом. Қазіргі уақытта Батыс Сібір жағдайлары үшін өнімдірек ерте пісетін сұрыптар - Эльдорадо, Золотистая, Дина жасалды [14].

Селекция процесінде әртүрлі шығу тегі мен жетілу топтарындағы бастапқы материалды тарту арқылы генетикалық әртүрлілікті арттыруға назар аударылады [15].

И.Я. Моисеенко Ресейдің қара жер емес аймағының оңтүстік-батыс аймағы жағдайында аса маңызды шаруашылық және селекциялық көрсеткіштер бойынша ВИР әлемдік коллекциясындағы майбұршақтың 148 сұрыбын зерттеді. Ол солтүстік экотиптің майбұршақ сұрыптарын жасағанда, тұқымдық үрдістегі белгілер мен қасиеттердің жиынтығына сәйкес, будандастыру комбинацияларын құрастырған кезде, ең алдымен, орыс селекциясының сұрыптарын пайдалануды ұсынады: СибНИИСХОЗ 6, Светлая, Окская, Ланцетная, Брянская МИЯ, Брянская 11, Лада, Соер 34-91, Соер 13-91, Восход 1191/79, Закат, Зейка, Беларусь - Щара, Припять, СН 23-42 селекциясы, Украины - Елена, Киевская 48, Киевская 27, Медея, Харьковская, Харьковская тез пісетін, Молдовы - Тимпурия, Линия 404/87 селекциясы, Польшы - Aldana, LMF, Jutro и Luteo селекциясы, Канады - OAC Vision, Alta, FL - 2, OAC Erin, AC Albatros, Korada селекциясы, Китая - Dong-pong 36, Bei liang, Gong ning селекциясы, Швеции - Fiskeby II, Fiskeby IV, Fiskeby V, Bravalla селекциясы, Франции - Labrador, Armour селекциясы, США MON 23, Caloria, селекциясы Чехословакии – Rostock селекциясы [16].

Жұмыстың мақсаты – солтүстік Қазақстан жағдайында өсіруге бейімделген, өте ерте және ерте пісетін майбұршақ сұрыптарын жасау.

Материалдар мен тәсілдер

Материалдар

Зерттеу жылдарында будандастырудан бастап бәсекеге қабілетті сұрып сынау питомнигіне дейінгі асыл тұқымды процестің толық схемасы құрылды. Іріктеу процесінің бастапқы кезеңі «ҚазЕЖӨшғзи» ЖШС базасында жүзеге асырылады [17, 18] (кесте 1).

Кесте 1

Ультраерте пісетін майбұршақ сұрыптарын таңдаудағы селекциялық питомниктердің көлемдері

Питомник	Суару стационар	Үлгі мөлшері, дана											
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ерте пісетін үлгілердің коллекциялық питомнигі (000, 00 және 0 пісу тобы)	«ҚазЕжӨшғ-зи» ЖШС	-	-	120	120	120	120	350	350	350	370	370	390
	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	120	120	120	140	21	115	100	385	298	263
Гибридизация питомнигі	«ҚазЕжӨшғ-зи» ЖШС	-	-	13	10	10	10	11	5	16	10	10	10
F1	«ҚазЕжӨшғ-зи» ЖШС	-	-	-	10	1	7	1	7	3	10	0	7
F2	«ҚазЕжӨшғ-зи» ЖШС	-	-	-	-	6	1	5	1	7	16	10	0
	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	-	6	1	5	1	7	16	10	0
F3	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	-	-	-	42	35	15	13	98	5
F4	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	110	98
F5	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	204
СП 1	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	-	10	10	-	-	70	40	8	75
СП 2	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	-	10	10	-	44	15	23	21	5
Бақылау питомнигі	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	18	18	13	10	16	15	16	16	40
Конкурстық сұрыптау	«АШТС Заречное» ЖШС	-	-	-	35	29	13	12	15	13	21	18	16
Демонстрациялық	«АШТС Заречное» ЖШС	35	35	35	17	17	17	18	17	25	16	19	20

Зерттеу аймағының ауа райы және климаттық сипаттамасы

ЖШС «АШТС Заречное» станциялары Қостанай облысы Қостанай қаласының маңында орналасқан, 53° 12' 51" ш., 63° 37' 28" Е. «АШТС Заречный» ЖШС-де (бұрынғы «Қостанай НИИШ» ЖШС) селекциялық жұмыстар 15 жылдан астам уақыт жүргізілуде.

«АШТС Заречное» ЖШС аймағындағы климат күрт континенттік: жазы ыстық және құрғақ, қысы суық, қар аз. Ауа температурасының жылдық амплитудасы орта есеппен 75°C; кей жылдары 88°C жетеді. Қыста ауаның ең төменгі температурасы жиі 35-40 ° С, оқшауланған жағдайларда 45-50 ° С дейін төмендейді. Жазда абсолютті температура + 41-43 ° С. Орташа тәуліктік температурасы 0°C-тан жоғары жылы кезең 195-200 күнге созылады – 7-12 сәуірден 19-28 қазанға дейін. Аязсыз кезеңнің ұзақтығы 108-ден 130 күнге дейін. Ауаның жылдық орташа температурасы 0,3-2,3°C, кей жылдары 4,5-5°C-қа дейін көтеріледі немесе 0-1,2°C-қа дейін төмендейді. Вегетациялық кезеңнің ұзақтығы солтүстіктен оңтүстікке қарай ұлғаяды және 166-174 күнді құрайды.

Континенттік климатқа тән қасиет – жауын-шашынның жылы кезеңде (мамыр-қазан) басым болуы, бұл кезде жылдық норманың 60-80% төмендейді. Ең көп жауын-шашын жаздың екінші жартысында, көбінесе шілдеде болады. Өңірдегі ылғалдылық индексі (НТС) солтүстікте 0,9-дан оңтүстікте 0,5-ке дейін ауытқиды.

Тәжірибе алаңының топырағы оңтүстік орташа сазды қара топырақ. Егістік горизонттағы (0-30 см) қарашірік мөлшері (Тюрин бойынша) 3%-дан аспайды, азот аз (19,2 мг/кг), жылжымалы фосфор орташа (28 мг/кг), калий жоғары (331) мг/кг топырақ. Топырақ ерітіндісінің реакциясы аздап сілтілі. Тәжірибелік алқаптың топырағы Қостанай облысында кең таралған және 3 млн 103 мың гектарды құрайды. Құрғақ дала аймағында орналасқан «Заречный» ауыл шаруашылығы кәсіпорнының тәжірибелік алаңы. Топырағы каштан.

Ауа райы жағдайлары

Сынақ аймағындағы метеорологиялық жағдай 8 жыл ішінде әркелкі дамыды. Мәселен, сәуір-қыркүйек аралығындағы орташа жылдық мәліметтер бойынша 213 мм жауын-шашын түседі. Осыған байланысты ең құрғақ жылдар 2014, 2019, 2021 және 2022 жылдар болды. Дегенмен, майбұршақтың дамуы үшін ең маңызды айлардағы ылғалдың болуын қарастырсақ, маусым және шілде айлары, онда 2012, 2015, 2019, 2020 және 2023 жылдар ылғалдылығы аз болды (2-кесте).

Кесте 2

2012-2020 жж. «АШТС Заречный» ЖШС далалық станциялардағы жауын-шашынның таралуы

Айлар	Жылдың нақты көрсеткіштері												
	Орташа көп-жыдық	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Сәуір	26,0	11,4	22,3	6,5	20,1	36,6	17,5	33,1	12,2	36,0	14,1	5,8	0,5
Ма-мыр	36,0	28,1	20,6	13,5	82,3	2,5	52,1	44,7	18,1	80,6	5,5	53,4	19,4
Мау-сым	35,0	26,8	9,7	18,9	37,6	51,4	77,8	76,4	12,8	23,1	13,7	21,1	47,3
Шілде	56,0	23,0	116,6	107,5	30,5	71,3	67,7	35,7	23,0	17,4	103,5	81,2	43,0
Тамыз	35,0	101,1	113,6	9,4	23,0	10,8	36,8	82,4	53,0	69,5	5,4	5,0	102
Қыр-күйек	25,0	10,5	1,7	12,6	37,9	74,2	7,3	12,6	51,7	13,7	16,6	8,3	27,2

Со- масы сәуір- қыр- күйек	213	200,9	284,5	168,4	231,4	246,8	259,2	284,9	170,8	240,3	158,8	174,8	239,8
--	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Майбұршақ – жылу сүйгіш өсімдік. Толық пісу және қалыпты егіннің қалыптасуы үшін вегетациялық кезеңде белсенді температураның қосындысы (10 ° С жоғары) 1700-1900 өте ерте сұрыптар үшін қажет. Майбұршақтың биологиялық минималды температурасы 10 ° С-ты құрайды, бірақ ол жеке фазаларда өзгереді. Жылуға ең жоғары сұраныс майбұршақта ұрпақты болу мүшелерінің қалыптасуы (21-23 °С) және гүлдену (22-25 ° С) кезеңінде байқалады. 17 ° С-тан төмен температурада гүлдену тоқтайды. Жоғары өнімді қалыптастыру үшін ең жақсы температура 18-25 ° С. 35 ° С және одан жоғары температурада бүршіктер мен гүлдер түседі. Температура 10-14 ° С-ке дейін төмендеген кезде тұқым толтыру тоқтайды. Түйіндер 22-25 ° С температурада жақсы дамиды. Тұқымда майдың жиналуы үшін 21-26 ° С температура қолайлы. Екінші вегетациялық кезеңде жоғары температурада майлардың синтезі жоғарылайды, ал көмірсулардың мөлшері азаяды [19].

Гүлдену кезеңінде температураның күрт төмендеуі 2014 жылы -16,7 ° С, ал 2017 жылы шілдеде орташа есеппен 19,7 ° С-қа дейін аздап төмендеуі байқалды. Гүлдену кезеңіндегі ең қолайлы температуралық фон 2012, 2018, 2019 және 2020 жылдар (3-кесте).

Кесте 3

2012-2020 жж. «АШТС Заречное» ЖШС егістік станцияларындағы орташа айлық температура көрсеткіштері

Айлар	Орташа- көпжыл- дық	Жылдың нақты көрсеткіштері											
		2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012	2012
Сәуір	+5,3	+11,8	+7,4	+4,2	+5,3	+8,5	+6,1	+4,5	+5,4	+7,7	+6,3	+9,8	+8,0
Мамыр	+13,7	+15,7	+13,6	+17,1	+15,0	+14,2	+13,5	+11,9	+15,4	+17,2	+20,0	+13,7	+16,3
Маусым	+20,0	+22,0	+20,2	+21,2	+22,2	+18,3	+18,7	+16,6	+18,5	+17,8	+20,8	+18,6	+19,6
Шілде	+20,9	+24,2	+20,4	+16,7	+20,2	+20,3	+19,7	+22,1	+23,1	+23,3	+21,3	+21,6	+24,0
Тамыз	+18,9	+20,8	+18,8	+21,1	+16,9	+22,9	+20,3	+18,1	+19,3	+19,8	+22,2	+19,7	+18,9
Қыркүйек	+12,5	+13,0	+13,0	+10,7	+12,9	+13,0	+12,6	+13,2	+10,9	+13,7	+11,1	+14,4	+13,0

Зерттеу әдістері

Егіс Б.А.Доспехов әдісі бойынша жүргізілді. [20], төрт қатарлы учаскелер, қатар аралығы 30 см, ауданы 20 м². Ерте пісетін сұрыптар үшін тұқым себу нормасы гектарына 650 мың тұқымды құрайды. Үлгілерді орналастыру үш қайталау әдісімен рандомизацияланған.

Солтүстік Қазақстан үшін әдістемелік ұсыныстар бойынша тәжірибедегі агротехника [21]. Негізгі даму фазалары бойынша фенологиялық бақылаулар: себу, өркен (VE), үштік жапырақтың пайда болуы (V1), гүлдену (R2), бұршақ түзілуі (R4), бұршақтардың толтырылуы (R6), пісу (R8) [22]. ВИР [23] әдістемелік нұсқауларына сәйкес егістікті бағалау.

Пирсонның сызықтық корреляция коэффициенттерін бағалау жобасының аясында R (R нұсқасы 3.6.1 (2019-07-05) «Action of the Toes») ашық бастапқы бағдарламалық жасақтама ортасында жүргізілді. GNU <https://ru.wikipedia.org/wiki/R>. Тіл мен орта GNU GPL лицензиясы бойынша қолжетімді; бастапқы кодтар, сондай-ақ бірқатар операциялық жүйелерге арналған құрастырылған қосымшалар түрінде таратылады: FreeBSD, Solaris. Кірістірілген (stats) бумасынан сызықтық Pearson корреляция коэффициенттерінің есептелген матрицалары (cor пәрмені арқылы), олар үшін графиктер (corrplot) бумасы арқылы құрастырылды.

Нәтижелер мен пікірталас

Бірінші кезеңде отандық және шетелдік селекциядағы (Ресей, Украина, Канада) майбұршақтың 40 сұрыбы мен селекциялық нөмірлері зерттелді.

Майбұршақ сұрыптары мен саны бойынша танаптың өнгіштігі 45,0-96,7% құрады. K589109, 173 – 96,7%, Золотистая сұрыптары – 91,2%, Аннушка және Сибирячка сұрыптары – 88,3% және 187 – 95,6%, 422, 445/2 – 95,0% ерекшеленді.

«Толық гүлдену» фазасындағы ең жоғары биіктік 422-83 см, 364, 331 - 76-77 см, Терек сұрыптары - 70 см, Дина, Аннушка және Лебедь - 63-64 см сандармен ерекшеленді. Төменгі сандар K583575, K6248 – әрқайсысы 39 см, Билявка мен Сибирячка - әрқайсысы 46 см.

Пісіп жетілуіне байланысты бес балдық шкала бойынша 422,186 және 173 - 5 балдық Сибирячка, Золотистая сұрыптары ерекшеленді. Біркелкі емес пісетін K589109 және K6792 сандары – 3 ұпай, майбұршақтың басқа сұрыптары мен саны – 4 ұпай. Сибирячка, Дина, 252, 445/2 сұрыптары дамудың фенологиялық фазаларының толық өтуімен және жақсы біркелкілігімен ерекшеленді, әсіресе осы көрсеткіштер бойынша 252 және 445/2 сандары ерекшеленді, оларда бұл көрсеткіштер айқын байқалды.

Тәжірибеде майбұршақ өсімдіктерінің жатып қалуы байқалмады. Терек сұрыбы және 341, K6248 және K6792 сандары төгілуге төрт балдық төзімділік көрсетті, қалған сұрыптар ең жоғары 5 балға ие болды.

Төменгі бұршақтарды бекіту биіктігі майбұршақты аз шығынмен механикалық жинауды пайдалану мүмкіндігін анықтайтын маңызды көрсеткіш болып табылады. Төменгі бұршақтардың ең жоғары қосылуы Vision, Аннушка - әрқайсысы 17 см, әрқайсысы 422, 180/2 – 20 см сұрыптарында табылды. Төменгі бұршақты бекітудің ең төменгі көрсеткіштері Танаис және Самарянка сұрыптарында – 9-10 см және K6248 саны., Сито, 308, 343 – әрқайсысы 11 см.

Майбұршақтың вегетациялық кезеңі 82-121 күн болды. Маусым айындағы қуаңшылыққа байланысты «өркендеу – гүлдену», «гүлдеу – бұршақ түзілу» фазааралық кезеңдері қысқарды, ал шілдеде жауын-шашынның көп болуы «бұршақ түзілуі – бұршақпаптың толуы – пісу» кезеңінің аздап артуына ықпал етті. Вегетациялық кезеңнің

ең көп ұзақтығы Лебедь және Терек сұрыптары үшін - әрқайсысы 121 күн және 343, 308, К6792 - 116-117 күн болды. Ең кішісі - Билявка, Сибирячка, Дина, Золотистая, Аннушка, Танаис сұрыптары үшін - 90-91 күн және 445/2, 207 сандары - 82-88 күн. Қалған сұрыптар мен сандардың вегетациялық кезеңі 91-105 күн ішінде болады.

2014 жылғы вегетациялық кезеңнің бірінші жартысының құрғақ жағдайларына қарамастан, жаздың екінші жартысындағы жауын-шашын майбұршақ дақылынан айтарлықтай жоғары өнім алуға ықпал етті – 14,2 – 24,2 ц/га. Майбұршақтың экологиялық сорт сынаудағы ең жоғары өнімді Sito саны бойынша көрсетті – 24,2 ц/га және 422, 173, 350, 364, 308 – 22,0 – 23,0 ц/га, бұл пайызбен 122 – 128 ц/га құрайды. стандарт.%. Жоғары шығымдылық сонымен қатар 207 - 21,9 ц/га, 186, 445/2 - 21,7 ц/га және 121% ст; 177, 126, 261, 391 - 20,1 - 20,8 ц/га және 114- 116% ст, Билявка стандартының шығымдылығы 18,0 ц/га.

1000 тұқымның жоғары салмағы Самарянка сұрыбымен - 197,0 г және саны 464 - 180,0 г, 320 - 177,9 г және К583575 саны - 172,8 г болды. Тұқымның ең төменгі абсолютті салмағы Аннушка сортында 105,5 г. 127,0 – 167,3 г аралығында (4 кесте).

Кесте 4

Негізгі шаруашылық белгілері бойынша майбұршақ сұрыптарының сипаттамасы, 2014 жыл («АШТС Заречное» ЖШС)

Сұрып атауы	Шығу тегі	Вегетациялық кезең, күн	Өнімділік		Протеин, %	Масса 1000 дән, г
			ц/га	в % к St		
000 пісу тобы						
Билявка (St)	Украина	90	18,0	-	33,4	127,0
Sito	-	91	24,2	134	31,6	164,0
173	Қазақстан	92	23,0	128	34,9	136,0
350	Қазақстан	94	23,0	128	34,2	163,7
422	Қазақстан	91	22,5	125	35,5	161,0
364	Қазақстан	91	22,0	122	33,5	154,8
207	Қазақстан	88	21,9	122	33,1	135,9
445/2	Қазақстан	82	21,7	121	32,8	150,0
186	Қазақстан	91	21,7	121	33,5	137,9
464	Қазақстан	91	21,0	117	35,7	180,0
331	Қазақстан	91	20,8	116	36,3	157,5
177	Қазақстан	91	20,5	114	33,6	135,8
126	Қазақстан	91	20,1	112	34,5	111,4
261	Қазақстан	91	20,1	112	34,8	138,8
180/2	Қазақстан	93	20,0	111	33,6	168,2
212	Қазақстан	91	19,7	109	33,7	143,5

136	Қазақстан	91	19,7	109	36,3	167,3
195	Қазақстан	91	19,1	106	29,1	154,7
Сибирячка	Ресей	91	18,3	102	32,2	147,3
К589109	Қазақстан	91	18,3	102	32,7	137,0
209	Қазақстан	91	18,3	102	34,3	143,9
Золотистая	Ресей	91	17,9	99	33,0	140,3
Танаис	Украина	91	17,8	99	30,4	163,3
Дина	Ресей	91	17,6	98	33,0	135,5
Аннушка	Украина	91	17,5	97	31,4	105,5
191	Қазақстан	91	17,5	97	33,6	140,3
187	Қазақстан	93	16,2	90	33,2	133,3
00 пісу тобы						
341	Қазақстан	96	21,6	120	31,2	139,1
320	Қазақстан	102	21,0	117	37,6	177,9
К6248	-	105	19,7	109	34,0	138,6
Вижн	Канада	99	17,6	98	30,4	149,4
К583575	Қазақстан	106	16,7	93	32,1	172,8
0 пісу тобы						
308	Қазақстан	116	22,0	122	33,7	150,2
391	Қазақстан	115	20,8	116	33,9	145,5
343	Қазақстан	117	19,0	106	34,5	154,2
Терек	Украина	121	16,9	94	29,6	158,4
Самарьянка	Ресей	116	16,7	93	37,2	197,0
К6792	-	116	16,7	93	36,9	154,0
Самер	Ресей	116	14,3	79	33,7	157,3
Лыбидь	Украина	121	14,2	79	34,0	177,1

Майбұршақ сұрыптарын жасау кезінде селекциялық жұмыстың негізгі әдісі будандастыру және селекция болып табылады. Майбұршақ бұршағын будандастырудың тиімділігі басқа дақылдармен салыстырғанда айтарлықтай төмен және орташа 15-20% құрайды. Ерте пісетін сұрыптар үшін бұл көрсеткіш одан да төмен – 3-7%. Гибридтеу «ҚазЕжӨшғзи» ЖШС базасында жүргізілді. 2014-2021 жылдар аралығында будандастыру 94 қиылысу комбинациясы бойынша жүргізілді.

2015 жылы будандастыру 10 қиылысу комбинациясы бойынша жүргізіліп, 2373 гүл кастрацияланып, тозаңдандырылды. Байлау пайызы орта есеппен 8,6% құрайды (5-кесте). Оң нәтиже 32 кросс комбинацияда алынды.

Кесте 5

2014-2023 жж. өте ерте пісетін майбұршақ сұрыптарын будандастыру нәтижелері

Жыл	Тозаңданған гүлдердің саны, дана	Гибридті бұршақтардың саны		Қиылысу комбинацияларының саны, дана	Алынған F1 гибридті популяциялардың егістік градациясынан кейін саны, дана
		дана	%		
2014	305	46	15,0	13	10
2015	195	15	7,6	10	1
2016	175	12	6,9	10	7
2017	450	30	6,0	10	1
2018	307	39	12,7	11	7
2019	302	30	10,0	5	3
2020	353	19	5,3	16	3
2021	299	15	5,0	18	2
2022	348	20	5,7	17	3
2023	812	91	11,2	39	9

Гибридті питомниктерде ерте пісетініне, өнімділігінің негізгі сипаттамаларына, шашылып қалу және жатып қалу төзімділігіне қарай Педигри әдісімен іріктеу жүргізіледі. Жарамсыз деңгейі шамамен 90% құрайды.

Асыл тұқымды питомниктерде тұқымдық сандарды бақылау питомнигіне беру үшін морфологиялық біртекті материал көбейтіледі, онда тұқымдардың өнімділігі мен сапалық сипаттамаларына (майлылығы, ақуыздық құрамы) бағалау жүргізіледі.

Үш жыл бойына ең жақсы сандар сорт сынау питомнигінде зерттелді. Барлық 8 жыл бойына жеке сандар зерттелді.

Бәсекеге қабілетті сорт сынау питомнигінде Қостанай облысы жағдайында вегетациялық кезеңі 80-90, 90-100 және 101-110 пісетін 000, 00 және 0 үш топтағы қазақстандық селекциялық майбұршақтарының саны зерттелді. күндер (кесте 6).

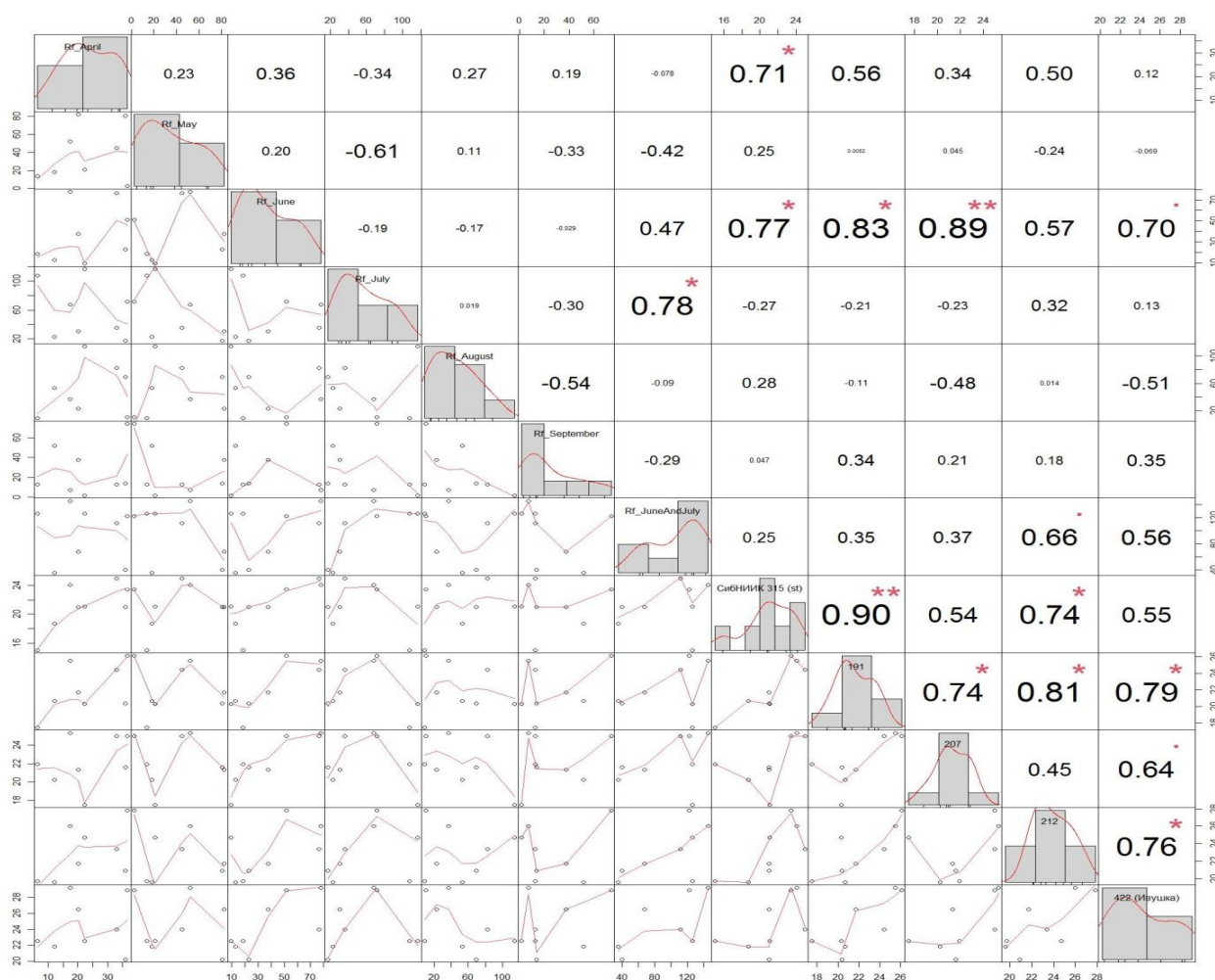
Кесте 6

2013-2023 жж. CSI ең жақсы соя сандарының астық шығымдылығы («Заречное» ауыл шаруашылығы кәсіпорны» ЖШС)

Сорт, селекциялық номер	Өнімділігі ц/га											Вег. кезең, күн (орташа)
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
000												
СиБНИИК 315 (st)	21,1	15,0	21,0	23,5	24,1	25,0	18,7	21,0				85

	23,9	21,7	20,0	-	-	-	-	-					86
	-	-	29,6	24,2	26	25,8	16,7	21,6					87
00													
Билявка (st)	21,1	18,0	18,0	-	25,9	23,3	19,3	21,3					97
К 589109	21,4	18,3	20,5	-	-	-	-	-					94
186	23,6	21,7	21,5	23,3	-	-	-	-					91
180/2	22,2	20,0	21,2	23,9	-	-	-	-					94
177	23,6	20,5	23,2	21,7	-	-	-	-					92
126	23,3	20,1	22,0	21,1	-	25,7	21,3	16,3					94
173	23,3	23,0	25,2	24,7	24,5	-	18,4	-					93
191	20,3	17,5	21,7	26,1	25,5	24,4	20,7	20,4	34,9	23,8	29,8		91
207	17,5	21,9	21,3	25,0	25,3	25,0	20,2	21,6	34,5	24,6	31,1		95
212	24,7	19,7	21,7	27,8	26,0	23,4	19,6	20,9	34,5	22,8	30,9		94
422 (Ивушка)	22,5	22,5	26,5	28,9	29,2	24,0	21,8	20,2	35,1	25,4	31,5		92
331 (Светлячок)	-	20,8	28,0	29,9	29,3	24,0	19,3	21,8					95
118/3 (ҚосТана)						28,0	20,5	24,7	38,7	28,8	36,4		
391	-	20,8	28,0	30,0	30,4	20,0	-	20,8					95
308	-	22,0	25,7	28,8	26,2	24,5	18,4	20,0	36,3	26,0	32,4		97
357	-	-	27,7	27,3	25,3	25,1	17,8	16,2	31,1	24,2			95
137	-	-	23,0	29,0	25,0	22,3	16,9	17,8	32,0	25,2	31,0		92
396	-	-	22,7	26,7	26,0	20,2	19,3	20,4	32,1	22,0	30,1		91
ЗР 1/34	-	-	-	26,5	26,1	25,9	24,3	19,0					99
ЗР 1/40	-	-	-	20,0	30,0	28,8	22,2	20,9	37,4	28,1	35,1		95
145/1	-	-	-	-	-	30,7	18,4	17,5	36,2	25,2	35,1		91
121/2	-	-	-	-	-	27,2	20,3	21,3					91
143/1	-	-	-	-	-	29,0	21,3	20,9	35,1	24,4	33,4		94
118/3	-	-	-	-	-	28,0	20,5	24,7					92
0													
320	-	21,0	25,4	28,9	25,4	-	-	-					103
ЗР1/41	-	-	-	22,5	31,0	27,3	19,3	22,9	37,6	28,3	32,7		105
ЗР 1/83	-	-	-	-	-	26,6	19,3	19,9					111
ЗР 1/94	-	-	-	-	-	29,0	19,4	18,4					112
ЗР 1/31 (Северное сияние)	-	-	-	-	-	29,4	21,0	19,4					107
ЗР 1/68	-	-	-	-	-	28,9	20,8	20,9					108
ЗР 1/77	-	-	-	-	-	30,2	20,0	20,7					115
ЗР 1/102	-	-	-	-	-	-	22,0	25,0	35,1	26,7	33,3		104
ЗР 1/13	-	-	-	-	-	-	22,0	21,8	35,7	25,4	33,1		107

Ұзақ мерзімді зерттеулер шығымдылықтың жауын-шашынмен жоғары корреляциясын көрсетеді. Қостанай облысының аймағы суарылмайтын егіншілікке жатады, майбұршақ сияқты дақылдың өнімі толығымен жауын-шашын деңгейіне байланысты. Зерттеулер шілдедегі шығымдылық белгілері мен жауын-шашын деңгейі арасындағы ең үлкен оң корреляцияны анықтады (1-сурет). Сонымен, көпжылдық мәліметтер бойынша майбұршақтың СибНИИК 315, Ивушка сұрыптары және 191, 207 асыл тұқымды сұрыптары үшін осы сұрыптардың шығымдылығы мен маусымдағы жауын-шашын деңгейі арасында сенімді оң корреляция анықталды ($r = +0,77, +0,70$), $+0,83, +0,89$).



Сурет 1. Майбұршақтың вегетациялық кезеңіндегі жауын-шашын мен бәсекеге қабілетті сорт сынау питомнигінің тұқымдық саны арасындағы Пирсон корреляция коэффициенті

000 пісу тобында R 5 саны бөлінді. Русия сорты Сібір жемшөп шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтының биотехнологиялық зертханасында майбұршақ тұқымының СибНИИК 315 сұрыбының жетілмеген ұрықтарынан ұлпа дақылының соматлондық өзгергіштігі арқылы алынған. Вегетациялық кезең 85-90 күн. 2015-2017 жж. КСИ

бойынша астық шығымдылығы 26,6 кг/га, дәндегі ақуыз мөлшері 44,5%, майлылығы 19,0%. 2017 жылдан бастап мемлекеттік сорт сынауынан өтті.

00 пісүтобында 422 саны (Ивушка) бөлінген, вегетациялық кезеңі 90-95 күн. 2013-2015 жж. КСИ бойынша астық шығымдылығы 24,0 ц/га құрады, дәндегі ақуыз мөлшері 38,1%, майлылығы 22,3%. 2018 жылы сұрып Қостанай, Ақмола және Павлодар облыстарында пайдалануға рұқсат етілді. Сондай-ақ осы топта 331 саны (Светлячок) бөлінген, вегетациялық кезеңі 90-95 күн. 2016-2018 жж. КСИ бойынша астық шығымдылығы 27,7 кг/га, дәндегі ақуыз мөлшері 39,1%, майлылығы 20,0%. 118/3 (Қостана) саны, вегетациялық кезеңі 90-95 тәулік. 2021-2023 жж. КСИ астық шығымдылығы 36,4 ц/га, астық құрамындағы ақуыз мөлшері 41,9%, май мөлшері 23,1%. 2023 жылдан бастап мемлекеттік сорттық сынақта.

0 піскен топта ЗР 1/31 саны (Северное сияние) бөлінген, вегетациялық кезең 105-107 күн. 2018-2020 жж. КСИ бойынша астық шығымдылығы 23,3 ц/га құрады, дәндегі ақуыз мөлшері 39,1%, майлылығы 20,0%. 2024 жылы Қостанай облысында пайдалануға ұсынылды.

Қорытынды

Селекциялық процестің толық схемасы бойынша жұмысты алға қойған ғалымдар майбұршақты солтүстік Қазақстан жағдайына бейімделген өте ерте және ерте пісетін сұрыптарын жасауға қол жеткізді.

Қаржыландыру

Жұмыс Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 267, BR22885857 «Қазақстанның азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында майлы және дәнді дақылдардың жоғары өнімді сорттары мен будандарын жасау және өндіріске енгізу» жобасы негізінде орындалды.

Авторлардың қосқан үлесі

Дидоренко С.В. – мәтін жазу, жұмыс нәтижелерін талдау және түсіндіру, мақаланың соңғы нұсқасын жариялауға бекіту.

Сидорик И.В. – майбұршақ сорттарын будандастыру және іріктеу, фенологиялық бақылау жүргізу.

Зинченко А.В. – майбұршақ сорттарын будандастыру және іріктеу, фенологиялық бақылау жүргізу.

Закиева А.А. – майбұршақ сорттарын будандастыру және іріктеу, фенологиялық бақылау жүргізу.

Абилдаева Д.Б. – майбұршақ сорттарын будандастыру және іріктеу, фенологиялық бақылау жүргізу.

Касенов Р.Ж. – зертханалық талдаулар жүргізу, нәтижелерді өңдеу, техникалық талаптар бойынша мақала дайындау.

Әдебиеттер тізімі

1. Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. [Электронды ресурс]. – 2021. URL: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/5> (жүгінген күні: 20.12.2021).
2. Дидоренко С.В., Кудайбергенов М.С., Аbugалиева А.И., Сидорик И.В., Спрягайлова Ю.Н. Скороспелость сои – приоритет Казахстанской селекции // 2-й биологический конгресс «Глобальные изменения климата и биоразнообразия». – Алматы, 2015. – С. 256-257.
3. Головина Е.В. Исследование засухоустойчивости и водного обмена сортов сои северного экотипа // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – №1. – С. 45-49.
4. Посыпанов Г.С., Кобозева Т.П., Мухин В.П., Гуреева М.П., Буханова Л.А., Заренкова Н.В., Беляев Е.В., Демьяненко Е.В. Создание сортов сои северного экотипа и интродукция ее в нечерноземную зону России // Известия ТСХА. – 2007. – №1. – С. 73-77.
5. Дидоренко С.В., Сидорик И.В., Шилина Ю., Аbugалиева А.И., Закиева А.А. Селекция ультраскороспелых сортов сои для северных и восточных регионов Республики Казахстан // Семей қаласының Шәкәрім атындағы МУ Хабаршысы. – 2014. – №3. – С. 204-208.
6. Devyanin S.N., Markov V.A., Levshin A.G., Kobozeva T.P., Alipichev A.Yu. Use of northern ecotype soybeans for biofuel production // Agricultural Engineering. – 2020. – Vol. 6. – P. 22-30. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-22-30.
7. Озякова Е.Н., Поползухина Н.А. Урожайность и качество зерна сои в зависимости от действия абиотических факторов и генотипических особенностей // Омский научный вестник. – 2014. – №2. – С. 213-217.
8. Ториков В.Е., Бельченко С.А., Дронов А.В. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии: монография. – Брянск: «Брянский ГАУ», 2019. – 284 с.
9. Fredrik F. Soybean (*Glycine max*) cropping in Sweden – influence of row distance, seeding date and suitable cultivars // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science. – 2021. – Vol. 71, №5. – P. 311-317.
10. Kabwe N., Sarah A., Paul M. Molecular characterization of soybean accessions from the international collection of the plant gene resources of Canada: germplasm identification // Journal of Crop Improvement. – 2021. – Vol. 35, №5. – P. 127-139.
11. Сеферова И.В., Мисюрина Т.В., Никишкина М.А. Эколого-географическая оценка биологического потенциала скороспелых сортов и осевенение сои // Сельскохозяйственная биология. Серия: Биология растений. – 2007. – №5. – С. 42-47.
12. Толоконников В.В., Кошкарова Т.С., Иленева С.В., Канцер Г.П. Селекция скороспелых сортов сои для условий орошения // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – №3. – С. 123-124.
13. Толоконников В.В., Канцер Г.П., Плющева Н.М. Генотипическое улучшение урожайности скороспелых сортов сои в условиях орошения // Орошаемое земледелие. – 2019. – №2. – С. 17-20.
14. Омелянюк Л.В. Селекция гороха и сои для условий Западной Сибири: дисс. на соискание степени доктора с/х наук. – 2014. – С. 505.
15. Zatybekov A., Abugaliyeva S., Didorenko S., Rsaliyev A., Turuspekov Y. GWAS of a soybean breeding collection from South East and South Kazakhstan for resistance to fungal diseases // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. – 2018. – №22. – P. 536-543.

16. Моисеенко И.Я., Зайцева О.А. Изучение коллекции ВИР - основа селекционного процесса сои северного экотипа // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – №5. – С. 24-36.
17. Дидоренко С.В., Карягин Ю.Г., Кудайбергенов М.С. Включение ультраскороспелых сортообразцов сои в селекционную программу «КазНИИЗиР» // Международная научно-практическая конференция «Достижение и перспективы селекции, семеноводства сельскохозяйственных культур и богарного земледелия», посвященная 100-летию со дня основания ТОО «Красноводопадская СХОС», Шымкент, Казахстан, 2011. – Шымкент, 2011. – С. 121-125.
18. Didorenko S.V., Zakieva A.A., Sidorik I.V., Abugalieva A.I., Kudaibergenov M.S., Iskakov A.R. Diversification of Crop Production by Means of Spreading Soybeans to the Northern Regions of the Republic of Kazakhstan // Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2016. – Vol. 13. – P. 23-30.
19. Stud24. [Электронды ресурс]. – 2021. URL: <https://www.stud24.ru/agriculture/biologicheskiesobobnosti-i-tehnologiya-vozdelevaniya/174407-507988-page8.html> (жүгінген күні: 15.12.2021).
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Москва: Книга по требованию, 2012. – 352 с.
21. Джурабаев С.И., Сидорик И.В., Тулькубаева С.А., Зинченко А.В. Технология возделывания сои в Костанайской области. Рекомендация. – Заречное: ТОО «СХОС «Заречное», 2020. – 21 с.
22. Mark Licht Soybean Growth and Development // Soybean Extension Agronomist Department of Agronomy. – Iowa State University. University Extension, 2014. – P. 28.
23. Вишнякова М.А. и др. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых ВИР: пополнение, сохранение и изучение: методические указания. – Санкт-Петербург: Мин. науки и высшего образования РФ, 2018. – 143 с.

**С.В. Дидоренко¹, И.В. Сидорик², А.В. Зинченко², А.А. Закиева³, Д.Б. Абилдаева¹,
Р.Ж. Касенов¹**

¹ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства»,
Алматинская область, Казахстан

²ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное», Костанайская область, Казахстан

³НАО «Университет имени Шакарима», Семей, Казахстан

Создание ультраскороспелых и скороспелых сортов сои для условий Северного Казахстана

Аннотация. В статье приведены данные результатов селекционной работы в направлении создания ультраскороспелых и скороспелых сортов сои для возделывания в северных регионах Республики Казахстан – Костанайской, Павлодарской и Акмолинской областях. Работа ведется по полной схеме селекционного процесса. В работе по созданию ультраскороспелых сортов принимают участие две научные организации Казахстана – ТОО «Сельскохозяйственная опытная станция «Заречное» под руководством ТОО «Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства». Результативность гибридизации варьирует в пределах 4-15%. Созданы и переданы сорта сои: 000 группе спелости – Русия, вегетационный период 85-90 суток, средняя урожайность – 26,6 ц/га; в 00 группе спелости – Светлячок, вегетационный период 90-

95 суток, средняя урожайность – 27,7 ц/га; Ивушка, вегетационный период 90-95 суток, средняя урожайность – 24,0 ц/га; в 0 группе спелости Северное сияние, вегетационный период 105-107 суток, средняя урожайность – 23,3 ц/га. Сорт Ивушка допущен к производству в Костанайской, Павлодарской и Акмолинской областях.

Ключевые слова: соя, скороспелость, урожайность, сорт.

S.V. Didorenko¹, I.V. Sidorik², A.V. Zinchenko², A.A. Zakieva³, D.B. Abildaeva¹, R.Zh. Kassenov¹

¹*Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing LLP, Almaty region, Kazakhstan*

²*Zarechnoye Agricultural Experimental Station LLP, Kostanay region, Kazakhstan*

³*Shakarim University NJSC, Semey, Kazakhstan*

Creation of ultra-ripening and early maturing soybean varieties for conditions of Northern Kazakhstan

Abstract. The article presents the results of breeding work in the direction of creating ultra-early and early maturing soybean varieties for cultivation in the northern regions of the Republic of Kazakhstan, specifically Kostanay, Pavlodar and Akmola regions. The work is conducted in accordance with the full scheme of the breeding process. Two Kazakhstani scientific organisations, namely LLP "Agricultural Experimental Station "Zarechnoye" (under the guidance of LLP "Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Industry"), are engaged in the process of creating ultra-accelerated varieties. The success rate of hybridisation varies between 4% and 15%. Soybean varieties have been developed and transferred: 000 ripeness group - Rusiya, growing season 85-90 days, average yield – 26,6 c/ha; in 00 ripeness group - Svetlyachok, growing season 90-95 days, average yield – 27,7 c/ha; Ivushka, growing season 90-95 days, average yield – 24,0 c/ha; in 0 ripeness group - Severnoye siyanie, growing season 105-107 days, average yield – 23,3 c/ha. The Ivushka variety is approved for production in Kostanay, Pavlodar and Akmola regions.

Keywords: soybean, early maturity, yield, variety.

References

1. Byuro nacional'noj statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan [Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan]. [Electronic resource] – Available at: <https://stat.gov.kz/official/industry/14/statistic/5> (accessed: 20.12.2021). [in Russian]
2. Didorenko S.V., Kudajbergenov M.S., Abugalieva A.I., Sidorik I.V., Spryagajlova Yu.N. Skorospelost' soi – prioritet Kazahstanskoj selekcii [Soybean early maturity is a priority for Kazakhstan breeding]. 2 Biologicheskij kongress «Global'nye izmeneniya klimata i Bioraznoobrazie» [2 Biological Congress on Global Climate Change and Biodiversity]. (Almaty, 2015, 256-257 p.). [in Russian]
3. Golovina E.V. Issledovanie zasuhoustojchivosti i vodnogo obmena sortov soi severnogo ekotipa [Research on drought tolerance and water exchange in soybean varieties of the northern ecotype]. Zernobobovye i krupyanye kul'tury [Grain legumes and cereals], 1, 45-49 (2020). [in Russian]

4. Posypanov G.S., Kobozeva T.P., Muhin V.P., Gureeva M.P., Buhanova L.A., Zarenkova N.V., Belyaev E.V., Dem'yanenko E.V. Sozdanie sortov soi severnogo ekotipa i introdukciya ee v nechernozemnyuyu zonu Rossii [Creation of soybean varieties of the northern ecotype and its introduction in the non-chernozem zone of Russia]. *Izvestiya TSKHA [News of the TAA]*, 1, 73-77 (2007). [in Russian]
5. Didorenko S.V., Sidorik I.V., Shilina Yu., Abugalieva A.I., Zakieva A.A. Selekcija ul'traskorospelyh sortov soi dlya Severnyh i Vostochnyh regionov Respubliki Kazahstan [Selection of ultra-early-ripening soybean varieties for Northern and Eastern regions of Kazakhstan]. *Semej kalasynyn Shakarim atyndagy MU Habarshysy [Bulletin of Shakarim State University of Semey]*, 3, 204-208 (2014). [in Russian]
6. Devyanin S.N., Markov V.A., Levshin A.G., Kobozeva T.P., Alipichev A.Yu. Use of northern ecotype soybeans for biofuel production. *Agric. Engin. J.*, 6, 22-30 (2020). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-6-22-30.
7. Ozyakova E.N., Popolzuhina N.A. Urozhajnost' i kachestvo zerna soi v zavisimosti ot dejstviya abioticheskikh faktorov i genotipicheskikh osobennostej [Soybean yield and grain quality as a function of abiotic factors and genotypic traits]. *Omskij nauchnyj vestnik [Omsk Scientific Bulletin]*, 2, 213-217 (2014). [in Russian]
8. Torikov V.E., Bel'chenko S.A., Dronov A.V. Soya severnogo ekotipa v intensivnom zemledelii. [Northern ecotype soybeans in intensive farming]. *Monografiya (Bryansk: «Bryanskij GAU» 2019, 284 p.)*. [in Russian]
9. Fredrik F. Soybean (*Glycine max*) cropping in Sweden – influence of row distance, seeding date and suitable cultivars. *Acta Agric. Scand. J.*, 5, 311-317 (2021).
10. Kabwe N., Sarah A., Paul M. Molecular characterization of soybean accessions from the international collection of the plant gene resources of Canada: germplasm identification. *Crop Improv. J.*, 5, 127-139 (2021).
11. Seferova I.V., Misyurina T.V., Nikishkina M.A. Ekologo-geograficheskaya ocenka biologicheskogo potenciala skorospelyh sortov i oseverenie soi [Ecological and geographical assessment of the biological potential of early maturing soybean varieties]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya. Seriya Biologiya rastenij [Agricultural Biology. Plant Biology Series]*, 5, 42-47 (2007). [in Russian]
12. Tolokonnikov V.V., Koshkarova T.S., Ileneva S.V., Kancer G.P. Selekcija skorospelyh sortov soi dlya uslovij orosheniya [Breeding early maturing soybean varieties for irrigated conditions]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Scientific and Research Journal]*, 3, 123-124 (2016). [in Russian]
13. Tolokonnikov V.V., Kancer G.P., Plyushcheva N.M. Genotipicheskoe uluchshenie urozhajnosti skorospelyh sortov soi v usloviyah orosheniya [Genotypic improvement of early maturing soybean varieties under irrigated conditions]. *Oroshaemoe zemledelie [Irrigated farming]*, 2, 17-20 (2019). [in Russian]
14. Omel'yanyuk L.V. Selekcija goroha i soi dlya uslovij Zapadnoj Sibiri: [Pea and soybean breeding for Western Siberian conditions]: Diss. na soiskanie stepeni doktora s/h nauk [D. thesis for the degree of Doctor of Agricultural Sciences] 2014, 505 p. [in Russian]
15. Zatybekov A., Abugalieva S., Didorenko S., Rsaliev A., Turuspekov Y. GWAS of a soybean breeding collection from South East and South Kazakhstan for resistance to fungal diseases. *Vavilov Gen Breed J.*, 22, 536-543 (2018).

16. Moiseenko I.Ya., Zajceva O.A. Izuchenie kollekcii VIR - osnova selekcionnogo processa soi severnogo ekotipa [Studying the VIR collection - the basis of the breeding process for soybeans of the northern ecotype]. Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii [Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy], 5, 24-36 (2009). [in Russian]

17. Didorenko S.V., Karyagin Yu.G., Kudajbergenov M.S. Vkljuchenie ul'traskorospelyh sortoobrazcov soi v selekcionnuju programmju «KazNIIZiR» [Inclusion of ultra-early-ripening soybean varieties in the KazNIIZiR breeding program]. Mezhdunarodnaja nauchno-praktičeskaja konferenciya «Dostizhenie i perspektivy selekcii, semenovodstva sel'skohozyajstvennyh kul'tur i bogarnogo zemledeliya» posvyashchennaya 100-letiju so dnja osnovaniya TOO «Krasnovodopadskaya SKHOS [International Scientific and Practical Conference «Achievements and Prospects of Crop Breeding, Seed Production and Rainfed Agriculture» dedicated to the 100th anniversary of the establishment of «Krasnogodopadskaya AES» LLP], Shymkent, Kazakhstan, 121-125 (2011). [in Russian]

18. Didorenko S.V., Zakieva A.A., Sidorik I.V., Abugaliev A.I., Kudaibergenov M.S., Iskakov A.R. Diversification of Crop Production by Means of Spreading Soybeans to the Northern Regions of the Republic of Kazakhstan. Biosci Biotech Res. Asia, 13, 23-30 (2016).

19. Stud24. [Electronic resource] – Available at: <https://www.stud24.ru/agriculture/biologičeskije-osobennosti-i-tehnologija-vozdelyvaniya/174407-507988-page8.html> (accessed: 15.12.2021). [in Russian]

20. Dospëkhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statističeskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Field experiment methodology (with basics of statistical processing of research results)]. (Kniga po trebovaniyu, Moskva, 2012, 352 p.). [in Russian]

21. Dzhurabaev S.I., Sidorik I.V., Tul'kubaeva S.A., Zinchenko A.V. Tekhnologija vozdelyvaniya soi v Kostanajskoj oblasti [Soybean cultivation technology in Kostanay region]: Rekomendaciya (Zarechnoe: TOO «SKHOS «Zarechnoe» 2020, 21 p.). [in Russian]

22. Mark Licht Soybean Growth and Development. Soybean Extension Agronomist Department of Agronomy (Iowa State University. University Extension, 2014, 28 p.

23. Vishnyakova M.A. i dr. Kollekcija mirovyh genetičeskih resursov zernovyh bobovyh VIR: popolnenie, sohranenie i izuchenie [The VIR World Legume Genetic Resources Collection: replenishment, conservation and research]: Metodičeskie ukazaniya (Sankt-Peterburg: Min. nauki i vysshego obrazovaniya RF 2018, 143 p.). [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер:

Дидоренко С.В. – биология ғылымдарының кандидаты, профессор, «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС майлы дақылдар зертханасының меңгерушісі, Ерлеспесова көшесі 1, Алмалыбақ ауылы, Қарасай ауданы, Алматы облысы, Қазақстан.

Сидорик И.В. – «Заречное» АШТС» ЖШС ауыл шаруашылығы дақылдарын селекция зертханасының меңгерушісі, Юбилейная көшесі 12, Заречное ауылы, Қостанай ауданы, Қостанай облысы, Қазақстан.

Зинченко А.В. – «Заречное» АШТС» ЖШС ауыл шаруашылығы дақылдарын селекция зертханасының аға ғылыми қызметкері, Юбилейная көшесі 12, Заречное ауылы, Қостанай ауданы, Қостанай облысы, Қазақстан.

Закиева А.А. – PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ ауыл шаруашылығы және биоресурстар кафедрасының аға оқытушысы, Глинка көшесі 20а, Семей, Қазақстан.

Абилдаева Д.Б. – «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС майлы дақылдар зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Ерлепесова көшесі 1, Алмалыбақ ауылы, Қарасай ауданы, Алматы облысы, Қазақстан.

Касенов Р.Ж. – «Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС майлы дақылдар зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Ерлепесова көшесі 1, Алмалыбақ ауылы, Қарасай ауданы, Алматы облысы, Қазақстан.

Didorenko S.V. – candidate of biological sciences, professor, head of oil crops laboratory, «Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing» LLP, 1, Erlepesova St., Almalybak village, Karasai district, Almaty region, Kazakhstan.

Sidorik I.V. – Head of Crop Breeding Laboratory, «AES «Zarechnoye» LLP, 12, Yubileinaya St., Zarechnoye village, Kostanay district, Kostanay region, Kazakhstan.

Zinchenko A.V. – senior researcher of the Laboratory of Crop Breeding, «Zarechnoye» LLP, 12, Yubileinaya St., Zarechnoye village, Kostanay district, Kostanay region, Kazakhstan.

Zakieva A.A. – PhD, Senior Lecturer of the Department of Agriculture and Bioresources, NJSC «Shakarim University of Semey», 20a Glinka St., Semey, Kazakhstan.

Abildaeva D.B. – junior researcher of the laboratory of oil bearing crops, «Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing» LLP, 1, Erlepesova St., Almalybak village, Karasai district, Almaty region, Kazakhstan.

Kassenov R.Zh. – junior researcher of the laboratory of oil bearing crops, «Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing» LLP, 1, Erlepesova St., Almalybak village, Karasai district, Almaty region, Kazakhstan.



«Көкшетау» МҰТП аумағындағы *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó ценопопуляцияларының қазіргі жағдайы

А.Е. Халымбетова^{1,2*}, С.К. Мухтубаева¹, С.А. Абиев²

¹ҚР ЭТРМ ОШЖДК «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК филиалы
«Астана ботаникалық бағы», Астана, Қазақстан

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

*Байланыс үшін автор: aiscor87@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада «Көкшетау» МҰТП аумағында сирек кездесетін *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó (*Orchidaceae*) түрінің 6 ценопопуляцияларының (ЦП) зерттеу нәтижелері көрсетілген. *D. fuchsii* өсімдігінің көктерек-қайыңды орманда, бұталы-шөпті қауымдастықтарда кездесетіні анықталды. *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó ценопопуляцияларындағы морфометриялық параметрлері – сабағының ұзындығы, гүлшоғырының ұзындығы, бірінші жапырақтың көрсеткіштері көрсетілген. Ценопопуляциялардағы түрдің көпшілігі жас және өзін-өзі жаңартуға қабілетті екендігі анықталды. Ең құрғақ жағдайда өсетін №1 ценопопуляция жетілу және өтпелі кезеңінде. *D. fuchsii* кейбір морфологиялық параметрлерінің өзгергіштігі мен икемділігі қарастырылады. Белгілердің өзгергіштік құрылымы анықталды. Генеративтік дарақтардың морфометриялық белгілерін талдау барысында ең биік өсімдіктердің көктерек-қайыңды және қарағай-қайыңды ормандарда өсетіні анықталды. Зерттелген ЦП белгілерінің өзгергіштігіне баға беріліп, максималды өзгергіштікті сабақ ұзындығы (55%), ал *D. fuchsii* генеративтік дарақтарының ең аз өзгермелі белгілерін гүлшоғырының ұзындығы мен бірінші жапырақтың ені (7 және 3,6%) көрсетті. Белгілердің өзгеруінің жоғары дәрежесі байқалады. Ценопопуляцияны бақылау екі жыл ішінде жүргізілді (2021-2022). №1 ЦП қанағаттанарлық күйде, ол генеративтік дарақтардың жоғары үлесі мен максималды тығыздығына байланысты. *D. fuchsii* №2 және №3 ценопопуляциялары жағдайының жойылып кету қаупі бар және сақтауға мәжбүр деп бағаланады. Зерттеу нәтижелері бойынша *D. fuchsii* өсімдігінің барлық ЦП үшін популяциялардың жағдайын бақылауды жалғастыру ұсынылады.

Түйін сөздер: *Orchidaceae*, *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó, ценопопуляция, онтогенетикалық құрылым, морфометриялық параметрлер, жас құрамы, вегетативтік көбею.

Кіріспе

Биологиялық алуан түрлілікті сақтау мәселесі қазіргі кезеңдегі маңызды міндеттердің бірі. Антропогендік әсердің салдарынан өсімдіктердің көптеген түрлері жойылу үстінде. Биоалуантүрліліктің маңызды құрамдас бөлігі сирек кездесетін және жойылып бара жатқан түрлер. Оларды сақтауда, теріс әсері жоқ, ерекше қорғалатын табиғи аумақтардағы зерттеулерге үлкен мән беріледі [1-3]. Сирек кездесетін өсімдіктер қатарына орхидеялар тұқымдасының өкілдері де жатады, олардың көпшілігі Қазақстанның Қызыл кітабына енгізілген [4].

Орхидеялар тұқымдасының өкілдері ең әдемі және алуан түрлі сәндік гүлдер және бұл тұқымдастың ерекше биологиясы олардың тез жойылып кетуінің себептерінің бірі болып табылады және оларға арнайы қорғау шаралары қажет. Мұндай шаралардың тиімділігі олардың биологиясын және түрлердің антропогендік жүктемелерге төзімділігін жан-жақты зерттеуде оңтайлы болады. Тұқымдас белгілі бір әсерлермен әр түрлі әрекеттеседі, өсімдіктер қауымдастығының ең осал құрамдас бөлігі [4], олар антропогендік жүктемелер кезінде фитоценоздардың құрамынан бірінші болып түсіп, тіршілік ету ортасының өзгеруіне ең сезімтал екендігі атап өтілген [5]. Тұқымның өнуі үшін саңырауқұлақтармен әрекеттесу орхидеялардың таралуын шектейді, бірақ микориза орхидеялардың тұрақтылығына, бәсекелестіктің артуына және әлсіз антропогендік әсерге ықпал етеді.

Өсімдіктер әлемінде шамамен 853 туыстан [6] және 25000 түрден тұратын космополиттік ареалы ең үлкен тұқымдас. Орхидеялардан Қазақстан аумағында 19 тұқымдастың 33-ке жуық түрі өседі [7]. Көптеген түрлер сәндік жағынан ғана емес, медициналық тұрғыдан да қызығушылық тудырады.

Тұқымдастың ішінде 30 түрден тұратын *Dactylorhiza* туысы Солтүстік жарты шарда кеңінен таралған [7] және Қазақстанда 9 түрі кездеседі.

Қазақстан аумағындағы орхидеялар фрагментті түрде зерттелген, *Orchidaceae* тұқымдасы өкілдерінің биологиялық ерекшеліктерін, түрлік құрамын және таралуын зерттеген жұмыстар аз [8]. Сондықтан Ақмола облысының аумағында тұқымдас түрлерін кешенді зерттеу өте өзекті.

Орхидеялардың биологиялық әртүрлілігін сақтау үшін олардың репродуктивті биологиясы туралы білу қажет. Оларды сәтті енгізу және қайта енгізу үшін биотехнологиялық әдістерді қолдану қажет.

Dactylorhiza fuchsii (Druce) Соó биік шөпті шалғынды қауымдастықтарда немесе орманның батпақты шеттерінде өсетін сирек түр. Ол ағындардың жағасында, аралас және жапырақты ормандардың шымылдығында, қарағай-қайыңды ормандарда аз популяцияларда кездеседі. Ол ашық, шөпті емес, мол ылғалданған, бірақ судың тоқырауынсыз жерлерде өседі [9].

Гүлшоғыры тығыз, масақ тәрізді, күлгін реңді 35-50 гүлден тұрады, гүлдері қызғылт-күлгін түсті, қою күлгін жіңішке сызықтармен әрленген; ұзындығы 18 см-ден және ені 3,5 см-ге дейін жетеді. Иссіз. Еріндері бірдей мөлшердегі үш бөлікке бөлінеді немесе ортаңғы бөлігі бүйірден сәл ұзынырақ; ерін негізінде ұзындығы 5-8 мм гүлтепкі орналасады [8]. Маусым-шілде айларында гүлдейді.

Тұқымдары өте майда, өңгіштігі төмен, бір дарада 186000 тұқымға дейін [10] кездеседі. Олардың өнуі тек микоризаның қатысуымен дамиды.

Қазақстанның Қызыл кітабына ғана емес [4], сонымен қатар ол жойылып кету қаупі төнген Еуропаның өсімдік түрлерінің тізіміне енгізілген, Берн конвенциясының жабайы фауна мен флораны және Еуропадағы табиғи мекендеу орындарын қорғау туралы І Қосымшасына, жойылып кету қаупі төнген жабайы фауна және флора түрлерінің халықаралық саудасы туралы СИТЕС Конвенциясының ІІ Қосымшасына енгізілген. Түр Ресей Федерациясында да қорғалған [11].

Зерттеудің мақсаты Ақмола облысындағы *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó (*Orchidaceae*) түрінің экологиялық және биологиялық ерекшеліктерін қадағалау мен бақылауды қажет ететін түр ретінде зерттеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу жұмысының нысаны ретінде 3 санаттағы сирек кездесетін Қазақстанның Қызыл кітабына енгізілген *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó түрі алынды (сирек түр) [4].

D. fuchsii ценопопуляцияларын (ЦП) зерттеу «Көкшетау» МҰТП аумағында 2021-2022 жж. шілденің бірінші жартысында вегетациялық кезеңде маршруттық және стационарлық әдістермен жүргізілді. Өсімдіктер қауымдастығының сипаттамалары жалпы қабылданған геоботаникалық әдістерге сәйкес жүргізілді [12, 13].

Түрдің морфологиялық ерекшеліктерін және ценопопуляциялардың қазіргі жағдайын зерттеу барысында жалпы қабылданған әдістер мен тәсілдер қолданылды [14-17]. Әртүрлі онтогенетикалық күйлердегі дарақтарды зерттеу кезінде сабақтың биіктігі, гүлшоғырының ұзындығы, сабақтағы жапырақтардың саны, жапырақтың ұзындығы мен ені, жапырақтардағы жүйкелерінің саны және т.б. сияқты морфометриялық көрсеткіштер өлшенді. Ценопопуляциялардағы өлшеулер 5-10 дарақтар аралығында салыстырмалы түрде жүргізілді. Өсімдіктердің жер асты бөлігіндегі түйнек және тамыр жүйесіне зақым келтірілмей өлшенді.

Әр түрлі онтогенетикалық күйлерге жататын өсімдіктердің морфологиялық сипаттамалары Сүмбембаев А.А. еңбектерінде көрсетілген терминология мен тәсілдерді қолдану арқылы жүзеге асырылды [8].

Зерттеу нәтижесінде жиналған *D. fuchsii* өсімдіктерінің гербарий материалдары Астана ботаникалық бағының гербарий қорына тапсырылды.

Зерттеу нәтижелері

***Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó** – көпжылдық, осал, шалғынды-орманды түр, сәндік және дәрілік түрдің өкілі. Өсімдіктің биіктігі 65 см, сабағы тығыз, тік, қалыңдығы 0,4-0,5 см. Түйнектер 2-4 бөліктен тұрады. Тамырдың ұзындығы 3-3, 5 см. Жапырақтарының саны 4-7 аралығында, жоғарғы жағында күлгін-қоңыр түсті жапырақ бойымен созылған дақтары бар, ұзындығы 7,5-10 см және ені 1,6-2 см; Төменгі жапырақтары жалпақ, ұзынланцетті немесе кері жұмыртқа тәрізді, жоғарғы жағы доғал немесе дөңгелектелген,

ұзындығы 3-6 см және ені 0,3-0,5 см; ең жоғарғы жапырақтары жіңішке, сызықты-ланцетті, үшкір болып келеді.

ҚР ЭТРМ ОШЖДК «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК гербарий қорының гербарий материалдары бойынша Қазақстан аумағында осы түрдің келесі флористикалық аудандарда өсетін орындары анықталды: 2. Тоб-Есіл, 3. Ерт., 5 Көкш., 11а. Қарқ., 22. Алтай (1-сурет).

Қазақтың майда шоқыларының аумағына байланысты мынадай таралу нүктелері анықталған: **5. Көкшетау** – Ақмола обл., Сандықтау орман шаруашылығы пв. 82, қаражидекті сайда (15.VI.1957. Грибанов А.Н.); Карасье көлінің маңы, граниттердегі қарағайлы ормандардың арасында (4.VII.1937. Шишкина Л.).



А

Б

В

Сурет 1. Қазақстан аумағындағы А-3. Ерт., Б-11а. Қарқ., В-5 Көкш. флористикалық аудандарынан жиналған *Dactylorhiza fuchsii* түрінің гербарий материалдары

3. Ертіс – Павлодар округі, Кувский ауданы (1927. Мельвиль, Кузнецов Н.). **11а. Қарқаралы** – Қазақтың майда шоқылары, Қарқаралы қаласының жаны, көлдің жағасында (3.VII.1937. Дмитриева А.А.); Солтүстік Балқаш. Қарқаралы ауылының жаны. Көл жағасында, қалың тал тоғайында (3.VII.1937. Дмитриева А.А.); Songaria in montibus Karkaraly. (27.VI.1843. A.G.Schrenk).

D. fuchsii шырша орманының шеттерінен, сирек кездесетін қайыңды-көктеректі және қарағайлы-қайыңды ормандарда анықталды. Фитоценоздардың шөпті-бұталы қабатының құрамында 27 түр анықталды, олардың ішінде түрлер басым: *Rubus saxatilis*, *Betula pendula*, *Calamagrostis epigeios*, *Equisetum sylvaticum*, *Pyrola rotundifolia*, *Poa nemoralis*, *Filipendula ulmaria*, *Geranium pratense*, *Carex juncella*, *Mentha asiatica*, *Melica nutans*, *Orthilia secunda*, *Pyrola rotundifolia*, *Phlomis tuberosa*. Зерттелген ценопопуляциялардың қысқаша экологиялық-фитоценодикалық сипаттамасы кесте 1 көрсетілген.

Ақмола облысында зерттелген *Dactylorhiza fuchsii* ценопопуляцияларының сипаттамасы

ЦП №	Фитоценоз типі	Орналасқан жері	Жалпы проекциялық жамылғы, %		Антропогендік жүктеме деңгейі
			Шөпті-бұталы қабат	негізгі түрлер	
1	қайыңды-көктеректі	Роговский батпағының оңтүстік батыс бөлігі, 31-квартал, 8 енші	70	<i>Lathyrus vernus</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Angelica sylvestris</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i>	орташа, жалғыз аяқ жол, 40-жылдық орман жол
2	қарағайлы-қайыңды	Роговский батпағының оңтүстік-батыс бөлігі. 30-квартал	65	<i>Rubus saxatilis</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> , <i>Carex sylvatica</i> , <i>Poa nemoralis</i> , <i>Linnaea borealis</i> , <i>Melampyrum silvaticum</i> , <i>Fragaria vesca</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium pratense</i> , <i>Geranium sylvaticum</i>	Орташа, өсіп келе жатқан жол
3	көктеректі-қайыңды-қарағайлы	31- квартал. Сүйрет-пе жерден төмен, шамамен 2- ЦП дан 200 метр жерде орналасқан	50	<i>Fragaria vesca</i> , <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Rubus saxatilis</i>	Орташа, өсіп келе жатқан жол

4	көктеректі-қарағайлы	Кайский батпағының солтүстік шетіндегі Кичугский орман шаруашылығының 21 мен 22 блогы арасындағы өсіп келе жатқан жол	45	<i>Rubus saxatilis</i> , <i>Lathyrus vernus</i> , <i>Oxalis acetosella</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Cirsium oleraceum</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i>	Орташа, орман жол
5	көктеректі-қайыңды-қарағайлы	Жолдың төменгі бөлігі, Кайский батпағына жақын, 22-квартал	60	<i>Oxalis acetosella</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Solidago virgaurea</i> , <i>Rubus saxatilis</i>	Орташа, өсіп келе жатқан жол
6	қайыңды-көктеректі	Қарсақ ауылына жақын, Орманды-бұлақ орман шаруашылығы	70	<i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>C. arundinacea</i> , <i>Equisetum sylvaticum</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Poa nemoralis</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Geranium pratense</i> , <i>Carex juncella</i> , <i>Mentha asiatica</i> , <i>Melica nutans</i> , <i>Orthilia secunda</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Phlomis tuberosa</i> .	Орташа, орман жол

Түрдің ЦП ауданы 0,5-тен 100 м²-ге дейін болды. Тығыздықтағы орташа *D. fuchsii* ЦП аз жүретін орман жолдарында, сондай-ақ батпақтардың шетінде кездеседі. Зерттелген ЦП дарақтарының тығыздығы 0,8 дарақ/м² (ЦП 5) ден 4,5 дарақ/м² (ЦП 4) дейін болды. *D. fuchsii* саны 8-ден (ЦП 1) 52-ге (ЦП 6) дейін өзгерді. Барлық дарақтардың жалпы санынан генеративтік дарақтардың үлесі (генеративтілік коэффициенті) 5,1-ден 80%-

ға дейін болды. Генеративтік топтың жеке дарақтарының айтарлықтай кездесуі 6-ЦП 90%, 4-ЦП 50%-дан астам тіркелген. ЦП 1-де тек генеративтік онтогенетикалық күйдің жеке дарақтары көрсетілген. Қалған ценопопуляцияларда генеративтік дарақтардың саны 20%-дан аспады.

Зерттелген *Dactylorhiza fuchsii* ценопопуляцияларының демографиялық параметрлері кесте 2 көрсетілген.

Кесте 2

Dactylorhiza fuchsii ценопопуляцияларының демографиялық сипаттамасы

ЦП №	Ауданы, м ²	Саны, дарақтар	Тығыздығы, дарақ/ м ²	Барлық дарақтардың жалпы санынан генеративтік дарақтардың үлесі	Жас құрамы, дарақ			
					j	im	v	g
1	3	8	0,9	5,1		-	-	5
2	4	10	2,6	8,9		5	2	3
3	11	7	0,8	80	-	1	1	7
4	8	30	3,9	29,1	4	8	7	12
5	2	9	4,5	22,2	1	4	2	2
6	20	52	3,7	22,9	11	32	16	18

Талқылау

Табиғи жағдайда зерттелген аумақта *D. fuchsii* тұқым арқылы көбейеді. Зерттеу аймақтарында вегетативтік көбею анықталмады.

Түрдің көбеюін шектейтін негізгі факторлардың ішінен түрдің онтогенездік ерекшеліктері мен антропогендік жүктемені атап өту қажет. Зерттелген ценопопуляциялардың спектрлері көбінесе негізгіден ерекшеленеді және оң жақты сипатқа ие. Ценопопуляциялардың шамамен 30%-ы орта жастағы, 70%-ы жетілген (популяциялардың жас және тиімділік критерийлерін ескерген жағдайда).

D. fuchsii зерттелген 6 ценопопуляциясы үшін 2 онтогенетикалық кезеңді (прегенеративті, генеративті) және 4 онтогенетикалық күйлер (ювенильдік, имматурлық, виргинильдік, генеративтік) анықталды (кесте 2).

D. fuchsii зерттелген ценопопуляцияларының сандық құрамы бойынша аз, бірнеше ондаған, сирек жағдайда жүздеген өсімдіктер бар. Жеке дарақтар біркелкі емес орналасқан, жас өсімдіктер кейде гүлденген дарақтардың айналасында жинақталып өседі. Бұл жас дарақтардың аналық өсімдіктердің жанында өнуіне байланысты. Ценопопуляциядағы дарақтардың 1 м²-гі орташа тығыздығы 1-4 дарақты құрайды. 1 м²-де орташа тығыздығы 1-4 дараны құрайтын шағын ценопопуляциялар бүкіл ареал бойынша бұл түрге тән, тек сирек жағдайда *D. fuchsii* бірнеше жүздеген өсімдіктерден тұратын ценопопуляцияларды құрайды [18].

ШҚО-да бұл түрдің ценопопуляциялары 50-90 дарадан тұрады [19]. Зерттелген Ақмола облысындағы *D. fuchsii* түрінің ценопопуляциялары 67-95 дарақты құрайды. Зерттелген ценопопуляциялардың онтогенетикалық спектрлері қалыпты, толық дамыған, жас даралары басым, сонымен қатар генеративті өсімдіктер саны жоғары. Ақмола облысында зерттелген барлық ценопопуляциялардың орташа спектрі 23:36:11:30 (j:im:v:g) құрады. Иматурлық және генеративтік онтогенетикалық топтар басым. Қазақстанның шығыс аймақтарында өсетін ценопопуляциялармен салыстырғанда біз зерттеген ценопопуляциядағы жас даралардың үлкен пайызы түрдің таралуының солтүстік шекарасына жақын орналасуына байланысты онтогенездің біршама созылуын көрсетеді. 1-ЦП екі жылдық бақылаулары бұл ценопопуляцияның саны мен тығыздығы тұрақты болғанын көрсетті. Онтогенетикалық спектрде иматурлық және генеративтік өсімдіктер басым болды, олардың арақатынасы біршама өзгерді. Мысалы, гүлді өсімдіктердің үлесі 2020 жылы өсті, ауа-райының қолайлы болуынан 2021 жылдан кейін өсті және 2021 жылдың суық және шамадан тыс ылғалды жазынан кейін 2022 жылы төмен екені байқалды.

Ең үлкен популяция, «Көкшетау» МҰТП, Корсак ауылының маңындағы, Орманды-бұлақ орман шаруашылығында қайыңды-көктеректі орманда, бұталы-шөпті қауымдастықтарда кездеседі. Рельеф тегіс басталып еңістейді. Биіктігі теңіз деңгейінен 376 м.

Популяция шөпті-дәнді өсімдіктері бар ылғалды қайыңды ормандарда орналасқан. Ағаш деңгейін *Betula pendula*, кейде *Populus tremula* түзеді. Шөпті қабат мына орман шөптерінен түзіледі: *Calamagrostis epigeios*, *C. arundinacea*, *Equisetum sylvaticum*, *Pyrola rotundifolia*, *Poa nemoralis*, *Rubus saxatilis*, *Filipendula ulmaria*, *Geranium pratense*, *Carex juncella*, *Mentha asiatica*, *Melica nutans*, *Orthilia secunda*, *Pyrola rotundifolia*, *Phlomodoides tuberosa*. Сынақ алаңының аймағында түрдің даралары шашыраңқы кездеседі, қауымдастықта ересек генеративтік дарақтар басым.

Жер үсті және жер асты бөлігінің белгілері негізінде *D. fuchsii* онтогенетикалық күйлері «Көкшетау» МҰТП, Корсак ауылының маңындағы, Ормандыбұлақ орман шаруашылығында орхидея тұқымдарының өнуі кезінде ұзындығы 2-5 мм протокорм екі-үш жыл бойы жер астында тіршілік етеді.

Ювенильдік өсімдіктерде (j) бірнеше тамырлары бар бір жіңішке ланцет тәрізді жапырақ пайда болады және оның бірнеше жіп тәрізді талшықтары болады, ортаңғысы айқын, жанама тамырлары және кішкентай ұршық пішінді, бөлшектелмеген түйнегі болады. Қынапты жапырақ бірінші жасыл жапырақтың негізін және төменгі жағында бір қабыршақ тәрізді жапырақты қоршайды. Сабақтың ені 0,4 см.

Иматуралық өсімдіктердің (im) ұзындығы 12-15 см, ені 1,2 - 1,8 см болатын 1-2 үлкен жапырақтары бар және жапырақтардың 4-8 жіп тәрізді талшықтары бар. Жапырақтарына дөңгелектенген-сопақша дақтар тән. 1-2 қынапты және 1 қабыршақ тәрізді жапырақтары бар. Тамыр жүйесі ұзындығы шамамен 3,5-4 см, ені 0,5-0,8 см болатын 2 бөлшекті тубероидпен сипатталады.

Виргинильдік өсімдіктер (v) 8-10 жіп тәрізді талшықтары бар 3 және одан да көп ұзын-ланцетті жапырақтарының болуымен сипатталады. Сабақтың ені 0,5 см. Жер асты бөлігінде 2-ден астам қосымша тамырлары және ұзындығы 4,5-7 см, ені 1,4-1,9 см болатын 2-4 бөлшектелген тубероидтан тұрады.

Генеративтік дарақтарда (g) гүлшоғыры болады. Ұзындығы 2,5-3 см және ені 1,5 см. Болатын гүлшоғырда гүлдер саны 50. Шамамен 2 үлкен және орташа 2-3 жапырақтары бар, жапырақтарының 10-12 жіп тәрізді талшықтары бар, бір қабыршақты және қынапты жапырақтары 1-2 дана. Төменгі жапырақтардың ұзындығы 8-10 см, ені 2-2, 3 см. жоғарғы жапырақтардың ұзындығы 4,5-6 см және ені 0,5-0,8 см. Тамыр жүйесі 5-8 қосымша тамырдан тұрады және ұзындығы 5,5-8 см. Ұзындығы 2,5-3,5 см және ені 1,5 см болатын 2-5 бөлшектелген тубероиды бар (2-сурет).



Сурет 2. *D.fuchsii* тамыр жүйесі

Dactylorhiza fuchsii гүлдену кезеңі маусымның аяғына және шілденің басына келеді. Көктемде наурыздың аяғында-сәуірдің басында еріген қардың арасынан кішкене шұңқырларда күлгін-қоңыр қабыршақтармен (антоцианинмен боялған) жабылған *D.fuchsii* едәуір үлкен (2-3 см-ге дейін) бүршіктерін байқауға болады.

Сәуір айының ортасына қарай олар топырақ бетінен 3-7 см жоғары көтеріледі. Сәуірдің соңғы күндерінде-мамырдың басында (25.IV-05.V) бірінші жапырақ ашыла бастайды және гүл жебесі байқалады. Жапырақтары мамыр айының соңына дейін қалыпты мөлшерге жетеді. Маусымның ортасында гүлдейді, шілденің басында - ортасында гүлдеп бітеді. Жеке өсімдіктің гүлденуі шамамен 3-4 аптаға созылады. Жемістері тамыздың бірінші жартысында сарғая бастайды, содан кейін (кейде сарғайғанға дейін) тұқымдар төгіле бастайды. Сонымен қатар, жаңару бүршігі байқалады, одан келесі жылы сабақ пайда болады – оның мөлшері 2,4-3,3 см болады. Құрғақ жылдары жапырақтардың сарғаяуы және тұқымның төгілуі әлдеқайда ертерек болуы мүмкін (2-3 апта). Ювенильді және сенильді өсімдіктеріндегі вегетациялық кезеңнің ұзақтығы ересек вегетативтік және генеративтік өсімдіктерге қарағанда шамамен 1 айға (құрғақ жылдары 1,5 айға) қысқа болады.

Бармақ тамырларының биомассасының маусымдық динамикасы бойынша қызықты мәліметтер алынды: қазаннан наурызға дейін биомассаның 50-ден 90%-на дейін түйнектерде және 5%-ға жуығы жанама тамырларда, сабақтардың үлесін шамамен 10% құрайды. Наурызда өркеннің биомассасы шамамен 20% құрайды, гүлдену уақытына

қарай 50%-ға дейін өседі, қыркүйектен бастап биомассаның негізгі бөлігі қайтадан түйнектер мен тамырларға оралады. Бүршік ішілік даму, кейбір авторлардың пікірінше, құрлықтағы түйнек түзетін орхидеяларда 2-4 жыл ішінде жүреді. Алайда, барлығы бүршіктің дамуының соңғы жылында онда вегетативтік және генеративтік мүше толығымен қалыптасатынымен келіседі. Бұл жағдайда өсімдік қысқы тыныштық кезеңде болады, содан кейін көктемде ол осы бүршіктен жер үсті өркенін құрайды [5].

D.fuchsii табиғи жағдайда тек тұқыммен таралады. Ол жоғары тұқым өнімділігімен ерекшеленеді-бір дарақта 20-дан 56 мыңға дейін тұқым болады. Гүлдердің саны жасына байланысты: жас $17,2 \pm 2,1$, орташа жас $29,1 \pm 10,5$, ересек генеративті күйде $15,3 \pm 3,2$ [5]. Жемістердің пайда болу пайызы айтарлықтай шектерде 12-ден 80%-ға дейін (орта есеппен 47,6%) өзгереді, және әдетте бұл орта жастағы дарақтарда жоғары. Әр жылдары бір популяцияда бұл көрсеткіш айтарлықтай өзгереді.

Тұқымның өнуінің сәттілігі, протокорм мен ювенильді өсімдіктердің дамуы жемістердің қарқындылығына да, қолайлы жағдайлардың үйлесуіне – ылғалдануға, микориза саңырауқұлақтардың болуына байланысты. Әдетте, «жаңару толқыны» мол жеміс бергеннен кейін 3-ші жылы пайда болады, бұл көшеттің екі жылдық жер асты дамуын жанама түрде растайды [19].

Табиғи жағдайда вегетативтік көбеюі өте сирек кездеседі. Тұрақты жерлерде дарақтарды бақылау кезінде вегетативтік көбеюдің тек анықталған 7 жағдайын тіркеген (1 имматурлық және 6 ересек дарақ), ал вегетативтік түрде пайда болған дарақ анасымен бірдей жас күйінде болды. Алайда, вегетациялық өну кезінде бір тұқымнан бірнеше протокормның пайда болуы, сондай-ақ ризореституциялық көбею қабілеті *D.fuchsii* қарқынды вегетативті көбеюінің ықтимал мүмкіндігін көрсетеді [20].

Зерттелген қалған ценопопуляциялары толық емес, имматурлық онтогенетикалық жағдайдың прегенеративтік дарақтар тобы басым. Зерттелген ценопопуляциялардағы генеративтік дарақтардың үлесі 5,4-тен 90%-ға дейін болды. Ювенильдік онтогенетикалық күйдегі дарақтардың саны 1-ден (ЦП 5) 11-ге (ЦП 6) дейін өзгереді. Виргинильдік онтогенетикалық күйдегі дарақтар зерттелген ценопопуляциялардың көпшілігінде кездеседі, олардың саны 1-ден (ЦП 3) 16-ға (ЦП 6) дейін өзгереді. Генеративтік дарақтардың саны ценопопуляцияларда 2-ден (ЦП 5) 18-ге дейін (ЦП 6) дейін өзгереді.

Генеративтік дарақтардың морфометриялық белгілерін талдау *D.fuchsii* ең биік өсімдіктердің қайың-көктерек орманында (ЦП 6) және қайың-қарағай орманында (ЦП 4) өсетінін көрсетеді, олардың орташа мәні сәйкесінше 54,0 және 42,4 см құрайды. Бұл белгінің ең кіші орташа мәні (24,5 см) көктеректі-қарағайлы ормандағы 2-ЦП үлгілерінде байқалады. Бірінші жапырақтың енінің ең үлкен мәні (2,9 см) қайыңды-көктеректі ормандағы 3-ЦП дараларында байқалады.

Бірінші жапырақтың ұзындығының максималды орташа мәні ЦП 2 анықталды-11,1 см. орташа ені (1,12 см) және жапырақтың ұзындығы (3,96 см) ең төменгі көрсеткіштер ЦП 3-те тіркелді. Бірінші жапырақтың тамырларының саны 6,9-дан 12,9 данаға дейін өзгерді. Гүлшоғырының ұзындығы 2-ден 10,8 см-ге дейін өзгереді. Бұл белгінің максималды мәні ЦП 6-да, ең азы ЦП 2-де тіркелген.

D.fuchsii зерттелген ЦП жиынтығында жүргізілген белгілердің өзгергіштігін бағалау олардың өзгеруінің 2,0-ден 55%-ға дейінгі жоғары дәрежесін көрсетті. *D.fuchsii* генеративтік дарақтарының ең аз өзгермелі белгілері-бірінші жапырақтың ені және гүлшоғырының ұзындығы (сәйкесінше 3,3 және 7%). Өзгергіштіктің максималды дәрежесі өркендердің ұзындығы үшін көрсетілген (58 %). Зерттелген ценопопуляциялардың көпшілігінің жағдайын қанағаттанарлық деп бағалауға болады, десек те жоғалу қаупі бар. Қанағаттанарлық жағдайда 3 ЦП бар. Ең нашар жағдайда ЦП 2, оның аздығы, генеративтік дарақтардың төмен үлесі қауіп төндіреді. Сондай-ақ, орташа антропогендік әсер ету кезінде дарақтардың саны мен тығыздығының төмендігімен сипатталатын 3 ЦП да ауыр жағдайда. Бұл ценопопуляциялар орташа деңгейлі антропогендік әсерге төтеп бере алады, бірақ оларды сақтау үшін белгілі бір шаралар қажет. Ең аз алаңдаушылықты ЦП 6 құрайды. Ценопопуляциялардың қанағаттанарлық жағдайы генеративтік дарақтардың жоғары үлесіне, максималды тығыздығына байланысты. Қалған ценопопуляциялар "сақтауға тәуелді" күйде. Осыған байланысты барлық зерттелген ценопопуляциялар үшін популяциялардың жағдайын бақылауды және оны жалғастыру ұсынылады.

Зерттелген ЦП белгілерінің өзгергіштігін бағалау олардың өзгеруінің жоғары дәрежесін көрсетті. *D.fuchsii* генеративті дараларының ең аз өзгермелі белгілері-бірінші жапырақтың ені және гүлшоғырының ұзындығы (сәйкесінше 2,9 және 8%). Өзгергіштіктің максималды дәрежесі өркендердің ұзындығында байқалады (59 %). *D.fuchsii* үшін интегралданатын көрсеткіш (SC) интервалы 1,3-тен 2,5-ке дейін. Төрт ценопопуляцияның жағдайы *D.fuchsii* "қауіп төнгенге жақын" деп бағаланады. Екі ценопопуляция генеративті даралардың жоғары үлесі мен максималды тығыздығына байланысты қанағаттанарлық күйде. Болашақта барлық зерттелген ценопопуляциялар үшін популяциялардың жағдайын бақылау мен оны жалғастыру қажет.

Dactylorhiza fuchsii ценопопуляцияларында біз ювенильдіден сенильдіге дейінгі барлық жас кезеңдері мен онтогенетикалық күйлерді бөлдік. *Dactylorhiza fuchsii* онтогенетикалық күйлерінің жиынтық морфометриялық сипаттамасы кесте 3 көрсетілген.

Кесте 3

***Dactylorhiza fuchsii* ценопопуляцияларының онтогенетикалық күйлердің морфометриялық сипаттамасы**

Белгі	Онтогенетикалық күйлер				
	j	im	v	g	s
Жапырақ саны, дана	1	1	2-3	4-5	2
Төменгі жапырақ ұзындығы, см	4-7	5-9	5-9	9-12	8-9,5

Төменгі жапырақ ені, см	0,5-1	1-1,5	1,8-2,5	1,8-2,5	2,5-3
жіп тәрізді талшықтар, дана	2-4	6-8	10	10-14	14-17
Өркеннің ұзындығы, см	1	2	4	32-56	3
Гүлшоғыр ұзындығы	-	-	-	5-9	-

«Көкшетау» МҰТП аумағындағы ценопопуляцияларда 4 жапырағы бар виргинилдік дарақтарды кездестірдік (3-сурет). Ұзындығы 3,3 см және ені 2 см кішкентай сопақша пішінді бірінші жапырақ, ұзындығы 6,5-12 см, ені 3-3, 1 см ұзартылған ұзын пішінді келесі үш жапырақ. сонымен қатар, дамымаған гүлшоғыры бар шағын биіктігі (12 см) төмен генеративті өсімдіктер табылды. Мұндай даралар жалғыз, сондықтан олардың ценопопуляцияда болуы өсімдіктерге теріс әсер етпейді.



Сурет 3. *Dactylorhiza fuchsii* виргинильді дарақ

Жалпы, *Dactylorhiza fuchsii* өсімдіктері қалыпты жағдайда. Тек кейбір даралардың жапырақтарының омыртқасыз жануарлардың (жәндіктер) немесе тышқан тәрізді кеміргіштермен зақымдалғанын байқадық. Сондай-ақ, батпақтың жанында ценопопуляциясы зерттелді, онда барлық генеративті даралардың гүлдері (5 дана) үзілген. Болжам бойынша, *Dactylorhiza fuchsii* гүлшоғырларын жануарлар өздерінің рационында пайдаланады [21-23].

Dactylorhiza fuchsii табиғи жағдайда тұқым арқылы таралады. Генеративтік дарақтар жанында 23 прегенеративтік жас дарақтарды таптық. Тығыздығы жоғары, қалыпты толық дамыған *Dactylorhiza fuchsii* (1 м²-де 41 дараға дейін) ценопопуляциясы аз жүрілген орман жолдарында және өсіп келе жатқан талшықтарда, сондай-ақ батпақтардың шетінде табылды. *Dactylorhiza fuchsii* үшін «Көкшетау» МҰТП аумағындағы өсу жағдайлары оңтайлы болып табылады, бұл жеке дарақтардың тіршілік ету жағдайында және олардың тығыздығы жоғары көптеген қалыпты, толық дамыған ценопопуляциялардың қалыптасуымен сипатталады. Бұрынғы уақытта *Dactylorhiza fuchsii* түйнектері (басқа да түйнек тәрізді жерүсті орхидеялары сияқты) салепа алу үшін дәрілік шикізат ретінде қолданылған, бірақ олардың санының күрт төмендеуіне және кейде толық жойылуына байланысты бұл түр көптеген жерлерде қорғалады.

Қорытынды

Dactylorhiza fuchsii (Druce) Soo ценопопуляциясының қазіргі жағдайын зерттеу нәтижелері келесі қорытындыларды береді:

«Көкшетау» МҰТП аумағындағы *D. fuchsii* орман қауымдастықтарында кездеседі.

Зерттелген ценопопуляциялар толық емес, *D. fuchsii* онтогенезінде 2 онтогенетикалық кезең (прегенеративтік, генеративтік) және 4 онтогенетикалық күй (ювенильдік, имматурлық, виргинильдік, генеративтік) анықталды. Негізгі онтогенетикалық спектр – имматурлы күйдегі жеке дарақтар тобы.

D. fuchsii ең аз өзгермелі морфологиялық белгілері – бірінші жапырақтың ені және гүлшоғырының ұзындығы (сәйкесінше 3,4 және 8%), ең өзгермелі – өркеннің ұзындығы (62 %).

D. fuchsii зерттелген ценопопуляцияларының көпшілігінің жағдайы Ақмола облысында қанағаттанарлық, жоғалу қаупі төнген. Табиғи кешендердің айтарлықтай антропогендік өзгеруіне байланысты осы аумақтың өсімдіктер қауымдастығы табиғи ерекшеліктерін жоғалтуда. Бұл тар экологиялық амплитудасы бар, таралу аймағының негізгі бөлігінен оқшауланған жерлерде өсетін сирек кездесетін өсімдіктердің, соның ішінде орхидеялар (Orchidaceae) өкілдерінің сақталуына әсер етеді.

Сирек кездесетін өсімдіктердің ценодикалық популяцияларының құрылымы мен динамикасы туралы алынған мәліметтер аймақтағы түрлердің қазіргі жағдайын бағалау және оларды сақтау мен қалпына келтірудің тиімді шараларын әзірлеу үшін қажет. Ақмола облысындағы Orchidaceae тұқымдасының көптеген өкілдері қоршаған орта жағдайларының өзгеруіне және өсімдік жамылғысының антропогендік өзгеруіне айтарлықтай сезімтал.

Авторлардың қосқан үлесі

Халымбетова А.Е. – далалық зерттеулерді жүргізу, жұмыс нәтижелерін жинау, мәтінді жазу және талдау;

Мухтубаева С.К. – жұмыстың концепциясына елеулі үлес қосу; мәтінді жазу, талдау және түсіндіру, мақаланың соңғы нұсқасын жариялауға бекіту;

Абиев С.А. – мәтіннің мазмұнын сыни тұрғыдан қарау және мақаланың соңғы нұсқасын жариялауға бекіту.

Әдебиеттер тізімі

1. Хрусталева И.А., Куприянов А.Н., Султангазина Г.Ж. Редкие виды растений национального парка «Бурабай» (Центральный Казахстан) // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012. – №. 4 (20). – С. 118-126.
2. Аятханулы А.М., Ерболатқызы К.П. Образ исторических особенностей и флоро-фитоценозотическое состояние Кокшетауского Национального Парка // Наука и реальность / Science & Reality. – 2021. – №. 1 (5). – С. 8-10.
3. Султангазина Г.Ж., Куприянов А.Н. Флористические находки на территории национального парка «Бурабай» // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2012. – №. 1. – С. 23-26.
4. Красная книга Казахстана. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. Том 2.: Растения (колл. авт.). – Алматы: «АртPrintXXI», 2014. – 452 с.
5. Вахрамеева М.Г., Денисова Л.В., Никитина С.В. Особенности структуры ценопопуляций видов семейства орхидных // Популяционная экология растений. Москва, 1987. – С. 147-150.
6. Robert L. Dressler. Phylogeny and Classification of the Orchid Family. – Dioscorides Press, 1993. – 123 p.
7. Байтенов М.С. Флора Казахстана. Том 2. – 2001.
8. Сумбембаев А.А. Оценка современного состояния популяций видов рода *Dactylorhiza* Necker ex Nevski флоры Казахстанского Алтая: диссертация на соискание степени доктора философии (PhD): защищена 06.07. 2021. – Алматы, 2021. – 194 с.
9. Данилова А.Н., Сумбембаев А.А., Котухов Ю.А., Ануфриева О.А. Орхидные Казахстанского Алтая. Перспективы сохранения (методические рекомендации). – Усть-Каменогорск: Изд-во «Медиа-Альянс», 2020. – 89 с.
10. Красная Книга Мурманской области. Изд. 2-е, перераб. и доп. – Кемерово: «Азия-принт», 2014. – 584 с. ISBN 978-5-85905-446-6.
11. IUCN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species [Электронды ресурс]. – 2022. – URL: <https://www.iucnredlist.org> (жүгінген күні: 24.05.2023).
12. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в лесных ценозах. // Тр. БИНа АН СССР. – 1950. – Вып. 6. – С. 7-204.
13. Голубев В.Н., Молчанов Е.Ф. Методические указания к популяционно-количественному и эколого-биологическому изучению редких, исчезающих и эндемичных растений Крыма. – Ялта: Изд-во Никитинского ботанического сада, 1978. – 41 с.
14. Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В. Возрастная структура ценопопуляций многолетних растений и ее динамика // Журнал общей биологии. – 1978. – Т. 39. – №. 6. – С. 849-857.
15. Левина Р.Е. Репродуктивная биология семенных растений. – Москва: Наука, 1981. – 96 с.
16. Денисова Л.В., Никитина С.В., Заугольнова Л.Б. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР // Всес. науч. исслед. ин-т охраны природы и заповедного дела Госагропрома СССР. – Москва, 1986. – 34 с.

17. Тетерюк Л.В. Практические рекомендации по проведению ценопопуляционных исследований редких и охраняемых видов сосудистых растений //Иновационные методы и подходы в изучении естественной и антропогенной динамики окружающей среды. Часть 2. – 2009. – Т. 2. – С. 22-37.
18. Вахрамеева М.Г. Род пальчатокоренник //Биологическая флора Московской области. – 2000. – №. 14. – С. 55.
19. Сумбембаев А.А., Матвеева Е.В., Абдешова А.Б. Primary introduction results of the genus *Dactylorhiza necker ex nevski* in the Altai Botanical Garden //Вестник КазНУ. Серия биологическая. – 2021. – Т. 87. – №. 2. – С. 58-68.
20. Вахрамеева М.Г. Динамика ценопопуляций некоторых наземных орхидных под воздействием различных природных и антропогенных факторов // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола. – 1998. – Т. 2. – С. 77-78.
21. Швецов А.Н., Саодатова Р.З., Галкина М.А. Опыт создания интродукционной популяции *Dactylorhiza Fuchsii* (Druce) Soó в ГБС РАН //Теоретические проблемы экологии и эволюции: Шестые Люблинские чтения, 11-й Всероссийский популяционный семинар и Всероссийский семинар "Гомеостатические механизмы биологических систем" с общей темой "Проблемы популяционной экологии". – 2015. – С. 342-344.
22. Хомутовский М.И. Оценка устойчивости некоторых видов орхидных в условиях искусственных биотопов //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – №. 5-1.
23. Капустина Н.В., Рябова Е.В. Эколого-биологическая характеристика и особенности индивидуального развития *Dactylorhiza Fuchsii* (Druce) Soó на территории ГПЗ «Былина» // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – Киров, 2012. – 251 с.

А.Е. Халымбетова^{1,2}, С.К. Мухтубаева¹, С.А. Абиев²

¹Филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК
«Астанинский Ботанический сад», Астана, Казахстан

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

Современное состояние ценопопуляций *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó на территории ГНПП "Кокшетау"

Аннотация. В статье представлены результаты изучения 6 ценопопуляций (ЦП) редкого представителя *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó (Orchidaceae) в Акмолинской области на территории ГНПП "Кокшетау". Выявлено, что *D. fuchsii* встречается в березово-осиновых лесах, в кустарничково-травяных сообществах. Представлены морфометрические параметры в ценопопуляциях *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó - длина побега, длина соцветия, параметры первого листа. Показано, что большинство ценопопуляций являются молодыми и способными к самовозобновлению. Ценопопуляция №1, произрастающая в наиболее аридных условиях, является зрелой и переходной. Рассмотрена изменчивость и пластичность некоторых

морфологических параметров *D. fuchsii*. Установлена структура изменчивости признаков. Анализ морфометрических признаков генеративных особей показал, что наиболее высокорослые растения произрастали в березово-осиновом и сосново-березовом лесу. Дана оценка изменчивости признаков изученных ЦП, которая показала, что максимальная изменчивость установлена для длины побега (55%), наименее изменчивыми признаками генеративных особей *D. fuchsii* длина соцветия и ширина первого листа (7 и 3,6%). Отмечается высокая степень варьирования признаков. Наблюдения за ЦП проводили в течение двух лет (2021-2022 гг.). ЦП №1 находится в удовлетворительном состоянии, что обусловлено высокой долей генеративных особей и максимальной плотностью. Состояние двух ценопопуляций *D. fuchsii* №2 и №3 оценивается как угрожающее к исчезновению и зависящее от сохранения. Для всех изученных ЦП рекомендуется продолжить мониторинг и контроль за состоянием популяций.

Ключевые слова: *Orchidaceae*, *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Соó, ценопопуляция, онтогенетическая структура, морфометрические параметры, возрастной состав, вегетативное размножение.

A.E. Khalymbetova^{1,2}, S.K. Mukhtubaeva¹, S.A. Abiev²

¹"Astana Botanical Garden" the branch of the RSE "Institute of Botany and Phytointroduction"
Committee of forestry and wildlife of the Ministry of ecology and nature management of the Republic
of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

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

Current condition of *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Соó cenopopulations on the territory of SNNP "Kokshetau"

Abstract. The article presents the findings of a study conducted on 6 cenopopulations (CP) of a rare representative of *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Соó (Orchidaceae) in Akmola region on the territory of SNNP "Kokshetau". It was revealed that *D. fuchsii* occurs in birch-aspen forest, in shrub-grass communities. The morphometric parameters in cenopopulations of *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Соó - shoot length, inflorescence length, first leaf parameters were demonstrated. It is shown that the majority of cenopopulations are young and capable of self-renewal. Cenopopulation No. 1 growing in the most arid conditions is mature and transient. The variability and plasticity of some morphological parameters of *D. fuchsii* are also considered. The structure of trait variability has been established. Analysis of morphometric traits of generative individuals showed that the tallest plants grew in birch-aspen and pine-birch forests. Variability in the traits of the studied CP was assessed, which showed that the maximum variability was established for the shoot length (55%), the least variability in the generative individuals of *D. fuchsii* was the inflorescence length and width of the first leaf (7 and 3.6%). A high degree of trait variation is noted. The observations on CPs were conducted over a two-year period, spanning 2021 and 2022. CP No. 1 is in a satisfactory condition, due to the high proportion of generative individuals and maximum density. The condition of two *D. fuchsii* cenopopulations No. 2 and No. 3 are assessed as threatening with extinction and dependent on conservation measures. For all studied CP it is recommended to continue monitoring and controlling the state of the populations.

Keywords: *Orchidaceae*, *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó, cenopopulation, ontogenetic structure, morphometric parameters, age composition, vegetative reproduction.

References

1. Hrustaleva I.A., Kupriyanov, A.N., Sultangazina, G.ZH. Redkie vidy rastenij nacional'nogo parka «Burabaj» (Central'nyj Kazahstan) [Rare plant species of the national park "Burabai" (Central Kazakhstan)] Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya [Vestnik of Tomsk State University. Biology], 4 (20), 118-126 (2012). [in Russian]
2. Ayathanuly A.M., Erbolatkyzy K.P. Obraz istoricheskikh osobennostej i floro-fitocentoticheskoe sostoyanie Kokshetauskogo Nacional'nogo Parka [Image of historical and flora-phytocenotic sustainability of Kokshetau National Park] Nauka i real'nost' [Science and Reality], 1 (5), 8-10(2021). [in Russian]
3. Sultangazina G. Zh., Kupriyanov A. N. Floristicheskie nahodki na territorii nacional'nogo parka «Burabaj» [Floristic finds on the territory of the national park "Burabai"] Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Kemerovo State University], (1), 23-26 (2012). [in Russian]
4. Red Book of Kazakhstan (The 2nd ed. revised and supplemented, Vol. 2: Plants. ("ArtPrintXXI", Almaty, 2014, 452 p.). [in Russian]
5. Vahrameeva M.G., Denisova L.V., Nikitina S.V. Osobennosti struktury cenopopulyacij vidov semejstva orhidnyh. Populyacionnaya ekologiya rastenij [Peculiarities of the structure of widows' cenopopulations of the orchid family. Population ecology of development], 147-150, (1987). [in Russian]
6. Dressler R.L. Phylogeny and classification of the orchid family (Cambridge University Press, 1993).
7. Bajtenov M.S. Flora Kazahstana [Flora of Kazakhstan] (Almaty, Gylym, 2001, Vol 2, 280 p.). [in Russian]
8. Sumbembaev A.A. Ocenka sovremennogo sostoyaniya populyacij vidov roda *Dactylorhiza* Necker ex Nevski flory Kazahstanskogo Altaya: dissertaciya na soiskanie stepeni doktora filosofii: zashchishchena 06.07.2021 [Assessment of the current state of populations of the species of the genus *Dactylorhiza* Necker ex Nevski of the Kazakhstan Altai flora: dissertation on the competitive degree of PhD: defended on 06.07.2021] (Almaty, 2021, 194 p). [in Russian]
9. Danilova A.N., Sumbembaev A.A., Kotuhov Yu.A., Anufrieva O.A. Orhidnye Kazahstanskogo Altaya. Perspektivy sohraneniya [Orchids of the Kazakh Altai. Conservation prospects: Guidelines] (g. Ust'-Kamenogorsk: Media-Alians, 2020, 89 s.) [Ust'-Kamenogorsk, Media-Alians, 2020, 89 p.]. [in Russian]
10. Asming S.V., Berlina N.G., Bianki V.V., Belkina O.A., Bobrov A.A., Bojko N.S., Shutova E.V. Krasnaya kniga Murmanskoy oblasti. Izd. 2-e, pererab. i dop. (Red Book of the Murmansk region. Ed. 2nd, rev. and supplement.) (Kemerovo: «Asia-print», 2014, 584 p). [in Russian]
11. IUCN 2022. The IUCN Red List of Threatened Species. [Electronic resource] – Available at: <https://www.iucnredlist.org> (Accessed 24.05.2023).
12. Rabotnov T.A. Zhiznennyj cikl mnogoletnih travyanistyh rastenij v lugovyh cenozah [Life cycle of perennial herbaceous plants in meadow cenoses] Tr. BIN AN SSSR, [Proc. BIN of the USSR Academy of Sciences], 3(6M), 7-204 (1950). [in Russian]
13. Golubev V.N., Molchanov E.F. Metodicheskie ukazaniya k populyacionno-kolichestvennomu i ekologo-biologicheskomu izucheniyu redkih, ischezayushchih i endemichnyh rastenij Kryma [Methodological guidelines for population-quantitative and ecological-biological study of rare,

endangered and endemic plants of Crimea] (Yalta, Izd-vo Nikitinskogo botanicheskogo sada, 1978, 41 p.) [in Russian]

14. Zaugol'nova L.B., Smirnova O.V. Vozrastnaya struktura cenopopulyacij mnogoletnih rastenij i ee dinamika [Age structure of perennial plant cenopopulations and its dynamics] Zhurnal obshchej biologii (Journal of general biology), 39(6), 849-857 (1978). [in Russian]

15. Levina R.E. Reproduktivnaya biologiya semennyh rastenij [Reproductive biology of seed plants] (Moscow, Nauka, 1981, 96 p.). [in Russian]

16. Denisova L.V., Nikitina S.V., Zaugol'nova L.B. Programma i metodika nablyudenij za cenopopulyაციями видов rastenij Krasnoj knigi SSSR [Programme and methodology of observations of cenopopulations of plant species of the Red Data Book of the USSR] Vses. nauch. issled. in t ohrany prirody i zapovednogo dela Gosagroproma SSSR [All-Union Scientific Research Institute of Nature Protection and Reserve Business of the USSR State Agroprom of the USSR], (Moscow, 1986, 34 p.). [in Russian]

17. Teteryuk L.V. Prakticheskie rekomendacii po provedeniyu cenopopulyacionnyh issledovanij redkih i ohranyaemyh vidov sosudistyh rastenij [Practical recommendations for conducting cenopopulation studies of rare and protected species of vascular plants] Innovacionnye metody i podhody v izuchenii estestvennoj i antropogennoj dinamiki okruzhayushchej sredy Chast' 2 [Innovative methods and approaches in the study of natural and anthropogenic dynamics of the environment Part 2], 22-39 (2009). [in Russian]

18. Vahrameeva M.G. Rod pal'chatokorennik [Genus Palchatocorenia] Biologicheskaya flora Moskovskoj oblasti [Biological Flora of the Moscow Region], 14, 55 (2000). [in Russian]

19. Sumbembaev A.A., Matveeva E.V., Abdeshova A.B. Primary introduction results of the genus *Dactylorhiza* Necker Ex Nevski in the Altai botanical garden, Vestnik KazNU. Seriya biologicheskaya, 87(2), 58-68 (2021).

20. Vahrameeva M.G. Ontogenez i dinamika populyacij *Dactylorhiza fuchsii* (Orchidaseayo) [Dynamics of cenopopulations of some aboveground orchids under the influence of various natural and anthropogenic factors] Zhizn' populyacij v geterogennoj srede [Life of populations in a heterogeneous environment], 91(11), 1683-1695 (2006). [in Russian]

21. Shvecov A.N., Saodatova R.Z., Galkina M.A. Opyt sozdaniya introdukcionnoj populyacii *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó v GBS RAN [Experience in creating an introduced population of *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó in the GBS RAS] Teoreticheskie problemy ekologii i evolyucii: Shestye Lyubishchevskie chteniya, 11-j Vserossijskij populyacionnyj seminar i Vserossijskij seminar "Gomeosticheskie mekhanizmy biologicheskikh sistem" s obshchej temoj "Problemy populyacionnoj ekologii" [Theoretical Problems of Ecology and Evolution: Sixth Lyubishchev Readings, 11th All-Russian Population Seminar and All-Russian Seminar "Homeostatic Mechanisms of Biological Systems" with the general theme "Problems of Population Ecology"], 342-344 (2015). [in Russian]

22. Homutovskij M.I. Ocenka ustojchivosti nekotoryh vidov orhidnyh v usloviyah iskusstvennyh biotopov [Evaluation of the stability of some orchid species in artificial biotopes] Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk [Proceedings of the Samara Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences], 14(5-1), 232 (2012). [in Russian]

23. Kapustina N.V., Ryabova E.V. Ekologo-biologicheskaya harakteristika i osobennosti individual'nogo razvitiya *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó na territorii GPZ «Bylina» [Ecological and

biological characteristics and features of individual development of *Dactylorhiza Fuchsii* (Druce) Soo on the territory of the State Nature Reserve "Bylina"] *Biodiagnostika sostoyaniya prirodnih i prirodno-tekhnogennyh system* [Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems] (Kirov, OOO «Loban', 2012, 62-64 p.). [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер:

Халымбетова А.Е. – PhD студент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев к-сі, 2, Астана, Қазақстан.

Мухтубаева С.К. – биология ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер ҚР ЭТРМ ОШЖДК «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК филиалы «Астана ботаникалық бағы», Орынбор 16, Астана, Қазақстан.

Абиев С.А. – биология ғылымдарының докторы, профессор, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Сәтбаев көш-сі, 2, Астана, Қазақстан.

Khalymbetova A.E. – PhD student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev 2, Astana, Kazakhstan.

Mukhtubaeva S.K. – PhD in biology, principal scientist at the Astana Botanical Garden, Orynbor 16, Astana, Kazakhstan.

Abiev S.A. – Doctor in biology, professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev 2, Astana, Kazakhstan.



IRSTI 34.33.27
Research article

DOI:<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-147-2-45-57>

Distribution and ecology of Rock Pigeons (*Columba Livia*) in urban environments of Kazakhstan

B.T. Berdikulov^{1,2*}, A.E. Gavrilov², S.K. Bekbenbetov²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Zoology, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: bertalbek@gmail.com

Abstract. This study examines the distribution and ecology of feral pigeons (*Columba livia*) in urban areas of Kazakhstan. Despite their global presence, feral pigeons have received limited attention from researchers. Understanding their distribution and ecological characteristics is crucial for managing their impact on urban ecosystems and assessing their potential as environmental indicators.

This study employs open eBird data to analyse the occurrence and distribution of feral pigeons in major cities of Kazakhstan, particularly in Almaty and Astana. Data spanning from 2007 to 2021 provide insights into their distribution in these urban areas. The study assesses the percentage of occupied regions and the extent of their range, providing information about the degree of their presence.

The findings suggest that feral pigeons are permanent residents in Kazakhstan and may exhibit migratory behavior. They have a stable and wide distribution, occupying various urban habitats. The study identifies areas with high concentrations of feral pigeons, indicating preferred locations within the cities.

The findings of this study highlight the necessity for continued monitoring and research to elucidate the distribution patterns and potential as bioindicators of environmental pollution in anthropogenic landscapes. The obtained data can serve as a basis for managing and creating sustainable and harmonious urban ecosystems that support the diversity of bird species.

Keywords: Rock Pigeon, *Columba livia*, eBird, urban ecosystem, environmental indicator.

Introduction

Rock Pigeons are highly adaptable and can be found in a wide range of habitats, including urban areas, farmland, and coastal cliffs. They are particularly common in urban environments, where they can be found nesting and roosting on buildings and other structures [1]. They are descendants of wild and domesticated rock pigeons that have colonized many cities across the globe. However, they are one of the most ignored birds by ornithologists [2]. Studies have shown that the presence of tall buildings is a significant predictor of pigeon density in urban areas [1]. However, the availability and proximity of anthropogenic food sources also play a crucial role in determining the roosting and nesting prevalence of pigeons in urban areas [3]. Pigeons tend to prefer areas with high human activity and food abundance, such as markets, restaurants, parks, and squares.

Determining the distribution of wild Rock Pigeons in Kazakhstan is challenging due to their long history of domestication. These pigeons were exported to different regions, released, and became feral. As a result, feral pigeons can now be found both within and beyond the natural range of their wild counterparts. Distinguishing between wild and feral pigeons in such cases is often difficult [4]. Additionally, traditional methods such as population monitoring through ringing have proven to be less efficient in accurately assessing their population trend in this context [5].

In Kazakhstan, there are two subspecies: *C. livia livia* and *C. livia neglecta*. *C. l. livia* inhabits the northern half of Kazakhstan, extending south to Mangyshlak, Mugalzhar, and Zaisan, where it intergrades with *C. l. neglecta*, while it is found in the southern half of Kazakhstan [4].

The impact of Rock Pigeons in urban environments can vary depending on the region. In some areas, they are considered a nuisance and can cause damage to buildings and other structures. In other areas, they are valued for their role in urban ecosystem services, such as providing a food source for predators and contributing to nutrient cycling. They can help to connect humans with nature and biodiversity in urban settings [6].

Rock pigeons can also compete with native bird species for resources such as food and nesting sites [7]. Furthermore, they can spread diseases to humans and other animals through their droppings and ectoparasites [8]. Rock Pigeons are known to carry various parasites and pathogens that can affect humans and other animals, such as nematodes, cestodes, avian lice, salmonella, chlamydia, and histoplasmosis [8, 9]. The invasiveness of Rock Pigeons depends on the availability of suitable habitats and food sources in urban areas, as well as the presence or absence of predators and competitors.

Rock Pigeons have shown remarkable phenotypic and genetic variation among and within urban populations, reflecting their diverse origins and selective pressures. For example, Rock Pigeons exhibit different plumage colors and patterns that may be influenced by natural or sexual selection, genetic drift, or human preference [10]. They also show different physiological and behavioral traits that may help them cope with urban stressors, such as noise, pollution, predators, and competitors [10, 11].

Rock pigeons in urban areas can serve as environmental indicators or model organisms for ecological research [12]. The Omarova et al [13] sought to establish a relationship between

heavy metal pollution levels in various areas of Almaty city of Kazakhstan and the cardiovascular conditions of pigeons, indicating their potential as bioindicators for environmental pollution and cardiovascular diseases, highlighting the need for further research.

In Borodikhin's 1968 work, three species of Columbiformes were listed: *S. Orientalis*, *S. Senegalensis*, and *S. Turtur*. However, the species *Columba livia* was not mentioned [14]. It was subsequently mentioned in a 1988 work [15], and Kovshar, in his 2008 study, considered them to be among the most stable nesting species in Almaty, along with 15 other species that nested in the city throughout the 20th century and continue to nest there now [16],

The Berezovikov [17] noticed the new feeding habits of grey pigeons in Kazakhstani cities, where they have started consuming fruits such as *Malus baccata*, *Elaeagnus angustifolia* [18], *Cornus sanguinea*, *Parthenocissus quinquefolia* and *Robinia pseudoacacia* [19] different crops. This change in diet is likely the result of a lack of natural food sources, possibly replacing obsolete dumpsters with modern ones, which limits the bird's access to food waste [17].

This article aims to explore the ecology of Rock Pigeons in urban environments using open data sources, such as GBIF and Ebird. In other hand, open data sources may not provide information on all aspects of Rock Pigeon ecology, such as their behavior and physiology [12]. By analyzing the occurrence and distribution of Rock Pigeon data in different cities of Kazakhstan, including their average abundance, seasonal population, occupied region, and days of presence. The goal is to understand their population dynamics, and ecology in urban environments and identify any correlations between these factors.

In urban bird ecology research, leveraging open data sources like GBIF and eBird has significantly expanded the ability to study species over wide areas and periods. These platforms collect vast amounts of observations from a global community, offering a deep dive into bird distribution and behavior in cities. However, this approach comes with challenges, including variable data accuracy due to the diverse expertise of contributors and a tendency for data to concentrate in urban areas, potentially skewing species distribution insights. To address these issues, researchers integrate this data with direct field observations and use sophisticated statistical methods to ensure accuracy. Efforts to improve data collection practices among citizen scientists are also crucial for enhancing data quality. Despite its challenges, using GBIF and eBird effectively can provide valuable insights into urban bird ecology, making it a useful tool for scientists studying avian species like the Rock Pigeon in city environments.

Methodology

Study area

The study area for this research encompassed various regions of Kazakhstan, with a specific focus on the major cities of Almaty and Astana. The objective of the study was to investigate the population dynamics and characteristics of Rock Pigeons in urban environments.

Data collection

The methodology was adapted from the protocols and guidelines provided by eBird.org, a widely recognized and reputable platform for collecting bird observation data. The specific citation you mentioned, Fink et al. [20], outlines the eBird Status and Trends data version released in 2021, which served as a valuable resource for this research.

Data analysis

Estimating Average Relative Abundance: The average relative abundance of Rock Pigeons in each city was estimated based on the number of observed individuals and the total number of checklists submitted during the study period. This metric provided insights into the overall density and population size of Rock Pigeons in specific areas.

Assessing Percentage of Seasonal Population: To determine the percentage of seasonal population, the relative abundance of Rock Pigeons within the study region was compared to the global estimated relative abundance for a particular season. This calculation involved dividing the sum of the estimated relative abundance within the study region by the sum of the estimated relative abundance across the world.

Determining Occupied Region Percentage: The occupied region percentage indicated the proportion of the selected region that fell within the range boundary of Rock Pigeons for a given season. It was determined by considering the modeled range boundary of the species and identifying the portion of the selected region that fell within this boundary.

Analyzing Days of Presence: The number of days of presence represented the duration for which Rock Pigeons were observed in the selected region. It was calculated based on spatial presence, considering that the species was present in at least 5% of the territory of the selected region, as estimated from the average relative abundance for the corresponding season.

Statistical Analyses: The collected data underwent statistical analyses to uncover meaningful patterns and relationships. Descriptive statistics, such as means and percentages, were calculated to summarize the population characteristics and distribution patterns of Rock Pigeons in the study cities. Spatial analyses, including mapping and spatial clustering techniques, may have been employed to visualize the occupied regions and assess the spatial distribution of the species.

The graphs of results were generated using the R statistical program and MS Excel [21].

Discussion

Understanding the distribution and ecological aspects of the Rock Pigeon is for effective urban wildlife management. The variation in mean relative abundance across regions indicates differences in habitat suitability and food availability. Almaty city, East Kazakhstan, and South Kazakhstan exhibit higher abundance, which can be attributed to a combination of suitable urban habitats and food sources. The higher percentage of region occupied in Almaty and Astana cities shows the adaptability of Rock Pigeons to urban landscapes. Urbanization, availability of nesting sites, and access to anthropogenic food sources influence their distribution [22].

Urbanization may have a significant impact on Rock Pigeon populations, as seen in their preference for areas with high human activity and food abundance. The presence of tall buildings and urban structures can also influence their density in urban environments [23].

Rock Pigeons have adapted remarkably well to urban environments, thriving where many species struggle. This success can largely be attributed to their ability to exploit human-provided resources and the urban landscape itself. Research has shown that pigeons find ample food from human activities and safe nesting sites in tall buildings, leading to higher breeding densities in

cities [24]. Moreover, urban settings provide a peculiar advantage by offering protection from predators and consistent food sources, even though they come with their own set of challenges such as food scarcity during certain periods, which significantly impacts pigeon populations [25].

Results

The findings of this study reveal that the Rock Pigeon in Kazakhstan is predominantly a sedentary species, with populations that may undertake migration. The data collected demonstrates that the Rock Pigeon is present throughout the year in the studied territories, indicating a resident population (Fig 1).

The Rock Pigeon is considered a common species in Kazakhstan, with its presence observed consistently across the different regions. The analysis of the data indicates that the species occupies a significant percentage of the selected regions, with high levels of occupancy recorded in several areas. Furthermore, the Rock Pigeon exhibits a relatively stable and widespread distribution, occupying a range of habitats in urban environments (Fig 1).

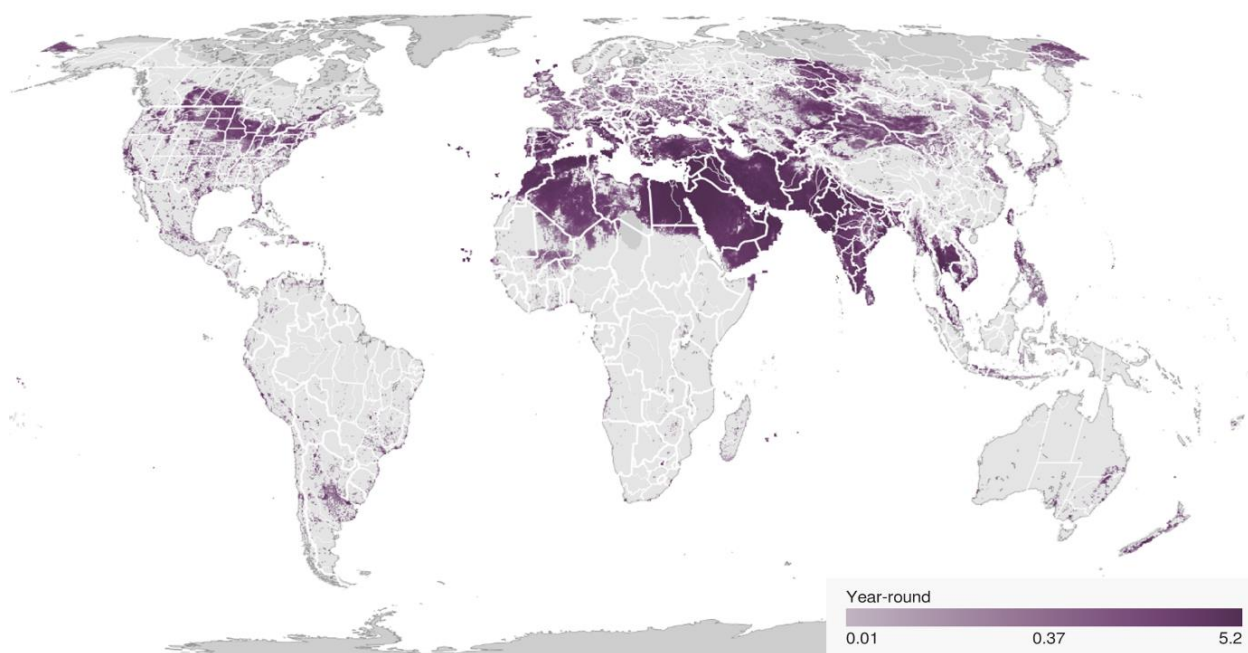


Figure 1

Abundance of Rock Pigeon Columba Livia Relative abundance is depicted for each season along a color gradient from a light color indicating lower relative abundance to a dark color indicating a higher relative abundance. Relative abundance is the estimated average count of individuals detected by an eBirder during a 1 hour, 1 kilometer traveling checklist at the optimal time of day

for each species. eBird data from 2007-2021. Estimated for 2021. Fink, D. et al. 2022. eBird Status and Trends, Data Version: 2021: Released: 2022. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. Powered by eBird. <https://doi.org/10.2173/ebirdst.2021>

The Table 1 shows the mean relative abundance, percentage of seasonal population, percentage of region occupied, and percentage of range in region for rock pigeons in various regions and cities in Kazakhstan.

Table 1

The mean relative abundance, percentage of seasonal population, percentage of region occupied, and percentage of range in region for Rock Pigeons in various regions of Kazakhstan.
Source: eBird.org

Region/city	Mean relative abundance	Percentage of seasonal population	Percentage of region occupied
Astana city	4	0	91%
Almaty city	10.6	0	100%
Almaty, Jetisu	0.6	0.2%	36%
Aqmola	0.1	0	5%
Aqtobe	0.03	0	2%
Atyrau	0.02	...	0.9%
East Kazakhstan	0.7	0.4%	52%
Mangystau	0.2	0.1%	17%
North Kazakhstan	0.04	0%	2%
Pavlodar	0.1	0%	9%
Qaraghandy	0.1	0.1%	14%
Qostanay	0.01	0	0.6%
Qyzylorda	0.07	0	3%
South Kazakhstan	0.3	0.1%	13%
West Kazakhstan	0.01	...	0.3%
Zhambyl	0.3	0.1%	26%

The mean relative abundance varied across regions, with the highest values observed in Almaty city (10.6), East Kazakhstan (0.7), and South Kazakhstan (0.3). In contrast, Qostanay and West Kazakhstan exhibited the lowest mean relative abundance (0.01 each). These variations in abundance may be influenced by factors such as habitat suitability, food availability, and human activity.

The percentage of seasonal population was generally low across most regions, indicating that Rock Pigeon populations in Kazakhstan are predominantly sedentary. However, slightly higher percentages were observed in Almaty, Jetisu (0.2%), and East Kazakhstan (0.4%), suggesting

a seasonal concentration of Rock Pigeons in these areas. Further investigations are required to determine the drivers of these seasonal variations and their implications for the species' ecology.

The percentage of regions occupied varied significantly among the studied areas (Fig 2). Almaty city and Astana city exhibited high percentages of regional occupation, with 100% and 91% respectively, indicating a widespread presence of Rock Pigeons throughout these regions. Other regions, such as East Kazakhstan (52%), Almaty, Jetisu regions (36%) and Zhambyl (26%), also showed substantial occupation by the species. In contrast, Qostanay had the lowest percentage of regions occupied (0.6%). These findings indicate that habitat suitability and urbanization levels play a significant role in determining the presence and distribution of Rock Pigeons across different regions. However, it is important to acknowledge that the observed variations in occupation may also be influenced by factors such as limited birdwatching activities and underreporting of sightings. It is possible that there could be a higher occupancy of Rock Pigeons in certain areas, but due to a lack of recorded data or reporting, their presence may go unnoticed.

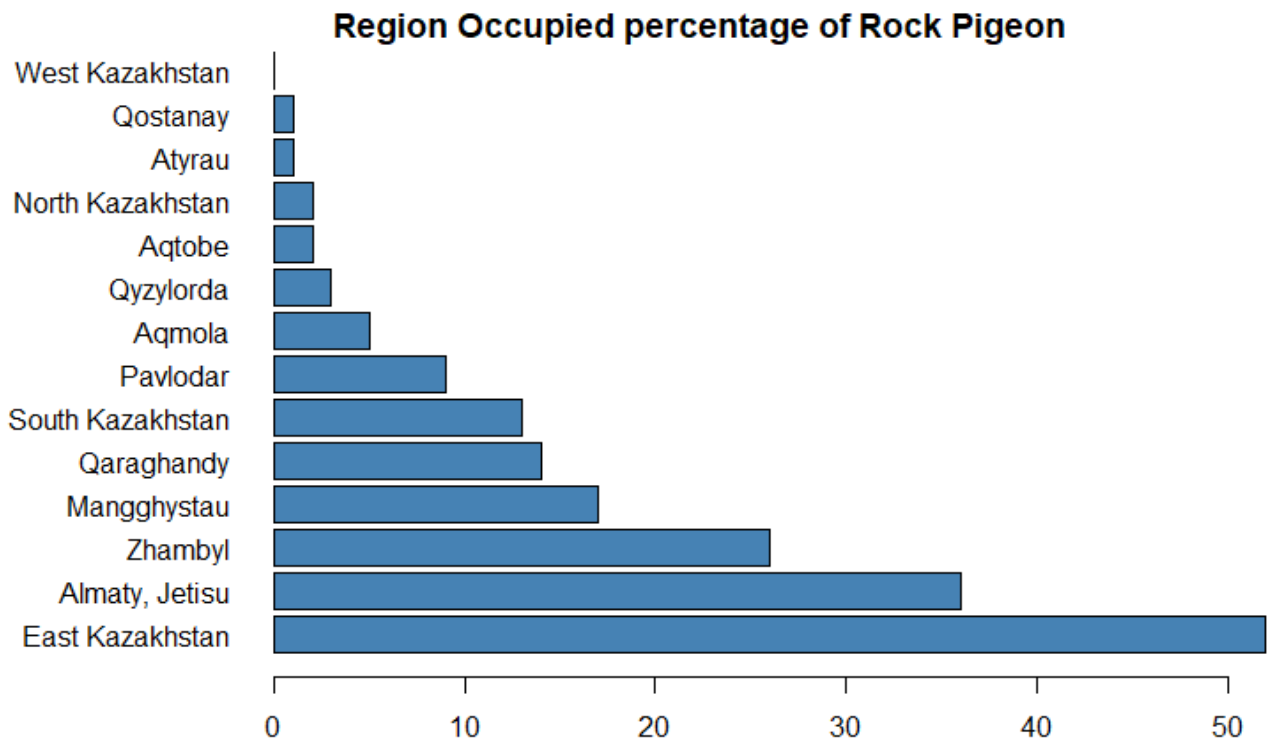


Figure 2. Region Occupied Percentage of Rock Pigeon by the regions of Kazakhstan

The percentage of range in the region was generally low across all areas, indicating that the selected regions represent only a small portion of the Rock Pigeon's total range. Almaty city had the highest percentage (0.5%), suggesting a limited extent of the species' range within the city. Other regions had negligible percentages, suggesting a limited extent of the species' range within those areas. The results emphasize the need for further research to assess the species' range and its ecological implications in Kazakhstan.

Conclusion

In conclusion, this study provides insights into the ecology and population dynamics of Rock Pigeons (*Columba livia*) in urban environments in Kazakhstan. The findings reveal that Rock Pigeons are common and widely distributed throughout the year in the studied regions. They show a preference for urban habitats with high human activity and food availability.

The study identified variations in abundance, seasonal population, occupied region, and range across different cities and regions. Factors such as habitat suitability, food availability, and human activity influence the abundance patterns. While Rock Pigeons in Kazakhstan are predominantly sedentary, slight seasonal concentrations were observed in some areas.

Habitat suitability and urbanization levels play a significant role in determining the presence and distribution of Rock Pigeons. However, limitations in birdwatching activities and underreporting of sightings may underestimate their occupancy in certain areas. The Rock Pigeons serve roles in the urban ecosystem, in other hand their abundance raises concerns about disease transmission and ecosystem imbalance.

The study highlights the importance of continued monitoring and research to understand Rock Pigeon ecology, including their interactions with native species, human activities, and environmental factors.

Acknowledgments

The work was carried out with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, grant No. BR21882199 “Cadaster of wild animals of arid territories of the Balkhash-Alakol basin with an assessment of the threat to their conservation and related use” conducted at the Institute of Zoology. The sponsors were not involved in the development of the study, data collection and analysis, decision-making on publication, or preparation of the manuscript.

Authors' contribution

Bekzhan Berdikulov: Principal author of the manuscript. He is participated in data collection and analysis.

Andrey Gavrilov: Supervisor of the study. Andrey provided scientific advice, helped develop the methodology, and participated in data collection.

Samat Bekbenbetov: Actively participated in field data collection, ensuring the high quality of the collected materials.

References

1. Rose, E., Nagel, P., & Haag-Wackernagel, D. Spatio-Temporal Use of the Urban Habitat by Feral Pigeons (*Columba livia*) // Behavioral Ecology and Sociobiology. – 2006. – Vol. 60(2). – P. 242-254. DOI: <http://www.jstor.org/stable/25063809>.

2. Stukenholtz E., Hailu T., Childers S., Leatherwood C., Evans L., Roulain D., Townsley D., Treider M., II, R., Ray D., Zak J., Stevens R. Ecology of Feral Pigeons: Population Monitoring, Resource Selection, and Management Practices // IntechOpen. – 2019. – Vol. 4, Issue 2. – P. 58. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.84612>.
3. Lee B., Soh M. Proximity to anthropogenic food sources determines roosting and nesting prevalence of feral pigeons (*Columba livia*) in a tropical city // Ecological Solutions and Evidence. – 2023. – Vol. 4, Issue 2. DOI: <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12234>.
4. Гаврин В.Ф., Долгушин И.А., Корелов М.Н., Кузьмина М.А. Птицы Казахстана. Том 2. – Академия наук КазССР, 1962. – 780 с.
5. Berdikulov B.T., Frolov I.G., Gavrillov A.E., Tashimova A.E., Zaripova S.K. Trends in counts of Columbiformes at Shakpak Pass, Kazakhstan // Biodiversitas. – 2023. – Vol. 24, No 9. – P. 4661-4667. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240906>.
6. Skandrani Z., Desquilbet M., Prevot A.C. A renewed framework for urban biodiversity governance: Urban pigeons as a case-study // Natures Sciences Sociétés. – 2018. – Vol. 26. – P. 46. DOI: <https://doi.org/10.1051/nss/2018051>.
7. Jerolmack C. How Pigeons Became Rats: The Cultural-Spatial Logic of Problem Animals // Social Problems. – 2008. – Vol. 55(1). – P. 72-94. DOI: <https://doi.org/10.1525/sp.2008.55.1.72>.
8. Haag-Wackernagel D., Moch H. Health hazards posed by feral pigeons // J Infect. – 2004. – Vol. 48(4). – P. 307-313. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2003.11.001>.
9. Smith Autumn J., Alan M. Fedynich. Helminth community composition, structure, and pattern in six dove species (Columbiformes: Columbidae) of South Texas // Journal of Parasitology. – 2012. – Vol. 98(1). – P. 11-21.
10. Johnston R.F., Janiga M. Feral pigeons. – Oxford University Press, 1995. – 336 p.
11. Gavrillov E.I., Gavrillov A.E. "The Birds of Kazakhstan". – Almaty, Tethys Ornithological research, 2005. – 226 p. 2005.
12. Ivanova N.V., Shashkov M.P. The Possibilities of GBIF Data Use in Ecological Research // Russ J Ecol. – 2021. – Vol. 5. – P. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1067413621010069>.
13. Омарова А.С., Алибаева Б.Н., Резникова М., Сим Д. Голуби как биоиндикаторы загрязнения районов г. Алматы // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 5. – С. 119-121.
14. Бородихин И.Ф. Птицы Алма-Аты. – Алма-Ата, 1968. – 1-121 с.
15. Пфедфер Р.Г., Пфандер П.В. Скопление птиц у постоянных источников корма. Позвоночные животные Алма-Аты. – Алма-Ата, 1988. – 113-116 с.
16. Ковшарь А.Ф., Ковшарь В.А. Авифауна города Алматы и её динамика за последние 40 лет. – Селевиния, 2008. – 152-170 с.
17. Березовиков Н.Н. Новые трофические связи сизых голубей *Columba livia* с плодово-ягодными культурами в казахстанских городах // Русский орнитологический журнал. – 2018. – № 27(1685). – С. 5232-5237.
18. Бевза И.А. Зимнее питание птиц плодами джиды *Elaeagnus angustifolia* в урочище Карачингиль // Русский орнитологический журнал. – 2017. – № 26(1463). – С. 2644-2645.
19. Губин Б.М. Птицы одного из районов города Алматы // Русский орнитологический журнал. – 2018. – № 27(1650). – С. 3767-3803.

20. Fink D., Auer T., Johnston A., Strimas-Mackey M., Ligocki S., Robinson O., Hochachka W., Jaromczyk L., Rodewald A., Wood C., Davies I., Spencer A. eBird Status and Trends // Cornell Lab of Ornithology. [Electronic resource] – URL: <https://doi.org/10.2173/ebirdst.2021> (accessed: 23.11.2023).

21. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. [Electronic resource] – URL: <https://www.R-project.org/> (accessed: 23.11.2023).

22. Novak B.J., Este J.A., Shaw H.E., Novak E.V., Shapiro B. Experimental Investigation of the Dietary Ecology of the Extinct Passenger Pigeon, *Ectopistes migratorius* // *Frontiers in Ecology and Evolution*. – 2018. – Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00020>.

23. Isaksson, C. Impact of Urbanization on Birds // In: Tietze, D. (eds) *Bird Species*. ISBN: 978-3-319-91688-0. Fascinating Life Sciences. – Springer, Cham., 2018. – 57 p.

24. Chamberlain D.E., Cannon A.R., Toms M.P., Leech D.I., Hatchwell B.J., Gaston K.J. Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis // *Ibis*. – 2009. – Vol. 151(1). – P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2008.00899.x>.

25. Stoc B., Haag-Wackernagel D. Food shortage affects reproduction of Feral Pigeons *Columba livia* at rearing of nestlings // *Ibis*. – 2016. – Vol. 158. – P. 776-783.

Б.Т. Бердіқұлов^{1,2}, А.Э. Гаврилов², С.К. Бекбенбетов²

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

²Зоология институты, Алматы, Қазақстан

Көк кептердің (*Columba Livia*) Қазақстанның қалалық жерлерінде таралуы мен экологиясы

Андатпа. Бұл мақалада Қазақстанның қалалық аудандарында көк кептердің (*Columba livia*) таралуы мен экологиясы зерттеледі. Көк кептерлердің әлемде кең таралуына қарамастан, зерттеушілер бұл түрді назарға алмай жатады. Олардың таралуы мен экологиясын түсіну – қала экожүйесіне әсерін білуде және экологиялық индикатор ретіндегі әлеуетін бағалауда маңызы зор.

Бұл зерттеуде eBird ашық деректерін пайдалана отырып, Қазақстанның барлық өңірі мен Алматы, Астана сияқты ірі қалаларда көп кептердің таралуы туралы айтылады. 2007 жылдан 2021 жылға дейінгі деректер түрдің қалалық жерлерде таралуы туралы мәлімет береді. Зерттеуде олардың аталған маңда кездесу дәрежесі, маусымдық өзгерістері мен аймақтарды қамту пайызы туралы нәтижелер бар.

Нәтиже бойынша, көк кептердің Қазақстанда тұрақты түр екенін және аздап миграция жасайтыны айтылады. Олар көптеген урбанистикалық аймақтарда тұрақты әрі кең таралған. Сондай-ақ, зерттеуде көк кептердің көп шоғырланған аймақтары анықталады.

Зерттеу қорытындысы бойынша көк кептерді антропогендік ландшафттардағы қоршаған ортаның ластануының биоиндикаторлары ретінде пайдалану үшін үздіксіз мониторинг пен зерттеу жүргізу қажеттігін көрсетті. Нәтижелер орнитофауна алуандығын қолдайтын тұрақты және үйлесімді қалалық экожүйелерді басқаруда пайдалы бола алады.

Түйін сөздер: көк көгершін, *Columba livia*, ebird, қалалық экожүйе, экологиялық көрсеткіш.

Б.Т. Бердикулов^{1,2}, А.Э. Гаврилов², С.К. Бекбенбетов²

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

²Институт зоологии, Алматы, Казахстан

Распространение и экология сизых голубей (*Columba Livia*) в урбанистических районах

Аннотация. В данном исследовании изучается распространение и экология сизых голубей (*Columba livia*) в городских районах Казахстана. Несмотря на своё глобальное присутствие, сизые голуби привлекли ограниченное внимание исследователей. Понимание их распространения и экологических характеристик имеет решающее значение для управления их воздействием на городские экосистемы и оценки их потенциала в качестве экологических индикаторов.

Используя открытые данные eBird, в этом исследовании анализируется встречаемость и распространение сизых голубей в крупных городах Казахстана, в частности, в Алматы и Астане. Данные с 2007 по 2021 год предоставляют представление об их распределении в этих городских районах. В исследовании оценивается процент занимаемых регионов и охват ареалов, предоставляя информацию о степени их присутствия.

Результаты показывают, что сизые голуби являются постоянными видами в Казахстане и, возможно, проявляют миграционное поведение. Они имеют стабильное и широкое распространение, занимая различные урбанистические местообитания. Исследование определяет районы с высокой концентрацией сизых голубей, указывая предпочтительные места в городах.

В этом исследовании подчёркивается необходимость проведения постоянного мониторинга и исследований для понимания моделей их распространения и потенциала в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды в антропогенных ландшафтах. Полученные данные могут стать основой управления и создания устойчивых и гармоничных городских экосистем, поддерживающих разнообразие орнитофауны.

Ключевые слова: сизый голубь, *Columba livia*, ebird, городская экосистема, экологический индикатор.

References

1. Rose E., Nagel P., & Haag-Wackernagel D. Spatio-Temporal Use of the Urban Habitat by Feral Pigeons (*Columba livia*), Behavioral Ecology and Sociobiology, 60(2), 242-254 (2006). DOI: <http://www.jstor.org/stable/25063809>.
2. Stukenholtz E., Hailu T., Childers S., Leatherwood C., Evans L., Roulain D., Townsley D., Treider M., II, R., Ray D., Zak J., Stevens R. Ecology of Feral Pigeons: Population Monitoring, Resource Selection, and Management Practices, IntechOpen, 3, 58 (2019). DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.84612>.
3. Lee B., Soh M. Proximity to anthropogenic food sources determines roosting and nesting prevalence of feral pigeons (*Columba livia*) in a tropical city // Ecological Solutions and Evidence, 4(2), (2023). DOI: <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12234>.
4. Gavrin V.F., Dolgushin I.A., Korelov M.N., Kuz'mina M.A., «Pticy Kazakhstana» Tom-2 ["Birds of Kazakhstan" Volume-2] (Akademiya nauk KazSSR, 1962, 780 s.) [Academy of Sciences of the Kazakh SSR, 1962, 780 p.]. [in Russian]

5. Berdikulov B.T., Frolov I.G., Gavrillov A.E., Tashimova A.E., Zaripova S.K. Trends in counts of Columbiformes at Shakpak Pass, Kazakhstan, *Biodiversitas*, 24(9), 4661-4667 (2023). DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240906>.
6. Skandrani Z., Desquilbet M., Prevot A.C. A renewed framework for urban biodiversity governance: Urban pigeons as a case-study, *Natures Sciences Sociétés*, 26, 46 (2018). DOI: <https://doi.org/10.1051/nss/2018051>.
7. Jerolmack C. How Pigeons Became Rats: The Cultural-Spatial Logic of Problem Animals, *Social Problems*, 55(1), 72-94 (2008). DOI: <https://doi.org/10.1525/sp.2008.55.1.72>.
8. Haag-Wackernagel D., Moch H. Health hazards posed by feral pigeons, *J Infect.*, 48(4), 307-313 (2004). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2003.11.001>.
9. Smith Autumn J., Alan M. Fedynich. Helminth community composition, structure, and pattern in six dove species (Columbiformes: Columbidae) of South Texas, *Journal of Parasitology*, 98(1), 11-21 (2012).
10. Johnston R.F., Janiga M. *Feral pigeons* (Oxford University Press, 1995, 336 p.).
11. Gavrillov E.I., Gavrillov A.E. "The Birds of Kazakhstan" (Almaty, Tethys Ornithological research, 2005, 226 p.).
12. Ivanova N.V., Shashkov M.P. The Possibilities of GBIF Data Use in Ecological Research, *Russ J Ecol.* 5, 1-8 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1134/S1067413621010069>.
13. Omarova A.S., Alibaeva B.N., Reznikova M., Sim D. «Golubi kak bioindikatory zagryazneniya rajonov g. Almaty», *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* ["Pigeons as bioindicators of pollution in Almaty districts", *Advances in modern natural science*], 5, 119-121 (2011). [in Russian]
14. Borodihin I.F. «Pticy Alma-Aty» ["Birds of Almaty"] (Alma-Ata, 1968, 1-121 s.) [in Russian]
15. Pfeffer R.G., Pfander P.V. «Skoplenie ptic u postoyannyh istochnikov korma.» *Pozvonochnye zhivotnye Alma-Aty* ["Aggregation of birds near constant food sources." *Vertebrates of Almaty*] (Alma-Ata, 1988, 113-116 s.) [in Russian]
16. Kovshar' A.F., Kovshar' V.A. «Avifauna goroda Almaty i eyo dinamika za poslednie 40 let» ["Avifauna of the city of Almaty and its dynamics over the past 40 years"] (*Seleviniya*, 2008, 152-170 s.) [in Russian]
17. Berezovikov N.N. «Novye troficheskie svyazi sizyh golubej *Columba livia* s plodovo-yagodnymi kul'turami v kazahstanskih gorodah», *Russkij ornitologicheskij zhurnal* ["New trophic connections of rock pigeons *Columba livia* with fruit and berry crops in Kazakhstani cities", *Russian Ornithological Journal*], 27(1685), 5232-5237 (2018). [in Russian]
18. Bevza I.A. «Zimnee pitanie ptic plodami dzhidy *Elaeagnus angustifolia* v urochishche Karachingil'», *Russkij ornitologicheskij zhurnal* ["Winter feeding of birds on the fruits of the jida *Elaeagnus angustifolia* in the Karachingil tract", *Russian Ornithological Journal*], 26(1463), 2644-2645 (2017). [in Russian]
19. Gubin B.M. «Pticy odnogo iz rajonov goroda Almaty», *Russkij ornitologicheskij zhurnal* ["Birds of one of the districts of Almaty", *Russian Ornithological Journal*], 27(1650), 3767-3803 (2018). [in Russian]
20. Fink D., Auer T., Johnston A., Strimas-Mackey M., Ligoocki S., Robinson O., Hochachka W., Jaromczyk L., Rodewald A., Wood C., Davies I., Spencer A. eBird Status and Trends, *Cornell Lab of Ornithology*. [Electronic resource] – Available at: <https://doi.org/10.2173/ebirdst.2021> (accessed: 23.11.2023).
21. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. [Electronic resource] – Available at: <https://www.R-project.org/> (accessed: 23.11.2023).

22. Novak B.J., Este J.A., Shaw H.E., Novak E.V., Shapiro B. Experimental Investigation of the Dietary Ecology of the Extinct Passenger Pigeon, *Ectopistes migratorius*, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6, (2018). DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00020>.

23. Isaksson, C. Impact of Urbanization on Birds, In: Tietze, D. (eds) *Bird Species*. ISBN: 978-3-319-91688-0. Fascinating Life Sciences (Springer, Cham., 2018, 57 p.).

24. Chamberlain D.E., Cannon A.R., Toms M.P., Leech D.I., Hatchwell B.J., Gaston K.J. Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis, *Ibis*, 151(1), 1-18 (2009). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2008.00899.x>.

25. Stoc B., Haag-Wackernagel D. Food shortage affects reproduction of Feral Pigeons *Columba livia* at rearing of nestlings, *Ibis*, 158, 776-783 (2016).

Information about authors:

Berdikulov B.T. – master of natural sciences, 3rd-year PhD student of KazNU, researcher at the Institute of Zoology, Auezov 179A, Almaty, Kazakhstan.

Gavrilov A.E. – candidate of biological sciences, head of the laboratory of ornithology and herpetology, Institute of Zoology, Al-Farabi 93, Almaty, Kazakhstan.

Bekbenbetov S.K. – bachelor of biological sciences, a junior researcher, Institute of Zoology, Al-Farabi 93, Almaty, Kazakhstan.

Бердіқұлов Б.Т. – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, ҚазҰУ 3 курс докторанты, Зоология институтының ғылыми қызметкері, Әуезов 179А, Алматы, Қазақстан.

Гаврилов А.Э. – биология ғылымдарының кандидаты, орнитология және герпетология лабораториясының жетекшісі, Зоология институты, Әл-Фараби 93, Алматы, Қазақстан.

Бекбенбетов С.Қ. – биология ғылымдарының бакалавры, кіші ғылыми қызметкер, Зоология институты, Әл-Фараби 93, Алматы, Қазақстан.











МРНТИ 34.23.35

DOI:<https://doi.org//10.32523/2616-7034-2024-147-2-58-68>

Научная статья

Оценка генофонда собак породы тазы с использованием микросателлитного анализа

А.В. Перфильева¹, К.Б. Беспалова^{1*}, Е.Б. Кузовлева¹, С.В. Беспалов²,
М.О. Бегманова¹, Г.М. Абылкасымова¹, А.С. Сейсенбаева¹, О.В. Вишнякова³

¹Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, Алматы, Казахстан

²Институт зоологии КН МНВО РК, Алматы, Казахстан

³ПРАОООиСОХ "КАНСОНАР", Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: kira.b.bespalova@gmail.com

Аннотация. Собаки породы тазы появились на территории Казахстана более семи тысяч лет назад и с тех пор стали национальным достоянием казахского народа. По неофициальным оценкам ПРАОООиСОХ "КАНСОНАР", в настоящее время осталось всего около 3000 собак тазы, но не более 350 высококлассных собак с родословными до четвертого поколения. Сохранение и управление такими ценными и редкими породами требует изучения их генофонда и системного контроля популяционно-генетических параметров. В Казахстане, как и во всем мире, ранее генетических исследований собак породы тазы не проводилось. Целью настоящего исследования являлось изучение параметров генетического разнообразия для популяций тазы с различных регионов Казахстана. Был проведен микросателлитный анализ 19 локусов с использованием набора Thermo Scientific Canine Genotypes Panel 1.1, который включал 19 рекомендованных Международным обществом генетики животных локусов (АНТк211, СХХ279, REN169O18, INU055, REN54P11, INRA21, АНТ137, REN169D01, АНTh260, АНТк253, INU005, INU030, Amelogenin, FH2848, АНТ121, FH2054, REN162C04 АНTh171 and REN247M23) В результате были получены генетические профили для тазы с Южного, Северного и Восточного регионов Казахстана. Достаточно высокая генетическая изменчивость и сравнительно невысокий уровень инбридинга, количественно определенный полиморфными микросателлитами у тазы Южного, и, в меньшей степени, Северного и Восточного регионов Казахстана, могут быть связаны с большой генетической изменчивостью у животных-основателей этой породы либо с метизацией породы. Полученные результаты в перспективе могут служить для разработки научно-обоснованных селекционных программ по управлению и разведению этой породы.

Ключевые слова: порода тазы, микросателлитный маркер, генетический профиль, генофонд, популяционная генетика, генетическое разнообразие, уровень инбридинга.

Введение

Одной из приоритетных задач отечественной науки является сохранение и поддержание биологического разнообразия национальных пород животных. Тазы, или казахская борзая, - одна из древнейших пород собак, официально признанная национальным достоянием Республики Казахстан и являющаяся настоящим памятником культуры и истории казахского народа. По неофициальным оценкам ПРАОООиСОХ "КАНСОНАР", в настоящее время осталось всего около 3000 собак тазы, но не более 350 высококлассных собак с родословными до четвертого поколения. Как поясняют специалисты, вымирание казахских пород борзых началось под воздействием социально-экономических факторов: после революции и голода 1930-х годов казахи перешли от кочевого к оседлому образу жизни, теряя традиции, сокращая охотничьи угодья и уменьшая масштабы овцеводства. В результате нужда в хороших собаках уменьшилась. Кроме того, местные породы стали вымирать и под воздействием биологических факторов: ввоз и разведение других пород собак, новые заразные болезни, высокая смертность молодняка, использование отравленных приманок для волков, лисиц и других животных, близкородственное разведение, особенно метизированных собак [1].

Сложившаяся в настоящее время ситуация требует принятия мер по сохранению породы тазы. Многовековая практика ведения собаководства выработала различные методы разведения, сохранения и улучшения пород, суть которых сводится к выявлению и интенсивному использованию животных с желательными признаками. Такой подход достаточно долго обеспечивал эффективность селекционного процесса. Однако становится все более очевидным, что одни лишь традиционные методы разведения не могут обеспечить ощутимого селекционного прогресса в породе. Современные подходы к сохранению и совершенствованию породы основаны на оценке генотипа животных и генетического разнообразия популяций с помощью маркерных технологий.

Одними из таких маркеров являются высокополиморфные микросателлитные локусы. Микросателлит, или Short Tandem Repeats (STR), – это участок ДНК, в котором последовательно повторяется фрагмент длиной от 2 до 9 нуклеотидов. Общая длина такого повтора составляет обычно 300–400 пар нуклеотидов. Таким образом, в основе полиморфизма микросателлитов лежит количество повторов фрагментов в участке. Из-за большого разнообразия аллелей и высокого уровня гетерозиготности STR являются удобным инструментом для исследования микроэволюционных процессов [2], генетической структуры популяций и взаимодействий между популяциями.

Использование STR-маркеров уже вошло в практику собаководства многих стран и стало обязательным элементом разведения, улучшения и сохранения пород. Характеризуя состояние подобных генетических исследований в Республике Казахстан в области собаководства в целом и для породы тазы, в частности, следует отметить, что подобные исследования в нашей стране не проводятся. Применение современных стандартизированных методик, принятых в мире для изучения отечественных пород собак, является в высшей степени необходимым. Можно предположить, что проведение генетических исследований национальных пород будет прорывным

этапом для собаководства республики, а использование генетических маркеров станет привлекательной стратегией повышения эффективности работ по сохранению и улучшению собак породы тазы.

Исходя из вышесказанного, целью данного исследования являлось изучение параметров генетического разнообразия для популяций тазы из различных регионов Казахстана с использованием STR-маркеров.

Материалы и методы

Проект получил одобрение Локальной этической комиссии РГП «Институт физиологии человека и животных» КН МОН РК (Протокол ЛЭК №3(3) от 15.09.2020).

Объектом исследования являлись собаки породы тазы. Сбор биоматериала у особей тазы на выставках или специальных мероприятиях и их кинологическая оценка проводилась с поддержкой и непосредственным участием ПРАОООиСОХ «КАНСОНАР» по г. Алматы.

Биоматериал представлял образцы периферической крови либо буккальные соскобы. Кровь бралась опытным ветеринаром из внутренней бедренной вены или передней подкожной вены предплечья или латеральной подкожной вены голени собак. Перед взятием крови на исследование проводилась обработка спиртом для обеззараживания поверхности кожи. Кровь забиралась в количестве 5 мл стерильными иглами с помощью вакуумной системы непосредственно в специальные пробирки. Забор буккального эпителия проводился с использованием стерильного ватного тампона в индивидуальной пластиковой упаковке. Пробирки с собранной кровью и буккальными соскобами были транспортированы в Институт общей генетики и цитологии с использованием переносного контейнера-холодильника в течение нескольких часов и заморожены при -80С для дальнейшего молекулярно-генетического исследования.

Сбор биоматериала сопровождался фотосъемкой особи тазы и анкетированием владельцев собак. Анкета была разработана на базе Института генетики и физиологии КН МОН РК и включала сведения о заводчике, возрасте, поле, месте рождения и проживания собаки, историю болезни, информацию об участии в выставках, полученных оценках и титулах, данные о потомстве и рабочих качествах. Анкетные данные были обработаны и внесены в электронную базу данных. Помимо анкетирования проводилось также оформление информированного согласия владельца на проведение генетического исследования его собаки.

Выделение ДНК из собранного биоматериала проводилось с использованием готового набора "QIAamp Fast DNA Tissue Kit" (Qiagen) в соответствии с прилагаемым протоколом.

Микросателлитный анализ проводился на генетическом анализаторе Applied Biosystems 310 Genetic Analyzer с использованием набора Thermo Scientific Canine Genotypes Panel 1.1, который включал 19 рекомендованных Международным обществом генетики животных (International Society of Animal Genetics, ISAG) локусов (АНТк211, СХХ279, REN169018, INU055, REN54P11, INRA21, АНТ137, REN169D01, АНTh260, АНТк253, INU005, INU030, Amelogenin, FH2848, АНТ121, FH2054, REN162C04 АНTh171 и REN247M23).

Генетическую оценку по частотам аллелей проводили с помощью программы GenAlEx 6.5[3] и Cervus [4]. Оценивали такие показатели, как коэффициент полиморфизма PIC (polymorphic information content), среднее количество аллелей в каждом локусе N_a , среднее эффективное количество аллелей в каждом локусе N_e , ожидаемая гетерозиготность H_e и наблюдаемая гетерозиготность H_o , F-статистики Райта.

Результаты

Характеристика объектов исследования. Всего был собран биоматериал у 135 особей тазы (61 кобель и 74 суки). После отбора родственных особей осталось 109 собак (51 кобель и 58 сук), представлявших Южный Казахстан (далее TSK, $n=85$), Северный Казахстан (далее TNK, $n=14$) и Восточный Казахстан (далее ТЕК, $n=10$). Средний возраст собак составил $4,20 \pm 22,70$. Все собаки были оценены как соответствующие стандарту породы.

Результаты микросателлитного анализа. Для всех отобранных для исследования 109 особей тазы были получены гаплотипы по 19 STR локусам. На основании полученных аллельных частот локусов были определены основные показатели генетической изменчивости для общей популяции, а также отдельно для субпопуляций TSK, TNK и ТЕК. Процент полиморфных локусов составил 100%, выявлено от 3 до 12 аллелей на локус. Среднее количество аллелей на локус N_a для общей популяции составило $9,33 \pm 0,36$, а среднее эффективное число аллелей - $4,83 \pm 0,41$. Значение этих показателей варьировало: субпопуляция ТЕК имела самые низкие показатели ($N_a=5,06 \pm 0,37$ и $N_e=3,35 \pm 0,32$), субпопуляция TSK - самые высокие ($N_e=9,06 \pm 0,37$ и $N_e=4,83 \pm 0,39$).

В целом во всей популяции и отдельно в субпопуляциях наблюдался высокий уровень полиморфизма. Рассчитанное среднее значение коэффициента полиморфизма PIC составило $0,74 \pm 0,09$ для общей популяции, в диапазоне от $0,61 \pm 0,14$ до $0,74 \pm 0,09$ для субпопуляций ТЕК и TSK, соответственно. Самый высокий уровень полиморфизма (более 80%) был обнаружен для локусов ANТ137, REN169D01, ANТ121, FH2054 и ANTh171. Самый низкий полиморфизм (54%) отмечен в локусе REN247M23.

В среднем в общей популяции и субпопуляции TSK ожидаемая гетерозиготность превышала наблюдаемую ($0,77$ vs $0,75$), в субпопуляциях TNK и ТЕК, напротив, наблюдаемая была выше ожидаемой ($0,77$ vs $0,74$ и $0,75$ vs $0,66$, соответственно).

Об этом также свидетельствовали значения коэффициента инбридинга F : положительные для общей популяции и для субпопуляции TSK ($0,02$ и $0,03$, соответственно) и отрицательные для TNK и ТЕК ($-0,05$ и $-0,12$, соответственно).

Для оценки степени генетической подразделённости популяций и выявления, за счёт каких факторов (случайных или неслучайных) в подразделённой популяции происходит возрастание гомозиготности (инбридинга), были измерены индексы фиксации Райта: FIS, FIT и FST. Получены отрицательные средние значения индексов FIS ($-0,05 \pm 0,02$) и FIT ($-0,01 \pm 0,02$). Среднее значение коэффициента FST составило $0,04 \pm 0,00$.

Оценка равновесия Харди – Вайнберга (HWE), показала отсутствие равновесия в субпопуляции TSK для семи локусов (REN54P11, ANТk253, INU005, FH2848, FH2054,

REN162C04 и REN247M23 на уровне $P < 0,001$, $0,001$, $0,001$, $0,01$, $0,001$, $0,05$ и $0,01$, соответственно).

Обсуждение

Анализ STR-маркеров дает ценную информацию о генетическом разнообразии различных видов и пород животных. Здесь приведены результаты исследований параметров генетического разнообразия 109 собак тазы из Южного, Северного и Восточного регионов Казахстана. Для молекулярного тестирования использовалась панель из 19 STR-локусов, рекомендованных ISAG для собак.

Полученное среднее количество аллелей на локус Na как в общей популяции (4,83), так и в субпопуляциях (3,35-4,83) указывало на достаточную изменчивость в анализируемой породе и превышало аналогичные показатели, полученные для других пород собак при исследовании тех же локусов: 3,3 для немецкой овчарки, 3,5 для мальтийской болонки, 3,2 для бивер-йоркширского терьера, 3,5 для йоркширского терьера [5].

Полученное среднее значение степени полиморфизма PIC составило 0,74, что было выше значений, полученных для польской борзой 0,555 [6] и для итальянской легавой 0,589 [7] на основе использования коммерческой панели из 21 локусов. Исследования польских татранских овчарок на основе анализа 18 STR локусов и немецких овчарок на основе анализа 15 STR также показали более низкие значения PIC (0,598 и 0,558, соответственно) [8]. О менее высоких значениях PIC сообщалось и для лабрадор-ретриверов (0,614) на основе анализа 15 микросателлитных маркеров [9], для мальтийской болонки (0,640) и йоркширского терьера (0,654) на основе анализа 21 локусов [5]. Таким образом, по сравнению со всеми этими породами, тазы имеет более высокую степень микросателлитного полиморфизма. Аналогичные высокие уровни полиморфизма в литературе встречались только для дзиндо в Южной Корее - 0,88 [10]. Также Канг и др. сообщали об индексе PIC для собак породы английская борзая на уровне 0,73 [10].

При анализе коэффициента PIC в отдельных локусах полиморфизм, превышающий 80%, был обнаружен для ANТ137, REN169D01, ANТ121, FN2054 и ANTh171. Ранее Radko A. et al. для породы польская борзая также выявили высокий полиморфизм локусов FN2054 и ANТ171 со значением PIC 0,801 и 0,815, соответственно [11].

Рассчитанная для 19 STR в общей популяции средняя наблюдаемая гетерозиготность H_o составила 0,75. Исследование, основанное на 33 STR у итальянских борзых, показало более низкие значения H_o у собак европейского происхождения и из США (0,62 и 0,61, соответственно) [12]. При исследовании 21 STR у польских борзых данный показатель был тоже ниже полученного нами (0,66). Для других чистопородных борзых также сообщалось о более низких значениях H_o [13].

При описании индексов фиксации Райта для тазы, можно отметить, что все они указывают на генетически благополучное равновесие в породе. Среднее значение FIS имело низкое отрицательное значение ($-0,05 \pm 0,02$), что предполагает отсутствие инбридинга. Избыток гетерозиготных генотипов ранее был отмечен и у других пород собак: у польской борзой (FIS = $-0,018$) [14], у татранской овчарки (FIS = $-0,005$) [8], у

лабрадор ретривера (FIS = -0,023)[9], а также леонбергера (FIS = -0,041), ньюфаундленда (FIS = -0,051), спаниеля (FIS = -0,053), добермана (FIS = -0,054), бультерьера (FIS = -0,101) и ряда других пород [15].

Полученное отрицательное значения индекса FIT (-0,01±0,02) указывает на то, что в популяциях изменения частот генов (в сторону уменьшения или увеличения гетерозиготности) обусловлены не близкородственными спариваниями, а случайными генетико-автоматическими процессами, в то время как полученное низкое значение коэффициента FST (0,04) свидетельствует о слабой дивергенции между субпопуляциями и практически равных частотах аллелей.

Таким образом, по показателям аллельного разнообразия, наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности, отмечалось высокое генетическое разнообразие собак тазы как в общей исследованной популяции, так и отдельно в Южном регионе и, в меньшей степени, в Северном и Восточном регионах Казахстана.

Достаточно высокая генетическая изменчивость и низкий уровень инбридинга, количественно определенный полиморфными микросателлитами в общей популяции тазы, может иметь два объяснения. Во-первых, он может быть связан с метизацией породы. Кроме того, возможно, что животные-основатели этой породы обладали большой генетической изменчивостью, которая могла сохраняться несмотря на генетически узкие места, с которыми столкнулась эта порода [16].

Заключение

Казахская национальная порода собак тазы представляет собой бесспорное генетическое и культурное наследие Казахстана. Генетическая структура и геном этой уникальной породы при помощи современных статистических методов и приемов генетического анализа до настоящего времени не была изучена. Целью настоящего исследования являлось изучение параметров генетического разнообразия тазы из различных регионов Казахстана с использованием данных микросателлитного анализа. С использованием панели из 19 STR локусов, рекомендованных ISAG для собак, были получены генетические профили для тазы из Южного, Северного и Восточного регионов Казахстана. Высокая генетическая изменчивость и невысокий уровень инбридинга, определенный у собак породы тазы Южного, и, в меньшей степени, Северного и Восточного регионов Казахстана, могут быть связаны с большой генетической изменчивостью у животных-основателей этой породы и/или с метизацией породы. Полученные результаты в перспективе могут служить для разработки научно-обоснованных селекционных программ по управлению и разведению этой уникальной породы.

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

Благодарности. Авторы благодарят ПРАООиСОХ "КАНСОНАР" за организацию, экспертную оценку и помощь в сборе биоматериала, Общественный фонд «Хвостатый Рай» и владельцев собак тазы.

Источник финансирования – Работа выполнена в рамках грантов BR21881977, 2023-2025 и AP09258895, 2021-2023.

Вклад авторов

А.В. Перфильева – концептуализация, администрирование проекта, биоинформатический анализ, написание текста статьи; **К.Б. Беспалова** – концептуализация, курирование данных, биоинформатический анализ, методология, администрирование проекта, критический пересмотр статьи; **Е.Б. Кузовлева** – микросателлитный анализ; **С.В. Беспалов** – сбор биоматериала; **М.О. Бегманова** – курирование данных, выделение ДНК; **Г.М. Абылкасымова** – подготовка сертификатов по данным микросателлитного анализа; **А.С. Сейсенбаева** – решение вопросов, связанных с достоверностью данных; **О.В. Вишнякова** – организация сбора биоматериала, связь с владельцами тазы.

Список литературы

1. Плахов К.Н. Современная история породы борзых собак – казахская тазы в Казахстане // Вестник РГАЗУ. – 2017. – Т. 23. № 28. – С. 25-32.
2. Bowcock A.M., Ruiz-Linares A., Tomfohrde J., Minch E., Kidd J.R., Cavalli-Sforza L. L. High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites // Nature. – 1994. – Vol. 368. № 6470. – P. 455-457.
3. Peakall R., Smouse P.E. GenALEx 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update // Bioinformatics. – 2012. – Vol. 28. № 19. – P. 2537-2539.
4. Kalinowski S.T., Taper M.L., Marshall T.C. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment // Mol. Ecol. – 2007. – Vol. 16. № 5. – P. 1099-1106.
5. Radko A., Podbielska A. Microsatellite DNA analysis of genetic diversity and parentage testing in the popular dog breeds in Poland // Genes (Basel). – 2021. – Vol. 12. № 4. – P. 485. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes12040485>.
6. Goleman M., Balicki I., Radko A., Jakubczak A., Fornal A. Genetic diversity of the Polish Hunting Dog population based on pedigree analyses and molecular studies // Livest Sci. Elsevier. – 2019. – Vol. 229. – P. 114-117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.017>.
7. Ciampolini R., Cecchi F., Bramante A. et al. Genetic variability of the Bracco Italiano dog breed based on microsatellite polymorphism // Ital. J. Anim. Sci. – 2011. – Vol. 10. – P. 267-270. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e59>.
8. Radko A., Rubiś D., Szumiec A. Analysis of microsatellite DNA polymorphism in the Tatra Shepherd Dog. // J. Appl. Anim. Res. – 2018. – Vol. 46 – P. 254-256. DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1292912>.
9. Tahir M.S., Hussain T., Babar M.E., Nadeem A., Naseer M., Ullah Z., Intizar M., Hussain S.M. A panel of microsatellite markers for genetic diversity and parentage analysis of dog breeds in Pakistan // J. Anim. Plant Sci. – 2015. – Vol. 25. №2. – P. 351-356.
10. Kang Byeong-Teck, Kim Kyung-Seok, Min Mi-Sook, Chae Young-Jin, Kang Jung-Won, Yoon Junghee, Choi Jihye, Seong Je-Kyung, Park Han-Chan, An Junghwa, Lee Mun-Han, Park Hee-Myung, Lee Han.

Microsatellite loci analysis for the genetic variability and the parentage test of five dog breeds in South Korea // *Genes Genet. Syst.* – 2009. – Vol. 84. № 3. – P. 245-251. DOI: <https://doi.org/10.1266/ggs.84.245>.

11. Radko A., Słota E. Application of 19 microsatellite DNA markers for parentage control in Borzoi dogs // *Pol. J. Vet. Sci.* – 2009. – Vol. 12. № 1. – P. 113-117.

12. Pedersen N.C., Liu H., Leonard A., Griffioen L. A search for genetic diversity among Italian Greyhounds from Continental Europe and the USA and the effect of inbreeding on susceptibility to autoimmune disease // *Canine Genet Epidemiol.* – 2015. – Vol. 2. № 17. – P. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40575-015-0030-9>.

13. Irion D.N., Schaffer A.L., Famula T.R., Eggleston M.L., Hughes S.S., Pedersen N.C. Analysis of Genetic Variation in 28 Dog Breed Populations With 100 Microsatellite Markers // *Journal of Heredity.* – 2003. – Vol. 94. № 1. – P. 81-87. DOI: <https://doi.org/10.1093/jhered/esg004>.

14. Goleman M., Balicki I., Radko A., Rozempolska-Rucińska I., Zieba G. Pedigree and Molecular Analyses in the Assessment of Genetic Variability of the Polish Greyhound // *Animals.* – 2021. – Vol. 11. № 2. – P. 353. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11020353>.

15. Leroy G. Genetic diversity, inbreeding and breeding practices in dogs: Results from pedigree analyses // *Veterinary Journal.* – 2011. – Vol. 189. № 2. – P. 177-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.06.016>.

16. Perfilieva A., Bepalova K., Bepalov S., Begmanova M., Kuzovleva Y., Vishnyakova O., Nazarenko I., Abylkassymova G., Perfilieva Y., Plakhov K., Djansugurova L., Bekmanov B. Homozygosity mapping in the Kazakh national dog breed Tazy // *Scientific Reports.* – 2023. – Vol. 13. № 1. – P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37990-5>.

А.В. Перфильева¹, К.Б. Беспалова¹, Е.Б. Кузовлева¹, С.В. Беспалов², М.О. Бегманова¹, Г.М. Абылкасымова¹, А.С. Сейсенбаева¹, О.В. Вишнякова³

¹ҚР БҒМ ҒК Генетика және физиология институты, Алматы, Қазақстан

²ҚР БҒМ ҒК Зоология институты, Алматы, Қазақстан

³«Кансонар», Алматы, Қазақстан

Микросателлиттік талдау арқылы тазы тұқымды иттердің генофондын бағалау

Аңдатпа. Тазы тұқымды иттер Қазақстан аумағында жеті мың жылдан астам бұрын пайда болып, содан бері қазақ халқының ұлттық қазынасына айналды. «ҚАНСОНАР» бейресми есебі бойынша қазіргі таңда 3000-ға жуық тазы иттері қалған, бірақ төртінші ұрпаққа дейінгі асыл тұқымды жоғары сапалы иттердің саны 350-ден аспайды. Мұндай бағалы және сирек тұқымды сақтау және басқару олардың генофондын зерттеуді және популяциялық генетикалық параметрлерін жүйелі бақылауды талап етеді. Бүкіл әлемде және Қазақстанда тазы иттеріне бұрын генетикалық зерттеулер жүргізілген жоқ. Бұл зерттеудің мақсаты Қазақстанның әртүрлі аймақтарындағы тазы популяцияларының генетикалық әртүрлілігінің параметрлерін зерттеу болды. Құрамында Халықаралық жануарлар генетикасы қоғамы ұсынған 19 локус (АНТк211, СХХ279, REN169018, INU055, REN54P11, INRA37, АНТ20 АНТк211, СХХ279, REN169018, INU055, REN54P11, INRA21, АНТ137, REN169D01, АНТh260, АНТк253, INU005, INU030, Amelogenin, FH2848,

АНТ121, FH2054, REN162C04 АНTh171 және REN247M23) құрамына кіретін Thermo Scientific Canine Genotypes Panel 1.1 пайдалану арқылы 19 локусқа микросателлиттік талдау жасалды. Нәтижесінде Қазақстанның Оңтүстік, Солтүстік және Шығыс аймақтарынан тазыдан генетикалық профильдер алынды. Полиморфты микросателлиттермен анықталған тазылардағы өте жоғары генетикалық өзгергіштік және салыстырмалы түрде төмен инбридинг деңгейі Қазақстанның Оңтүстігінде, аз дәрежеде Қазақстанның Солтүстік және Шығыс өңірлерінде байқалды. Бұл генетикалық өзгергіштік осы тұқымның негізін-қалаушы жануарлардың метизациясымен байланысты болуы мүмкін. Алынған нәтижелерді болашақта осы тұқымды басқару және өсірудің ғылыми негізделген селекциялық бағдарламаларын жасауға пайдалануға болады.

Түйін сөздер: Тазы тұқымы, микросателлиттік маркер, генетикалық профиль, генофонд, популяциялық генетика, генетикалық әртүрлілік, инбридинг деңгейі.

A.V. Perfilyeva¹, K.B. Bepalova¹, Y.B. Kuzovleva¹, S.V. Bepalov², M.O. Begmanova¹,
G.M. Abylkassymova¹, A.S. Seisenbayeva¹, O.V. Vishnyakova³

¹Institute of Genetics and Physiology, CS MES RK, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Zoology KN MES RK, Almaty, Kazakhstan

³Association "Kansonar"

Evaluation of the gene pool of the Tazy dog breed using microsatellite analysis

Abstract. Tazy dogs appeared on the territory of Kazakhstan more than seven thousand years ago, and since then have become the national treasure of the Kazakh people. According to unofficial estimates from "KANSONAR", there are currently only about 3000 Tazy dogs left, but no more than 350 high-class dogs with pedigrees up to the fourth generation. The conservation and management of such valuable and rare breeds requires the study of their gene pool and systematic control of population genetic parameters. In Kazakhstan, as well as globally, genetic studies of dogs of the Tazy breed have not been conducted previously. The aim of this study was to analyse the parameters of genetic diversity for Tazy populations from different regions of Kazakhstan. Microsatellite analysis of 19 loci was conducted using Thermo Scientific Canine Genotypes Panel 1. The first locus, АНТk211, was selected from a list of 19 loci recommended by the International Society of Animal Genetics (ISAG). These included CXX279, REN169018, INU055, REN54P11, INRA21, АНТ137, REN169D01, АНTh260, АНТk2, and others. As a result, genetic profiles were obtained for Tazys from the southern, northern and eastern regions of Kazakhstan. The sufficiently high genetic variability and relatively low level of inbreeding quantitatively determined by polymorphic microsatellites in Tazys from the southern and to a lesser extent from the northern and eastern regions of Kazakhstan could be related to a large genetic variability in the foundation animals of this breed or to the metisation of the breed. The results obtained could potentially be used for the development of scientifically based breeding programmes for the management and breeding of this breed.

Keywords: tazy breed, microsatellite markers, genetic profile, gene pool, population genetics, genetic diversity, inbreeding level.

References

1. Plakhov K. N. Sovremennaya istoriya porody borzyh sobak – kazahskaya tazy v Kazakhstane [Modern history of the breed of greyhound dogs – kazakh tazy in Kazakhstan], Vestnik RGAZU, 23(28), 25–32 (2017). [in Russian]
2. Bowcock A.M., Ruiz-Linares A., Tomfohrde J., Minch E., Kidd J. R., Cavalli-Sforza L.L. High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites, Nature, 368(6470), 455–457 (1994).
3. Peakall R., Smouse P.E. GenALEX 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update, Bioinformatics, 28(19), 2537–2539 (2012).
4. Kalinowski S.T., Taper M.L., Marshall T.C. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment, Mol. Ecol., 16(5), 1099–1106 (2007).
5. Radko A., Podbielska A. Microsatellite DNA analysis of genetic diversity and parentage testing in the popular dog breeds in Poland, Genes (Basel), 12(4), 485 (2021). DOI: <https://doi.org/10.3390/genes12040485>.
6. Goleman M., Balicki I., Radko A., Jakubczak A., Fornal A. Genetic diversity of the Polish Hunting Dog population based on pedigree analyses and molecular studies, Livest Sci. Elsevier, 229, 114–117 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.017>.
7. Ciampolini R., Cecchi F., Bramante A. et al. Genetic variability of the Bracco Italiano dog breed based on microsatellite polymorphism, Ital. J. Anim. Sci., 10, 267–270 (2011). DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e59>.
8. Radko A., Rubiś D., Szumiec A. Analysis of microsatellite DNA polymorphism in the Tatra Shepherd Dog., J. Appl. Anim. Res., 46, 254–256 (2018). DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2017.1292912>.
9. Tahir M.S., Hussain T., Babar M.E., Nadeem A., Naseer M., Ullah Z., Intizar M., Hussain S.M. A panel of microsatellite markers for genetic diversity and parentage analysis of dog breeds in Pakistan, J. Anim. Plant Sci., 25(2), 351–356 (2015).
10. Kang Byeong-Teck, Kim Kyung-Seok, Min Mi-Sook, Chae Young-Jin, Kang Jung-Won, Yoon Junghee, Choi Jihye, Seong Je-Kyung, Park Han-Chan, An Junghwa, Lee Mun-Han, Park Hee-Myung, Lee Han. Microsatellite loci analysis for the genetic variability and the parentage test of five dog breeds in South Korea, Genes Genet. Syst., 84(3), 245–251 (2009). DOI: <https://doi.org/10.1266/ggs.84.245>.
11. Radko A., Słota E. Application of 19 microsatellite DNA markers for parentage control in Borzoi dogs, Pol. J. Vet. Sci., 12(1), 113–117 (2009).
12. Pedersen N.C., Liu H., Leonard A., Griffioen L. A search for genetic diversity among Italian Greyhounds from Continental Europe and the USA and the effect of inbreeding on susceptibility to autoimmune disease, Canine Genet Epidemiol, 2(17), (2015). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40575-015-0030-9>.
13. Irion D.N., Schaffer A.L., Famula T.R., Eggleston M.L., Hughes S.S., Pedersen N.C. Analysis of Genetic Variation in 28 Dog Breed Populations With 100 Microsatellite Markers, Journal of Heredity, 94(1), 81–87 (2003). DOI: <https://doi.org/10.1093/jhered/esg004>.
14. Goleman M., Balicki I., Radko A., Rozempolska-Rucińska I., Zieba G. Pedigree and Molecular Analyses in the Assessment of Genetic Variability of the Polish Greyhound, Animals, 11(2), 353 (2021). DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11020353>.
15. Leroy G. Genetic diversity, inbreeding and breeding practices in dogs: Results from pedigree analyses, Veterinary Journal, 189(2), 177–182 (2011). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2011.06.016>.

16. Perfileyeva A., Bepalova K., Bepalov S., Begmanova M., Kuzovleva Y., Vishnyakova O., Nazarenko I., Abylkassymova G., Perfileyeva Y., Plakhov K., Djansugurova L., Bekmanov B. Homozygosity mapping in the Kazakh national dog breed Tazy, *Scientific Reports*, 13(1), (2023). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-37990-5>.

Сведения об авторах:

Перфильева А.В. – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан.

Беспалова К.Б. – магистр, научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан.

Кузовлева Е.Б. – старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан.

Беспалов С.В. – магистр, младший научный сотрудник лаборатории териологии, Институт зоологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан.

Бегманова М.О. – научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан.

Абылкасымова Г.М. – научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан.

Сейсенбаева А.С. – магистр, научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, Институт генетики и физиологии КН МНВО РК, пр. аль-Фараби, 93, Алматы, Казахстан.

Вишнякова О.В. – эксперт-кинолог, Ассоциация «Консонар», Манаса, 22Б, Алматы, Казахстан.

Perfileyeva A.V. – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan.

Bepalova K.B. – Master, Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan

Kuzovleva Y.B. – senior researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan

Bepalov S.V. – Master, Junior Researcher, Laboratory of Theriology, Institute of Zoology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan.

Begmanova M.O. – Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan

Abylkassymova G.M. – Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan

Seisenbayeva A.S. – Master, Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, Institute of Genetics and Physiology, al-Farabi Ave., 93, Almaty, Kazakhstan

Vishnyakova O.V. – expert cynologist, Association “Kansonar”, Manasa, 22B, Almaty, Kazakhstan.



МРНТИ 34.33.33

DOI:<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-147-2-69-85>

Научная статья

Остеология висцерального черепа озерного голяна *Rhynchocypris percipurus* (Leuciscidae) из Северного и Центрального Казахстана

Д.А. Тагаев*^{ORCID}, М.Б. Салкымбаева^{ORCID}

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

*Автор для корреспонденции: dat82@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена остеологии озерного голяна – аборигенного представителя ихтиофауны Казахстана. Данный вид имеет обширный ареал в северной Евразии и дискуссионную таксономическую структуру. Родовая принадлежность озерного голяна неоднократно менялась – в настоящее время его часто относят к роду *Rhynchocypris*. В пределах данного вида описано несколько подвидов, два из которых обитают в водоемах Северного и Центрального Казахстана. Современные сведения по озерному голянцу из водоемов Северного Казахстана ограничены морфометрическими данными, на основании которых он отнесен к номинативному подвиду *R. p. percipurus*. Еще одна форма, ранее описанная как подвид голяна Чекановского из Северного Казахстана, впоследствии рассматривалась в качестве подвида озерного голяна *R. p. ignatowi*, населяющего также и водоемы Центрального Казахстана. Его систематический статус остается неясным, а имеющиеся сведения по морфологии и распространению скудны.

Целью настоящего исследования было выявление характерных признаков и межпопуляционной изменчивости костей висцерального черепа озерного голяна из водоемов Северного и Центрального Казахстана. Материал исследования состоял из рыб популяций р. Кылшақты (Северный Казахстан) и р. Каркаралы (Центральный Казахстан). При помощи метода приготовления и окрашивания скелетов, были получены остеологические препараты рыб обоих популяций. В результате анализа остеологических признаков впервые подробно охарактеризованы кости висцерокrania озерного голяна из водоемов Казахстана. Выявлены характерные для данного вида особенности формы верхнечелюстной, зубной, крышечной, подъязычной и глоточной костей. Межпопуляционные различия касаются формы подъязычной кости и третьего наджаберного элемента, а также наличия или отсутствия первого глоточно-жаберного элемента. Полученные данные могут свидетельствовать о морфологической обособленности популяций Северного и Центрального Казахстана.

Ключевые слова: озерный голян, *Eupallasella*, *Rhynchocypris percipurus*, Leuciscidae, аборигенный вид, остеология, висцеральный череп.

Введение

Озерный гольян *Rhynchocypris percunurus* (Pallas, 1811) – представитель пресноводной ихтиофауны северной Евразии, ареал которого включает водоемы от бассейнов Одера и Вислы на западе до Чукотского полуострова, Сахалина, Хоккайдо и Корейского полуострова на востоке [1,2]. В Казахстане проходит южная граница ареала.

Родовая принадлежность озерного гольяна вызывала дискуссии. Этот вид рассматривался в составе рода *Phoxinus*, однако убедительные исследования показали как морфологическую, так и генетическую обособленность на уровне рода [3–6]. В результате озерный гольян был отнесен к отдельному роду – *Eupallasella* [3], а после, на основании молекулярной филогенетики, было предложено рассматривать его в роде *Rhynchocypris* [6-8]. Однако для внесения большей ясности в систематическое положение данного вида необходимо изучить филогенетические взаимоотношения между несколькими выделенными подвидами на всем ареале распространения.

Описан ряд подвидов озерного гольяна [2]. Номинативный подвид *R. p. percunurus* (Pallas, 1814) распространен на большей части территории Сибири, Польши, западной Украины и северо-западной России. Подвид *R. p. stagnalis* (Wagracowski, 1886) обитает в бассейне рек Волга, Кама и Ока. Подвид *R. p. mantschuricus* (Berg, 1907) известен из бассейна р. Амур, а также водоемов Корейского полуострова. *R. p. sachalinensis* (Berg, 1907) обитает на островах Сахалин и Хоккайдо. Еще один подвид был описан из замкнутых водоемов Северного Казахстана – гольян Игнатова *R. p. ignatowi* (Berg, 1907), – его обитание также указывается для бессточных водоемов Центрального Казахстана (р. Талды и оз. Караколь) [11,12]. Таксономический статус данной формы требует уточнения.

Согласно недавнему исследованию, охватившему большую часть ареала озерного гольяна, его популяции на основании анализа морфометрических признаков образуют три обособленные группы: волжскую (бассейн р. Волга), северную (водоемы Польши, центральной, северной, северо-восточной России и Северного Казахстана) и юго-восточную (водоемы юго-восточной России (включая Сахалин) и Хоккайдо) [2]. Волжская популяция наиболее обособлена и представляет отдельный вид – *Eupalasella stagnalis*. Популяции северной группы наиболее близки к номинальному подвиду *E. percunurus percunurus*. Юго-восточная группа также, возможно, представляет собой отдельный подвид – *E. mantschuricus* или *E. sachalinensis*.

Имеющиеся данные по озерному гольяну из водоемов Северного Казахстана касаются популяции из р. Кылшакты и основаны на методе геометрической морфометрии [2]. Также имеются некоторые сведения по пластическим и меристическим признакам подвида – гольяна Игнатова из Центрального Казахстана [11,12]. Исследования других популяций практически отсутствуют. Нами особи озерного гольяна также обнаружены в р. Каркаралы (Центральный Казахстан). Целью данного исследования было выявление характерных признаков и межпопуляционной изменчивости костей висцерального черепа озерного гольяна из водоемов Северного и Центрального Казахстана.

Материал и методы исследования

Рыбы были выловлены сетками-ловушками 05.07.2019 г. в р. Кылшакты близ г. Щучинск (Северный Казахстан), а также 18.06.2014 г. в р. Каркаралы (с. Каркаралы, Центральный Казахстан). Рыбы фиксировались в 4% растворе формальдегида. С целью получения остеологического материала 10 экземпляров озерного голяна (по 5 особей из каждой популяции) были подвергнуты растворению мягких тканей и окрашиванию скелета согласно модифицированному методу Hanken и Wasserug [9]. Рыбы выдерживались в 0,8–1 % растворе гидроксида калия. Раствор менялся каждые три-четыре дня до полного растворения мышц. Для окрашивания скелеты помещались в раствор гидроксида калия (0,3%) и красителя Alizarin Red. Окрашенные скелеты хранили в глицерине с добавлением тимола. Изолированные кости висцерокrania анализировали при помощи стереоскопического микроскопа и фотографий.

Результаты и обсуждение

Верхняя челюсть.

Предчелюстная кость (*premaxillare*) удлиненная (рис. 1), расширяется в медиальной части и сужается к слегка изогнутому заднему концу. Восходящий отросток предчелюстной кости высокий и узкий, имеет пальцеобразную форму и слегка заострен на конце. Медиальный край кости выпуклый, дорсальный край ровный, передне-вентральный край имеет выразительный угол, вентральный край слегка выпуклый, задний конец кости пальцеобразный.



Рисунок 1. Левая предчелюстная кость (*premaxillare*) озерного голяна *R. percniurus* (TL – 98 мм) из р. Кылшакты (Северный Казахстан). Стрелкой указан восходящий отросток предчелюстной кости. Масштаб: 1 мм

Челюстная кость (*maxillare*) удлиненная (рис. 2), имеет 5 отростков: передний, передний восходящий, передне-медиальный, задний и задний восходящий [10]. Форма переднего отростка индивидуально варьирует от закругленного до заостренного. Передний восходящий отросток невысокий, закругленный, имеет суставную поверхность для

preethmoideum. Передне-медиальный отросток, изогнутый и сужающийся к концу, его длина и направление изменчивы индивидуально. Удлиненный и узкий задний отросток расширен на конце, и проявляет значительную индивидуальную изменчивость. Задний восходящий отросток сужается и выгнут дорсально, имеет два края – передний и задне-дорсальный [4]. Передний край отростка вогнутый (рис. 2), задний – выпуклый.

Межпопуляционных отличий в форме предчелюстной и челюстной костей не выявлено.

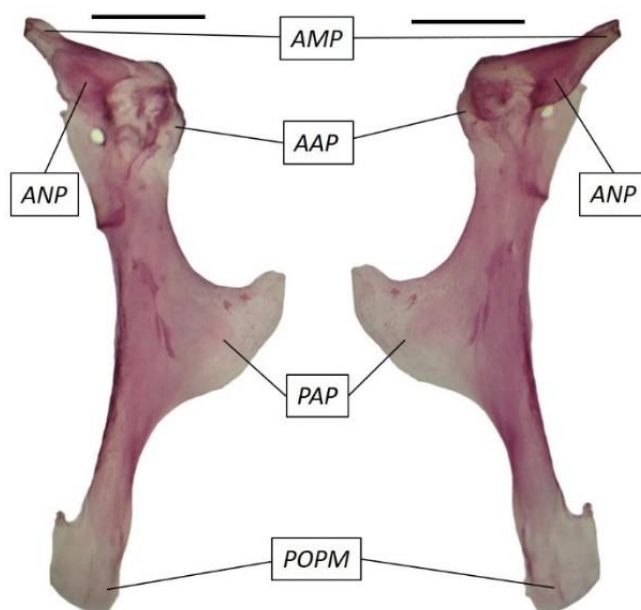


Рисунок 2. Левая челюстная кость (*maxillare*) озерного гольяна *R. percnurus* (TL – 101 мм) из р. Кылшакты (Северный Казахстан). Внешняя (слева) и внутренняя (справа) стороны.

Обозначения: ANP – передний отросток; AAP – передний восходящий отросток;

AMP – передне-медиальный отросток; PAP – задний восходящий отросток;

POP – задний отросток. Масштаб: 1 мм

Нижняя челюсть.

Зубная кость (*dentale*) умеренно удлиненная, ее передняя часть загнута вентрально, передний конец низкий, дорсальный край передней части кости выпуклый (рис. 3). Высокий и широкий короноидный отросток (*pr. coronoideum*), направлен дорсально, его дорсальный конец округлый, края неровные. Задний край зубной кости очень изменчивый, с острыми вырезками и зубчиками. Вентро-медиальный край передней части зубной кости имеет небольшую дугообразную вырезку, которая не достигает уровня короноидного отростка. Задне-вентральная часть зубной кости образует крыло с заостренным задним концом.

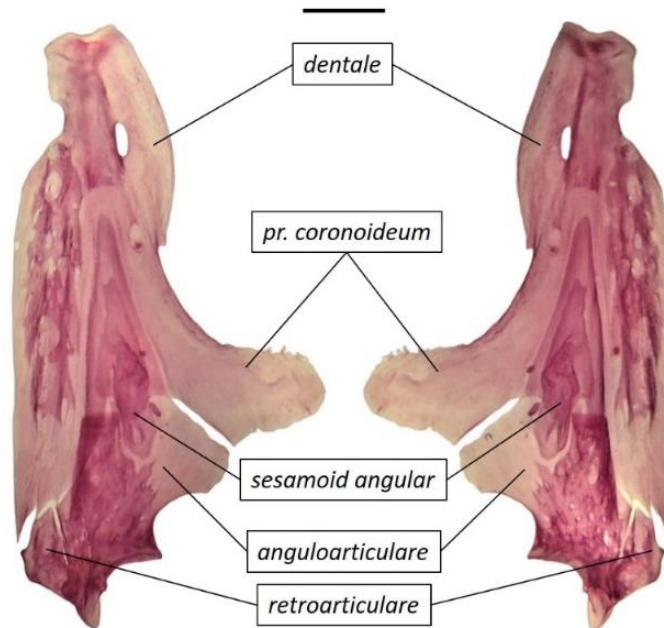


Рисунок 3. Левая нижняя челюсть озерного голяна *R. percniurus* (TL – 98 мм) из р. Кылшакты (Северный Казахстан). Внешняя (слева) и внутренняя (справа) стороны. Масштаб: 1 мм

Сочленовно-угловая кость (*anguloarticulare*) состоит из двух слитых друг с другом костей – сочленовной (*articulare*) и угловой (*angulare*). На заднем конце сочленовной кости имеется короткий тупой отросток. Угловая кость имеет форму изогнутого треугольника, ее дорсальный край высокий и округлый, вентральный край прямой, передний конец заостренный. *Retroarticulare* – небольшая косточка неправильной формы. Сесамовидная угловая кость (*sesamoid angular*) очень изменчива индивидуально, может значительно различаться формой и размерами. Меккелев хрящ (*cartilago meckeli*) имеет палочковидную форму.

Межпопуляционных различий в форме костей нижней челюсти не выявлено.

Область жаберной крышки.

Крышечная кость (*operculum*) имеет форму трапеции (рис. 4). На передне-дорсальном конце кости имеется суставной отросток, который у исследуемых особей короткий и широкий, плавно переходит в дорсальный край кости. Передний и вентральный края кости прямые или слегка выпуклые, задний край прямой или слегка вогнутый, дорсальный край слегка вогнутый. Все концы кости заостренные, за исключением округлого задне-вентрального конца. На передне-вентральном конце кости образуется острый зубчик.



Рисунок 4. Крышечные кости озерного голяна *R. percnurus* (TL – 98 мм) из р. Кылшакты (Северный Казахстан) – внешняя сторона. Обозначения: А – крышечная; В – предкрышечная; С – межкрышечная; D – подкрышечная. Стрелкой указан суставной отросток крышечной кости. Масштаб: 1 мм

Предкрышечная кость (*praeoperculum*) широкая в своей срединной части и постепенно сужающаяся к обоим своим концам (рис. 4). Передний конец кости тупой или слегка заостренный, дорсальный конец острый. В центральной области кости ее передний край ровный, задний же в области перехода между плечами может быть слегка вогнутый. Вдоль кости проходит сенсорный канал, который почти доходит до вершины ее восходящего плеча.

Межкрышечная кость (*interoperculum*) удлинённая и сужающаяся к своему переднему концу (рис. 4). Задняя часть кости выше передней и сужается дорсально, изредка образуя заострённый конец. Передний край кости заостренный. Задний край кости имеет индивидуально изменчивую форму – от выпуклой до слегка вогнутой. Дорсальный край кости слегка вогнутый, вентральный – прямой, иногда с небольшим углублением в центральной области.

Подкрышечная кость (*suboperculum*) сужающаяся в сторону своего заднего конца (рис. 4), передне-вентральный край кости формирует мелкий отросток различной степени выраженности, соединяющийся с межкрышечной костью. Форма переднего края кости варьирует от прямой до вогнутой. Дорсальный и вентральный края кости гладкие.

Межпопуляционных отличий в форме костей жаберной крышки не выявлено.

Подвесок (suspensorium).

Нёбная кость (*palatinum*) палочковидная, от ее медиальной части отходят два сплюснутых тупых отростка: нижний, контактирующий с латеральной стороной сошника и прээтмоида, и верхний, граничащий с мезетмоидом (рис. 5). В передней части нёбной кости имеется короткий тупой отросток, направленный в сторону челюстной кости. От срединной дорсальной части нёбной кости отходит бугорок, соединенный связкой с передним отростком *entopterygoideum*.

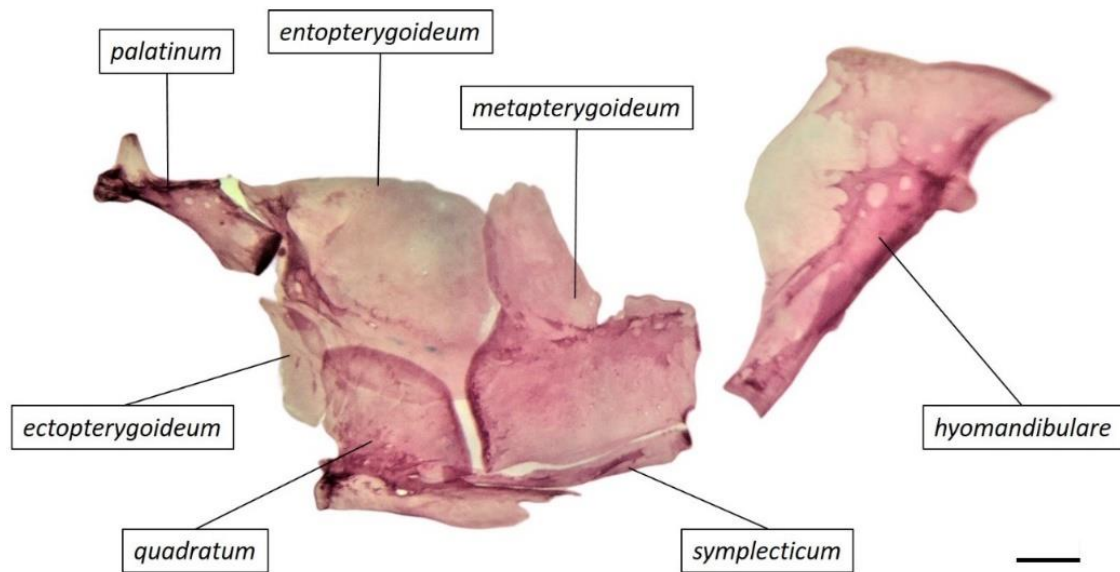


Рисунок 5. Кости подвеска (*suspensorium*) озерного голяна *R. percniurus* из р. Кылшакты (Северный Казахстан) (TL – 98 мм) – вид сбоку. Масштаб: 1 мм

Внутренняя крыловидная кость (*entopterygoideum*) высокая, ее дорсальный и вентральный края округлые, задний край слегка вогнутый (рис. 5). Наружная крыловидная кость (*ectopterygoideum*) овальной формы. Задняя крыловидная кость (*metapterygoideum*) высокая, передне-вентральный край кости выпуклый, вентральный край имеет изменчивые индивидуально очертания, задний край прямой (рис. 5). Базальный отросток (*pr. metapterygoideus basalis*) высокий, иногда слегка сужающийся дорсально. Передний край отростка выпуклый, задний край прямой. Латеральный отросток (*pr. metapterygoideus lateralis*) низкий, его форма изменчива индивидуально.

Квадратная кость (*quadratum*) высокая и короткая (рис. 5). Между передним краем кости и передне-вентральным концом с мышелком формируется небольшая вырезка. Задне-дорсальный край кости дугообразный. Задний отросток квадратной кости (*pr. posteriosis quadratum*) достигает половины длины *symplecticum*. Форма заднего отростка изменчива индивидуально. *Symplecticum* изогнутое, своим дорсальным краем продолжает изменчивые очертания вентрального края *metapterygoideum* и лишь фрагментарно его перекрывает (рис. 5).

Подъязычно-челюстная кость, или гиомандибула (*hyomandibulare*), широкая, ее заднее крыло слабо развито, иногда почти отсутствует (рис. 5). Переднее крыло гиомандибулы выпуклое, зачастую образует срединный угол, степень его выраженности варьирует индивидуально. Дорсальный край кости слегка вогнутый, или почти прямой.

Межпопуляционных различий в форме костей подвеска не выявлено.

Подъязычная (гиоидная) область.

Заднеподъязычная кость, или урогиалия (*urohyale*), удлиненная, вентральная пластинка расширяется каудально, образуя округлые края, и сужается на заднем

конце (рис. 6). Дорсальная пластинка наиболее высокая в своей задней части, сужается дорсально, её задне-дорсальный край заходит за задний край вентральной пластинки. В целом края обеих пластинок значительно изменчивы индивидуально. Шейка заднеподъязычной кости короткая и узкая, вырезка вилки глубокая, приблизительно равна, либо немного превышает длину шейки. Межпопуляционных различий в форме заднеподъязычной кости не выявлено.

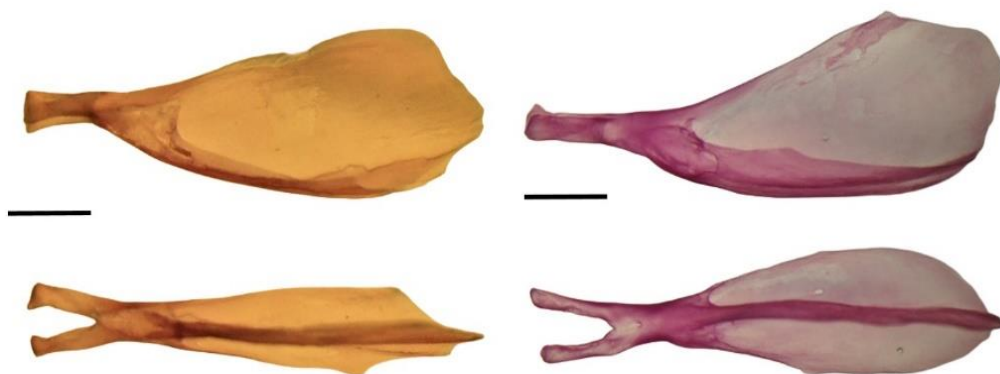


Рисунок 6. Заднеподъязычная кость (*urohyale*) озерного гольяна *R. percnurus*. Слева: р. Каркаралы (Центральный Казахстан) (TL – 94 мм). Справа: р. Кылшакты (Северный Казахстан) (TL – 98 мм). Вид сбоку (вверху) и со спинной стороны (внизу)

Подъязычная кость, или базигиалия (*basihyale*), у изучаемых рыб проявляет межпопуляционную изменчивость (рис. 7). У рыб из популяции р. Каркаралы (Центральный Казахстан) подъязычная кость значительно расширена на переднем конце и сужается каудально, на переднем крае кости формируется вогнутость, задний край слегка расширен, латеральные края гладкие. У гольянов популяции р. Кылшакты (Северный Казахстан) кость палочковидная, в передней части не расширена и без вогнутости, задний край расширен, на латеральных краях кости формируются выпуклости и бугорки.



Рисунок 7. Подъязычная кость (*basihyale*) озерного гольяна *R. percnurus*. Вид со спинной стороны. Слева: р. Каркаралы (Центральный Казахстан) (TL – 68 мм). Справа: р. Кылшакты (Северный Казахстан) (TL – 101 мм)

Нижнегиодная кость, или гипогалия (*hypohyale*), представлена двумя парными костями – дорсальной и вентральной. Дорсальная и вентральная гипогалии прямоугольные, с неглубокой выемкой на их вентральной и дорсальной сторонах соответственно (рис. 8). Между обоими костями формируется гиодное отверстие.

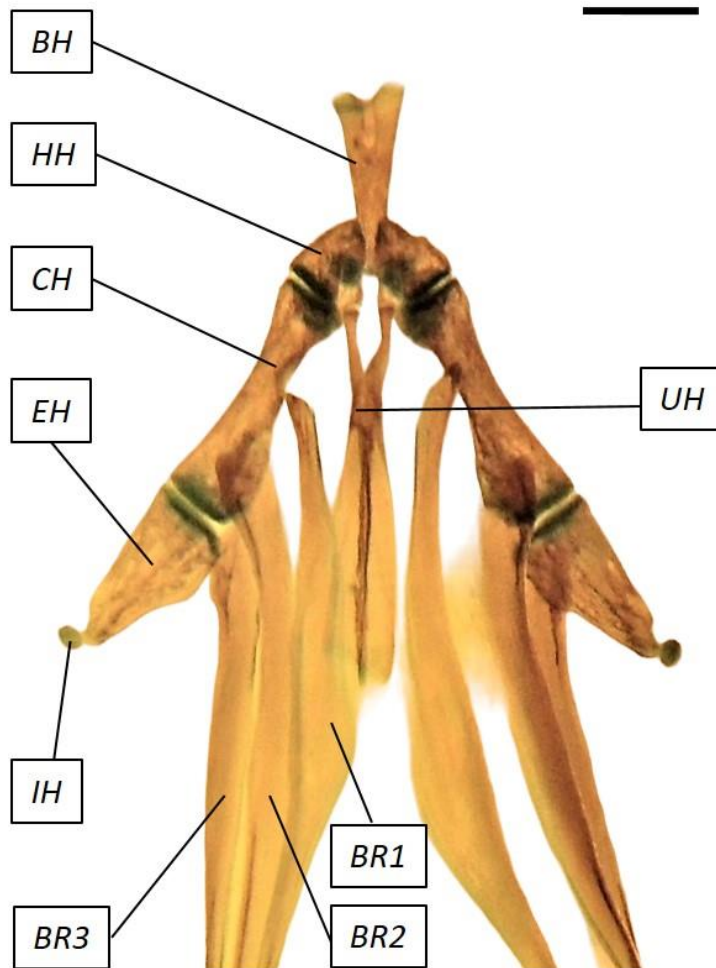


Рисунок 8. Вид с брюшной стороны на гиодную область озерного голяна *R. percipurus* из р. Каркаралы (Центральный Казахстан) (TL – 68 мм). Обозначения костей:

ВН – подъязычная (*basihyale*), **НН** – нижнегиодная кость (*hypohyale*),
СН – рожковидно-гиодная (*ceratohyale*), **ЕН** – верхнегиодная (*epihyale*),
ИН – межгиодная (*interhyale*), **УН** – заднеподъязычная кость (*urohyale*),
BR1, BR2, BR3 – лучи жаберной перепонки (*radii branchiostegi*)

Рожковидно-гиодная кость, или цератогиалия (*ceratohyale*, или переднее *ceratohyale*), у изучаемых рыб удлиненная, сужается в передней части и расширяется на переднем и заднем концах (рис. 8). Задняя часть кости заметно шире передней. На дорсальной и вентральной сторонах передней части кости образуются углубления.

Верхнегиоидная кость, или эпигиалия (*epihyale*, или задняя *ceratohyale*), удлинённая, треугольной формы, ее задний конец тупой (рис. 8). Края кости изменчивы индивидуально.

Межгиоидная кость, или интергиалия (*interhyale*), короткая, имеет форму вытянутого треугольника.

Лучи жаберной перепонки (*radii branchiostegi*). Первый жаберный луч соединяется с передней частью цератогиалии, его концы заостренные, на передне-дорсальном конце иногда формируется мелкий узкий отросток. Второй жаберный луч прикрепляется к задней части цератогиалии, его передний конец немного расширен, тупой, задний конец заостренный. Третий жаберный луч прикрепляется к передней части эпигиалии, его передний конец тупой, задний заостренный.

Межпопуляционных различий в форме гипогиалии, цератогиалии, эпигиалии, интергиалии и лучей жаберной перепонки не выявлено.

Жаберная область.

Глоточно-жаберные элементы, или фарингобранхиалии (*pharyngobranchiale*), у карповых рыб расположены в дорсальной медиальной части жаберных дуг и соединяются с вентральной стороной парасфеноида. Они представляют собой четыре парных элемента, условно пронумерованные от 1-го до 4-х (от передней к задней стороне). 2-я и 3-я фарингобранхиалии у карповых рыб срослись, в то время как 4-я фарингобранхиалия присутствует лишь у некоторых видов в виде хряща.

У исследуемых рыб популяции Каркаралы не обнаружено 1-й фарингобранхиалии (рис. 9). У особей из популяции Кылшакты переднелатеральный край 1-й фарингобранхиалии соединен вентрально с 1-й эпибранхиалией, заднелатеральный край граничит со 2-й эпибранхиалией, задний край заходит на переднюю часть 2+3-й фарингобранхиалии. Длина 1-й фарингобранхиалии больше её ширины, медиальный край слегка вогнутый, остальные края округлые (рис. 9).

Сросшиеся 2-я и 3-я фарингобранхиалии соединяются спереди с 1-й фарингобранхиалией, латерально – со 2-й эпибранхиалией, задне-латеральный край граничит с 3-й эпибранхиалией. Объединённая кость крупнее, чем 1-я фарингобранхиалия, имеет форму полумесяца, слегка продолговатая, с вырезкой на медиальном крае. У особей из популяции Кылшакты 2+3-я фарингобранхиалия более удлинённая и с большей глубиной вырезки на медиальном крае кости.

4-я фарингобранхиалия соединяется спереди со 2+3-й фарингобранхиалией, латерально – с 4-й эпибранхиалией. Данный не костный элемент присутствует у изучаемых особей в виде едва различимой тонкой пластинки изменчивой формы.

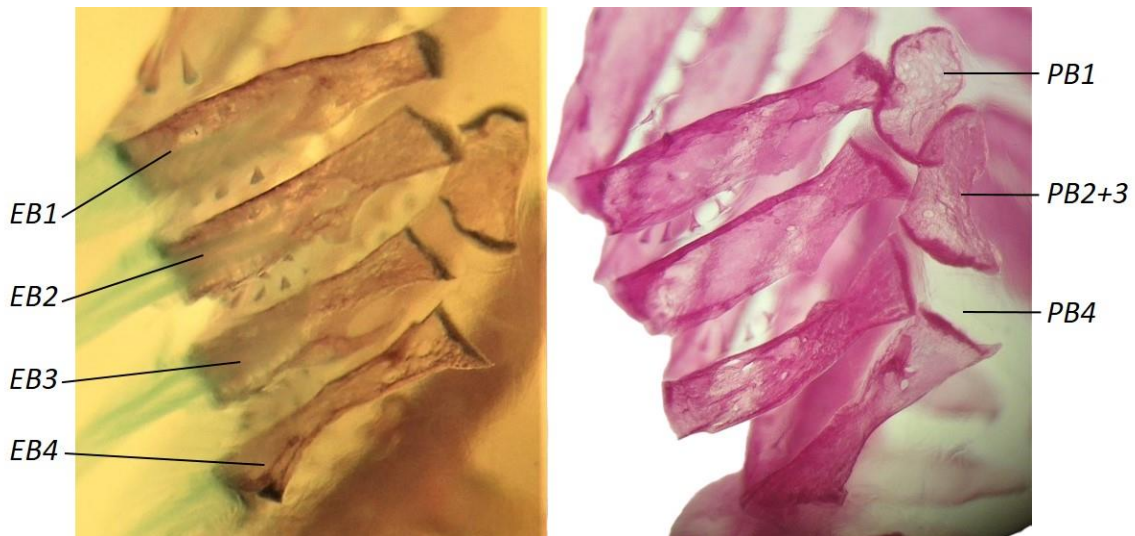


Рисунок 9. Фарингобранхиалии (*pharyngobranchiale*) и эпибранхиалии (*epibranchiale*) озерного голяна *R. perspurus* из р. Каркаралы (Центральный Казахстан) (слева, TL – 94 мм) и р. Кылшакты (Северный Казахстан) (TL – 98 мм). Вид со спинной стороны. Обозначения: EB1, EB2, EB3, EB4 – 1–4-я эпибранхиалии; PB1, PB2+3, PB4 – 1–4-я фарингобранхиалии

Верхнежаберные элементы, или эпибранхиалии (*epibranchiale*).

Дорсальная часть 1-й эпибранхиалии более узкая, чем вентральная, задний край дорсальной части с неглубокой выемкой. На переднем крае дорсальной части 2-й эпибранхиалии формируется неглубокая выемка, границу между дорсальной и вентральной частями кости обозначает небольшой отросток на её заднем крае. Межпопуляционных различий в форме 1-й и 2-й эпибранхиалий не выявлено.

Дорсальная часть 3-й эпибранхиалии более узкая, чем вентральная, её задне-дорсальный край со значительной выемкой. От границы между дорсальной и вентральной частями кости отходит заостренный задний отросток, направленный дорсально, таким образом, дорсальная часть кости вилкообразная. У особей из популяции Каркаралы данный отросток узкий и длинный, в то время как у рыб из популяции Кылшакты он более широкий и короткий (рис. 9).

4-я эпибранхиалия наиболее узкая из остальных верхне-жаберных костей, её центральная часть значительно сужена, дорсальный и вентральный концы расширены, дорсальный конец шире заднего. Границу между дорсальной и вентральной частями кости обозначает короткий тупой отросток на её заднем крае. От передней поверхности дорсальной части кости отходит длинный, узкий, заостренный отросток, направленный дорсально. Межпопуляционных различий в форме 4-й эпибранхиалии не выявлено.

Рожковидно-жаберные элементы, или цератобранхиалии (*ceratobranchiale*). Первые 4 элемента продолговатые, палочковидные, по обеим сторонам (дорсальной и вентральной) расположены хрящи. Вентральные концы костей слегка изогнуты, первые три кости слегка сужены в вентральной части (рис. 10).

Глоточная кость, или цератобранхиалия (*ceratobranchiale 5*). У исследуемых голянов дорсальный конец кости заостренный, зачастую слегка загнут вверх. Угол между верхним и латеральным сегментами, как правило, не выражен, но у некоторых особей здесь может образовываться лёгкий переход. Между латеральным сегментом и вентральной частью кости формируется выемка различной степени выраженности. Вентральный конец кости заостренный, загнутый латерально. Глоточные зубы размещены в два ряда – большой, с более широкими и длинными зубами, и малый – с узкими и короткими. В большом ряду левой кости обычно 5 зубов, в малом – 1–2 зуба; в большом ряду правой кости обычно 4 зуба, в малом – 1–2 зуба. Глоточные зубы сужаются к своему заостренному концу, где загнуты дорсально. Верхние два зуба большого ряда более длинные и узкие, чем остальные. Межпопуляционных различий в форме рожковидно-жаберных элементов и глоточной кости не выявлено.

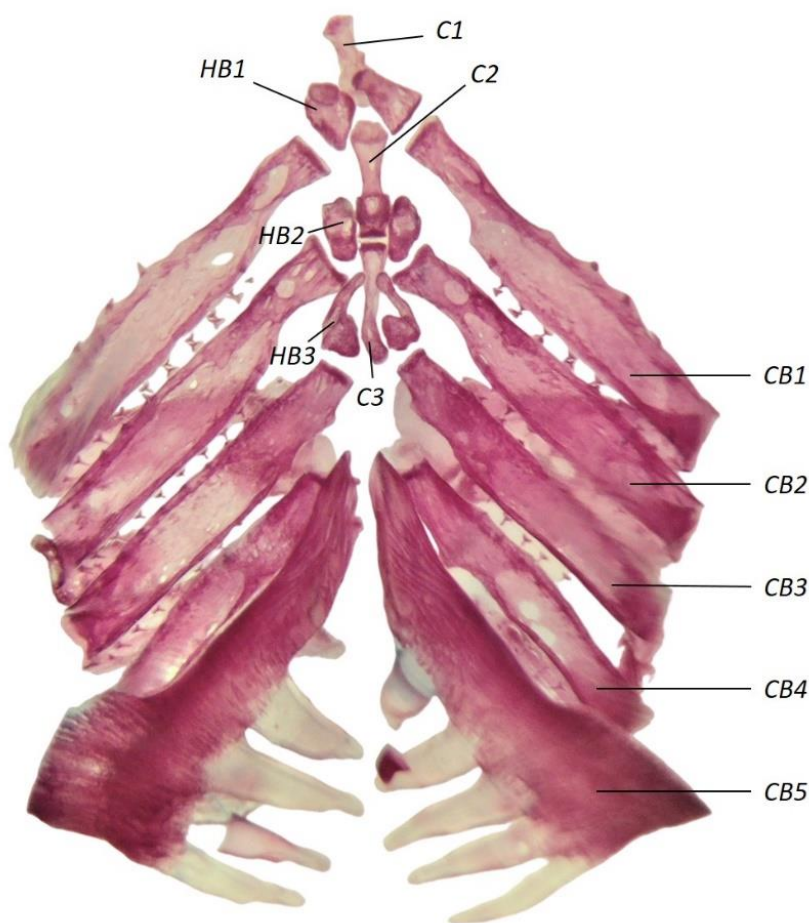


Рисунок 10. Кости жаберной области озерного голяна *R. persnurus* из р. Кылшакты (Северный Казахстан) (TL – 98 мм). Вид с брюшной стороны.

Обозначения: C1, C2, C3 – 1–3-я копулы; CB1, CB2, CB3, CB4, CB5 – 1–5-я цератобранхиалии; HB1, HB2, HB3 – 1–3-я гипобранхиалии

Поджаберные элементы, или гипобранхиалии (*hypobranchiale*). 1-я гипобранхиалия – мелкая, короткая, изогнутая косточка, ее дорсальный конец расширен, передняя поверхность впалая. 2-я гипобранхиалия – наиболее мелкая прямоугольная косточка с изменчивыми краями. 3-я гипобранхиалия – тонкая, мелкая и изогнутая косточка, более длинная, чем остальные гипобранхиалии, её дорсальная часть широкая, вентральная – узкая. Межпопуляционных различий в форме поджаберных элементов не выявлено.

Копулы, или базибранхиалии (*basibranchiale*). 1-я копула слегка сужена в передней части. 2-я копула сужена в центральной части. 3-я копула длиннее, чем 2-я копула. Межпопуляционных различий в форме копул не выявлено.

Полученные нами данные о форме костей согласуются с имеющимися остеологическими сведениями по озерному гольяну [3,4] и в то же время предоставляют более обширное и детальное описание висцерального черепа. Выявленные особенности строения костей подтверждают обособленность озерного гольяна от представителей рода *Phoxinus*, к которому озерного гольяна ранее относили. В частности, это касается таких остеологических признаков озерного гольяна, как узкий задний восходящий отросток челюстной кости, короткая зубная кость, широкий суставной отросток крышечной кости, низкая дорсальная пластинка урогиалии, более массивная глоточная кость.

Большинство исследуемых признаков сходно у гольянов из Северного и Центрального Казахстана и свидетельствуют о принадлежности обеих популяций к озерному гольяну *R. percniurus*. Выявленные отличия касаются формы базигиалии и 3-й эпибранхиалии, а также отсутствия 1-й фарингобранхиалии у рыб из р. Каркаралы. Данные особенности могут указывать на обособленность популяций озерного гольяна Северного Казахстана от популяций Центрального Казахстана. Популяция из Северного Казахстана по морфометрическим признакам близка к номинативному подвиду *R. percniurus percniurus* [2]. Предыдущие сведения по гольянам Центрального Казахстана касаются подвида гольяна Игнатова из р. Талды, впадающей в озеро Карасор [11], а также из озера Караколь [12]. Статус данной формы остается неясным и требует верификации.

Заключение

В результате настоящего исследования представлено подробное описание костей висцерального черепа озерного гольяна из популяций р. Кылшакты (Северный Казахстан) и р. Каркаралы (Центральный Казахстан). Выявлены такие характерные для озерного гольяна особенности, как узкий задний восходящий отросток верхнечелюстной кости, короткая зубная кость, широкий суставной отросток и округлый задне-вентральный конец крышечной кости, низкая дорсальная пластинка подъязычной кости, более массивная глоточная кость. В отличие от гольянов из р. Кылшакты, у гольянов из р. Каркаралы подъязычная кость расширена в своей передней части, отросток между дорсальной и вентральной частями 3-й эпибранхиалии узкий и длинный, не выявлено 1-й фарингобранхиалии. Данные признаки могут указывать на морфологическую обособленность популяций озерного гольяна Северного и Центрального Казахстана.

Популяции голянов из водоемов Центрального Казахстана требуют уточнения систематического статуса.

Вклад авторов

Тагаев Д.А. – идея и структура исследования, выполнение экспериментальной части исследования, написание и редактирование текста статьи; **Салкымбаева М.Б.** – выполнение экспериментальной части исследования, написание текста.

Список литературы

1. Kuznierz J., Paško Ł., Tagayev D. On the variation and distribution of the lake minnow, *Eupallasella percnurus* (Pall.) // Archives of Polish Fisheries. – 2011. – № 19(3). – P. 161-166. DOI: 10.2478/v10086-011-0020-9.
2. Kuznierz J., Paško Ł., Maślak R., Pietras-Lebioda A., Borczyk B., Tagayev D., Sergiel A., Wolnicki J. Broad-scale morphometric diversity in the lake minnow *Eupallasella percnurus* (Cyprinidae: Pisces) // Ann. Zool. Fennici. – 2017. – № 54. – P. 357-371.
3. Howes G. A revised synonymy of the minnow genus *Phoxinus* Rafinesque, 1820 (Teleostei: Cyprinidae) with comments on its relationships and distribution // Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology). – 1985. – № 48. – P. 57-74.
4. Gąsowska M. Osteological revision of the genus *Phoxinus* Raf., sensu Bănărescu 1964, with description of a new genus, *Parchrosomus* gen.n. (Pisces, Cyprinidae) // Annales Zoologici. – 1979. – № 34(12). – P. 371-413.
5. Ito Y., Sakai S.V., Jeon S.-R. Genetic differentiation of the northern Far East cyprinids, *Phoxinus* and *Rhynchocypris* // Fisheries Science. – 2002. – №68. – P. 75-78.
6. Sakai H., Ito Y., Shedko S., Safronov S., Frolov S., Chereshev I., Jeon S.-R., Goto. A. Phylogenetic and taxonomic relationships of northern Far Eastern *Phoxinus* Minnows, *Phoxinus* and *Rhynchocypris* (Pisces, Cyprinidae), as Inferred from Allozyme and Mitochondrial 16S rRNA Sequence Analyses // Zoological Science. – 2006. – №23. – P. 323-331.
7. Kottelat M. & Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes. – Kottelat, Cornol & Freyhof, Berlin, 2007. – 659 p.
8. Bogutskaya N., Naseka A., Shedko S., Vasil'eva E., Chereshev A. The fishes of the Amur River: updated check-list and zoogeography // Ichthyological Exploration of Freshwaters. – 2008. – №19 (4). – P. 301-366.
9. Hanken J., Wasserug R. J. The visible skeleton. Functional Photograph. – 1981. – Vol. 16. – P. 22-26.
10. Chen X. Morphology, phylogeny, biogeography and systematics of *Phoxinus* (Pisces: Cyprinidae). – Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, 1996.
11. Митрофанов В.П. 1987. Род *Phoxinus* Agassiz, 1835 – голяян // Рыбы Казахстана. Т. 2 / Под ред. Митрофанова В.П., Дукравец Г.М., Сидоровой А.Ф. и др. – Алма-Ата: Наука, 1987. – С.123-145.
12. Крайнюк В.Н. Морфологическая характеристика, происхождение и элементы экологии голяна Игнатова *Phoxinus percnurus ignatowi* Berg (Osteichthyes; Cyprinidae) // Вестник Карагандинского ун-та. Сер. естеств. наук. – 1997. – № 1. – С. 98-105.

Д.А. Тағаев, М.Б. Салқымбаева

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

Солтүстік және Орталық Қазақстанның көл гольянының *Rhynchocypris percunurus* (Leuciscidae) висцеральді бас сүйегінің остеологиясы

Аңдатпа. Мақала Қазақстанның ихтиофаунасының жергілікті өкілі – көл гольянының остеологиясына арналған. Бұл түр Еуразияның солтүстігінде кең ареалда таралған және таксономиялық құрылымы даулы. Көл гольянының туыстық тармағы бірнеше рет өзгерген – қазіргі уақытта оны жиі *Rhynchocypris* туысына жатқызады. Бұл түрдің ішінде бірнеше түрше сипатталған, олардың екеуі Солтүстік және Орталық Қазақстанның су айдындарында мекендейді. Солтүстік Қазақстанның су қоймаларындағы көл гольяндары туралы қазіргі уақыттағы ақпарат морфометриялық деректермен шектеледі, олардың негізінде ол номинативті *R. p. percunurus* түршесіне жатқызылған. Бұрынырақ Солтүстік Қазақстанның Чекановский гольянының түр тармағы ретінде сипатталған тағы бір формасы кейіннен Орталық Қазақстанның су айдындарында да мекендейтін *R. p. ignatowi* көл гольянының түршесі ретінде қарастырылды. Оның систематикалық жүйесі анық емес болып қалып отыр, ал морфологиясы мен таралуы туралы бар ақпарат аз.

Бұл зерттеу жұмысының мақсаты Солтүстік және Орталық Қазақстанның су қоймаларынан алынған көл гольянының висцеральды бас сүйегінің сипатты белгілері мен популяцияаралық өзгергіштігін анықтау болды. Зерттеу нысаны Қылшақты (Солтүстік Қазақстан) және Қарқаралы (Орталық Қазақстан) өзендері популяциясының балықтарынан құралды. Қаңқаларды дайындау және бояу әдісін қолдана отырып, екі популяциядан балықтардың остеологиялық препараттары алынды. Остеологиялық белгілерді талдау нәтижесінде Қазақстан су айдындарынан алынған көл гольянының висцеральдық сүйектері алғаш рет егжей-тегжейлі сипатталды. Жоғарғы жақсүйек, тіс, желбезек қақпағы, тіласты және жұтқыншақтық сүйектерінің бұл түрге тән пішін ерекшеліктері анықталды. Популяция аралық айырмашылықтар тіласты сүйек пен үшінші желбезекасты элементтің пішініне, сондай-ақ жұтқыншақ-желбезек элементінің болуы немесе болмауына қатысты. Алынған мәліметтер Солтүстік және Орталық Қазақстан популяцияларының морфологиялық өзгешеленгендігін көрсетуі мүмкін.

Түйін сөздер: көл гольяны, *Eupallasella*, *Rhynchocypris percunurus*, *Leuciscidae*, жергілікті түр, остеология, висцеральды бассүйек.

D.A. Tagayev, M.B. Salkymbayeva

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

Osteology of the viscerocranium of the lake minnow *Rhynchocypris percunurus* (Leuciscidae) from Northern and Central Kazakhstan

Abstract. The article is devoted to the osteology of the lake minnow – an indigenous representative of the ichthyofauna of Kazakhstan. This species has a wide range in northern Eurasia and a debatable

taxonomic structure. The generic status of the lake minnow has changed several times - currently it is often assigned to the genus *Rhynchocypris*. Within this species, several subspecies have been described, two of which live in the water bodies of Northern and Central Kazakhstan. Modern information on the lake minnow from the Northern Kazakhstan is limited to morphometric data, on the basis of which it is assigned to the nominative subspecies *R. p. percunurus*. Another form, previously described as a subspecies of *R. czekanowskii* from Northern Kazakhstan, was subsequently considered as a subspecies of the lake minnow *R. p. ignatowi*, which also inhabits the water bodies of Central Kazakhstan. Its systematic status remains unclear, and available data on morphology and distribution are scarce.

The purpose of this study was to identify the characteristic features and interpopulation variability of the visceral skull bones of the lake minnow from the water bodies of Northern and Central Kazakhstan. The research material consisted of fish from populations of the Kyzylsai River (Northern Kazakhstan) and the Karkaraly River (Central Kazakhstan). Using the method of preparing and staining skeletons, osteological preparations of fish from both populations were obtained. As a result of the analysis of osteological characteristics, the bones of the viscerocranium of the lake minnow from the water bodies of Kazakhstan were characterized in detail for the first time. Characteristic features of the shape of the maxillary, dentary, opercular, basihyal and pharyngeal bones were revealed. Interpopulation differences concern the shape of the basihyal and the third epibranchial, as well as the presence or absence of the first pharyngobranchial. The data obtained may indicate the morphological distinctiveness of the populations of Northern and Central Kazakhstan.

Keywords: lake minnow, *Eupallasella*, *Rhynchocypris percunurus*, Leuciscidae, native species, osteology, viscerocranium.

References

1. Kuznierz J., Paško Ł., Tagayev D. On the variation and distribution of the lake minnow, *Eupallasella percunurus* (Pall.), Archives of Polish Fisheries, 19(3), 161-166 (2011). DOI: 10.2478/v10086-011-0020-9.
2. Kuznierz J., Paško Ł., Maślak R., Pietras-Lebioda A., Borczyk B., Tagayev D., Sergiel A., Wolnicki J. Broad-scale morphometric diversity in the lake minnow *Eupallasella percunurus* (Cyprinidae: Pisces), Ann. Zool. Fennici, 54, 357-371 (2017).
3. Howes G. A revised synonymy of the minnow genus *Phoxinus* Rafinesque, 1820 (Teleostei: Cyprinidae) with comments on its relationships and distribution, Bulletin of the British Museum of Natural History (Zoology), 48, 57-74 (1985).
4. Gąsowska M. Osteological revision of the genus *Phoxinus* Raf., sensu Bănărescu 1964, with description of a new genus, *Parchrosomus* gen.n. (Pisces, Cyprinidae), Annales Zoologici, 34(12), 371-413 (1979).
5. Ito Y., Sakai S.V., Jeon S.-R. Genetic differentiation of the northern Far East cyprinids, *Phoxinus* and *Rhynchocypris*, Fisheries Science, 68, 75-78 (2002).
6. Sakai H., Ito Y., Shedko S., Safronov S., Frolov S., Chereshev I., Jeon S.-R., Goto. A. Phylogenetic and taxonomic relationships of northern Far Eastern *Phoxinus* Minnows, *Phoxinus* and *Rhynchocypris* (Pisces, Cyprinidae), as Inferred from Allozyme and Mitochondrial 16S rRNA Sequence Analyses, Zoological Science, 23, 323-331 (2006).
7. Kottelat M. & Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes (Kottelat, Cornol & Freyhof, Berlin, 2007, 659 pp.).

8. Bogutskaya N., Naseka A., Shedko S., Vasil'eva E., Chereshev A. The fishes of the Amur River: updated check-list and zoogeography, Ichthyological Exploration of Freshwaters, 19(4), 301-366 (2008).
9. Hanken J., Wasserug R. J. The visible skeleton, Functional Photograph, 16, 22-26 (1981).
10. Chen X. Morphology, phylogeny, biogeography and systematics of Phoxinus (Pisces: Cyprinidae) (Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, 1996, 227 pp.).
11. Mitrofanov V.P. Rod Phoxinus Agassiz, 1835 – gol'yan [Genus Phoxinus Agassiz, 1835 – phoxinin minnow]. In: Ryby Kazahstana [Fishes of Kazakhstan], (Alma-Ata: Nauka, 1987, 123-145 pp.). [in Russian]
12. Krajnyuk V.N. Morfologicheskaya harakteristika, proiskhozhdenie i elementy ekologii gol'yana Ignatova Phoxinus percniurus ignatowi Berg (Osteichthyes; Cyprinidae) [Morphological characteristics, origin and elements of ecology of the Ignatov minnow Phoxinus percniurus ignatowi Berg (Osteichthyes; Cyprinidae)], Vestnik Karagandinskogo un-ta. Ser. estestv. nauk. [Bulletin of the Karaganda university, Series of Natural Sciences], 1, 98-105 (1997). [in Russian]

Сведения об авторах:

Тагаев Д.А. – автор для корреспонденции, Ph.D., и.о. доцента, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Салкымбаева М.Б. – магистр, старший преподаватель, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сатпаева, 2, Астана, Казахстан.

Tagayev D. – corresponding author, Ph.D., Acting Associated Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.

Salkymbayeva M. – master, senior lecturer, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev str. 2, Astana, Kazakhstan.



ХҒТАР 34.27.17
Ғылыми мақала

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-147-2-86-101>

Іле Алатауындағы Сиверс алма ағашының жабайы популяцияларын зақымдайтын зиянкестер

Г.Б. Танабекова^{1,2} , Р.В. Яценко^{1*} 

^{1*}Зоология Институты ҚР ҒЖБМ, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*Байланыс үшін автор: roman.jashenko@zool.kz

Аңдатпа. Мақала Сиверс алма ағашының жабайы популяциясын сақтау мәселелеріне арналған, себебі Сиверс алма ағашы құнды генофонд болып табылады, сондықтан оны қазір және болашақ селекцияда, ормандарды толықтыру және орман шаруашылығын жүргізу мақсатында зерттеу және сақтау кезек күттірмейтін мәселе. Орталық Азиядағы Сиверс алма ағаштарының жабайы популяцияларының ең қуатты массивтері қазіргі уақытта Қазақстанда сақталған, олар бүкіл әлемде алманың мәдени сорттарын қолдау үшін генетикалық материалдың табиғи көзі ретінде үлкен маңызға ие. Соңғы 20 жылда Сиверс алма ағашының жабайы популяциясының өмір сүруіне негізгі қауіптердің бірі табиғи популяцияларға үлкен зиян келтіретін жәндік зиянкестер болып отыр. Осыған байланысты мақаланың мақсаты – осы зиянкестердің дамуына әсер ететін факторларды нақтылау, фенологиялық және экологиялық сипаттамаларын анықтау, Сиверс алма ағаштарының осы зиянкестерімен күресу шараларын дер кезінде қолдану үшін басым зиянкестердің ең осал кезеңін анықтау. Бұл мақалада үш басым зиянкестердің фенологиясы қарастырылады, атап айтқанда, алма ақкіс күйе көбелегі, раушан жапырақ ширатқыш көбелегі, долана жапырақ ширатқыш көбелегі. Ересек сатысы бойынша түрлерді анықтау және фенологиялық дамуды бақылау үшін дернәсіл сатыларын өсіру әдісі қолданылды. Дернәсіл сатыларының морфологиялық ерекшеліктерін және олардың даму мерзімдерін зерттеу үшін осы түрлердің әр дернәсіл жасы бақылауда болды. Басым зиянкестердің даму барысы қарастырылды, сонымен бірге осы зиянкестердің дамуының фенологиялық күнтізбесі дайындалды. Зерттеу барысында аталмыш зиянкестердің даму ерекшеліктерін зерттеу нәтижелері келтірілді. Мақалада Іле Алатауы жағдайында Сиверс алма ағашының дефолиатор жәндіктерінің пайда болу және таралу дәрежесі зерттелген.

Түйін сөздер: Сиверс ағашы, алма ақкіс күйе көбелегі, раушан жапырақ ширатқыш көбелегі, долана жапырақ ширатқыш көбелегі, зиянкес жәндіктер, Іле Алатауы.

Кіріспе

Биоәртүрлілікті сақтау және ұтымды пайдалану тұрақты дамудың маңызды шарттарының бірі болып табылады. Зерттеудің өзектілігі соңғы онжылдықтарда мемлекеттік және шаруашылық қажеттіліктер үшін жерді алып қою, жабайы популяциялардың генетикалық және қоршаған ортаны ластау, сондай-ақ осы түрдің мекендеу ортасының айтарлықтай қысқаруымен байланысты.

Сиверс алма ағашы олигоцен дәуірінен бері белгілі реликті түр және ортаазиялық таулы типті таралу. Түрдің ерекше құндылығы оның бірегей ұрық плазмасын сақтаушысы және көптеген мәдени алма сорттарының арғы атасы болып табылады [1, 2, 3].

Сиверс алма ағашының табиғи плантацияларының әлемдік өсімдіктер қауымдастығында теңдесі жоқ. Қазіргі уақытта олар алма мәдениетін сақтау мен дамытудың әлемдегі бірден-бір табиғи генетикалық негізі ретінде жаһандық маңызы бар деп танылды [4].

Жәндіктер мен микроорганизмдер орман биоценозының ажырамас құрамдас бөлігі болып табылатыны және белгілі бір жағдайларда бүкіл өсімдіктер қауымдастығына, оның биоәртүрлілігіне орасан зор зиян келтіретіні белгілі [5].

Осыған байланысты алма ормандарында зиянды организмдердің жаппай дамуына жол бермеу мақсатында орман шаруашылығын және қорғау шараларын ұйымдастырумен қатар олардың санының динамикасын бақылау жүйесінен тұратын ғылыми негізделген биологиялық мониторингті жүйелі түрде жүргізу қажет. Белгілі бір фенологиялық кезеңдегі аумақтағы фитосанитарлық жағдай туралы ақпарат беретін зиянды организмдер мен олардың табиғи жаулары болып табылады.

Сондай-ақ Іле Алатауындағы алма ағаштарының өсу жағдайларының түрлерін және тік аймақтардағы зиянды организмдердің басым түрлерінің таралуы мен зияндылығын зерттеу қажет.

Әдістер және материалдар

Іле Алатауы мемлекеттік ұлттық табиғи саябағының аумағындағы Іле Алатауының солтүстік баурайында Сиверс алма ағашының бірнеше популяциясына зерттеулер жүргізілді. Барлық зерттелген жабайы табиғи популяциялар теңіз деңгейінен 900-1500 м биіктікте орналасқан, бірақ оңтүстік экспозицияның беткейлерінде кейде 1500-1700 м-ге дейін көтеріледі [6]. Бұл ретте солтүстік экспозициялардың 1300-1600 м биіктіктегі беткейлерінде Сиверс жабайы алма ағашының өсуі үшін оңтайлы жағдайлар орын алған [7]. Зиянды организмдердің таралу дәрежесін анықтау маршруттық тексеру және бақылау учаскелерінде энтомологиялық тормен ағаштарды шабу арқылы жүзеге асырылды. Зиянкестерді есепке алу кезінде энтомологияда жалпы қабылданған әдістер қолданылды. Сонымен, жапырақ құрттары (долана және раушан жапырағы) жапырақтың зақымдану дәрежесін ескере отырып, 10 модельді ағашқа шаққанда: 1 – әлсіз, 2 – орташа, 3 – зақымдану дәрежесі ауыр.

Зиянкестерді есепке алу кезінде энтомологияда жалпы қабылданған әдістер қолданылды. Сонымен, зақымдану дәрежесін ескере отырып, раушан және долана жапырақ ширатқыш көбелектердің жапырақты зақымдауы 10 модельді ағашқа шаққанда: 1 – әлсіз, 2 – орташа, 3 – ауыр зақымдану.

Жапырақтың алма аққис күйе көбелегімен зақымдалуы 10 үлгілі ағашта бес балдық жүйе бойынша анықталды: 0 – зақымданбаған, 1 – жалғыз бұтақтарда зақымдалған жапырақтар, 2 – 10-25% зақымдалған ағаштардағы жапырақтар, 3 – 50-75%-ға ағаштардағы жапырақтар зақымдалған, 4 – ағаштардағы жапырақтар толығымен зақымдалған. *Yponomeuta malinella Zell.* – алма аққис күйе көбелегі, раушан жапырақ ширатқыш көбелегі *Archips rosana L.* және долана жапырақ ширатқыш көбелегі *Cacoecia crataegana Hb.* зерттеу объектілері болып табылады. Ең алдымен, алма ағашының жапырақтары зерттелді: әртүрлі жастағы құрттары, қуыршақтары және ересектері [8]. Түрлерді анықтау үшін ғылыми әдебиеттерде кеңінен ұсынылған әртүрлі негізгі кестелер пайдаланылды. Жиналған барлық жәндіктер бинокулярдүр жан-жақты зерттеліп, суретке түсірілді.

Осы үш басым зиянкестердің фенологиялық ерекшеліктері 2018-2019 жылдар аралығында ҚР БҒМ ҒК Зоология институтының зертханасында егістікте де, жасанды өсіру арқылы да барлық даму кезеңіндегі торларда зерттелді. Далалық бақылаулар мен жинау кезінде жиналған көбелектер мен дернәсілдерді сыйымдылығы 0,5 литрлік шыны банкаларға немесе шыны пробиркаларға салынды, дернәсілдермен бірге Сиверс алма ағашының жапырақтары да жинақталды.

Бұл жасанды торлар реттік нөмірлермен белгіленді, сәйкес нөмірдің астына жинау орны мен уақыты туралы мәліметтер, өсімдік туралы мәліметтер, оның зақымдану сипаты және басқа да мәліметтер журналға енгізілді. Кейіннен балқыту және күтім жасау үшін дернәсілдер бөлек пробиркаларға ауыстырылды [9].

Зертханалық жағдайда бұралған жапырақтары бар пробиркалар дәкемен жабылып, таңбаланған. Дернәсілдер қатаң бақылау жағдайында және қалыпты дамуы үшін қажетті ылғалдың дәрежесін үнемі ұстап тұру жағдайында пробиркаларда қоректендіріліп өсірілді [10].

Іле Алатауының 1345-1714 м биіктіктегі жабайы жеміс ормандарында үш басым зиянкес жәндік түрлерінің көптігі мен фенологиялық сипаттамаларының динамикасын зерттеу үшін мониторинг алаңдары (1-кесте) белгіленді.

Кесте 1

Бақылау алаңдарының географиялық координаттары

№	Географиялық орны	Ендігі	Бойлығы	Биіктігі (m)
1	Ақсай филиалы, Ақсай орманшылығы	E-76°47'58''	N-43°7'23''	H-1345m
2	Талғар филиалы, Талғар орман- шылығы	E-77°21'16''	N-43° 16'5''	H-1538m

3	Түрген филиалы, Есік орманшылығы	Е-77°29'05''	Н-43°15'11''	Н-1714м
4	Медеу филиалы, Кіші Алматы	Е - 077°01'31"	Н-43°09'59"	Н-1553 м
5	Ақсай филиалы, Ойжайлау орман- шылығы	Е - 76°50'30"	Н-43°07'26"	Н-1453 м
6	Түрген филиалы, "Кузнецов шатқалы" генетикалық резерваты	Е - 77°40'21"	Н-43°22'05"	Н-1595 м

Зерттеу нәтижелері

Бүгінгі таңда Іле және Жоңғар Алатауының таулы жабайы жеміс ормандарында Сиверс алма ағашының жабайы популяциясының зиянкестерінің 130-дан астам түрі және басқа да жеміс түрлері тіркелген [11]. Зиянкестердің ең қауіпті түрі – кенелер мен жәндіктер, олардың ішінде *Lepidoptera* түрлері маңызды рөл атқарады (57 тұқымдастың 69 түрі), олардың үлесі 52%-дан астам. Олардың ішінде жабайы алма популяциясына айтарлықтай зиян келтіретін 3 басым түр анықталды (2-кесте).

Кесте 2

Жаппай мөлшерде көбейіп эпифитотия беретін және экономикалық зиян келтіретін басым түрлер

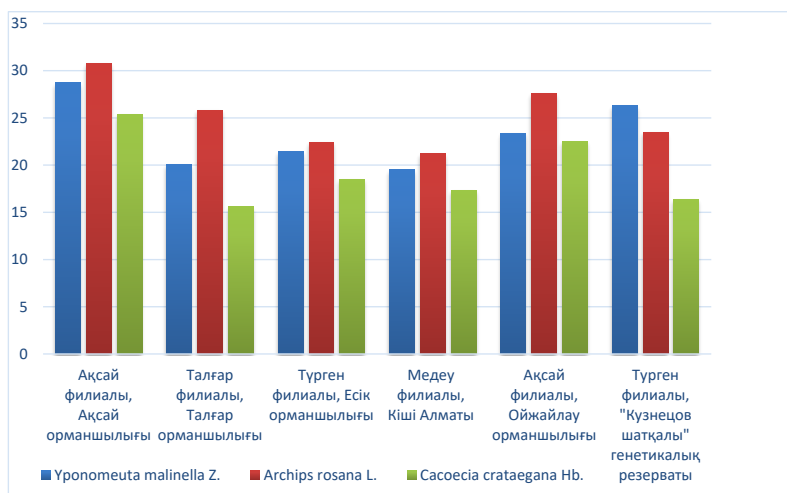
№	Басым зиянкес түрлер	Зиянкес жәндіктердің зақымдау деңгейі					
		Кузнецов орман-шылығы	Талғар орман-шылығы	Кіші Алматы орман-шылығы	Ақсай орман-шылығы	Есік орман-шылығы	Ойжайлау орман-шылығы
1	<i>Archips rosana</i>	++	+++	+++	+++	+++	+++
2	<i>Yponomeuta malinella</i>	+++	++	++	+++	++	+++
3	<i>Cacoecia crataegana</i>	++	++	+++	+++	+++	+++

Сиверс алма ағашының бес негізгі популяциясының зиянкестермен зақымдану дәрежесіне жүргізілген зерттеу нәтижелері бойынша *A. rosana* L. раушан жапырақ ширатқыш көбелектің популяциялық деңгейі жоғары екені және мониторинг жүргізілетін барлық учаскелерде көптігі анықталды. Тек Кузнецов шатқалының генетикалық резерватында бұл жапырақ ширатқыш көбелек орташа кездеседі.

Сонымен қатар, *C. crataegana* Нв. долана жапырақ ширатқыш көбелек Кузнецов және Талғар шатқалдарында орташа пайда болуы мен отарлану дәрежесіне ие, бірақ басқа бақылау учаскелерінде оның көптігі және колонизациясының күшті дәрежесі бар.

Кузнецов шатқалының генетикалық резервіндегі раушан және долана жапырақ ширатқыш көбелектер бірқалыпты таралған, дегенмен бұл бақылау орнында, сондай-ақ Ақсай және Ойжайлау шатқалдарында алма ақкіс күйе көбелегі көп таралған.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде Іле Алатауында алма ақкіс күйе көбелегі (*Y. malinellus* Zell.) раушан жапырақ ширатқыш көбелегі (*A. rosana* L.) мен долана жапырақ ширатқыш көбелектеріне (*C. crataegana* Hb.) қарағанда азырақ екені анықталды (2-сурет).



Сурет 1. Іле Алатауының мониторинг учаскелеріндегі алма ақкіс күйе көбелегі (*Y. malinellus* Zell.) раушан жапырақ ширатқыш көбелегі (*A. rosana* L.) мен долана жапырақ ширатқыш көбелектерінің (*C. crataegana* Hb.) Сиверс алма ағашының жапырақ тақтасының зақымдалуын салыстыру

Ақсай популяциясындағы және Кузнецов шатқалындағы Сиверс алма ағашы басқа бақылау учаскелерінде өсетін алма ағаштарымен салыстырғанда алма ақкіс күйе көбелегімен көбірек зардап шегеді. Сиверс алма ағашының жапырақ тақталарына зақым келтіретін раушан жапырақ ширатқыш көбелек Ақсай және Ойжайлау популяцияларында да басым екені анықталды, дегенмен Сиверс алма ағашының Кіші Алматы популяциясында оның саны айтарлықтай аз. Ақсай популяциясында долана жапырақ ширатқыш көбелек көп, бірақ оның саны Талғар орманшылығында және Кузнецов шатқалында айтарлықтай аз.

Зерттеу барысында Сиверс алма ағашының жапырақ тақтасын зақымдайтын осы үш негізгі басым түрдің басқа бақылаудағы алма популяцияларымен салыстырғанда Ақсай алмасының популяциясында ең көп таралғандығы анықталды.

Сонымен қатар, Сиверс алма ағашының басым зиянкес жәндіктермен төмен зақымдалуы Кіші Алматы орманшылығында байқалды. Іле Алатауының мониторинг учаскелеріндегі 3 басым зиянкес түрлерінің (*Y. Malinellus* Zell., *A. Rosana* L., *C. Crataegana* Hb.) жапырақ тақтасы мен ағаштарды зақымдауы туралы мәліметтер 3-кестеде келтірілген.

Жапырақ тақтасының зақымдану пайызы және басым зиянкестермен ағаштардың зақымдану пайызы

Координаттар	Зақымдалу аймағы	Зиянкес жәндіктердің түрлері	Зақымдану аумағы (%)	
			Жапырақ тақтасы	Ағаштар
E-76°47'58'' N-43°7'23''	Ақсай филиалы, Ақсай орман-шылығы	Алма ақкіс күйе көбелек <i>Yponomeuta malinella</i> Zell.	28,7	23,4
		Раушан жапырақ ширатқыш көбелек <i>Archips rosana</i> L.	30,8	28,2
		Долана жапырақ ширатқыш көбелек <i>Cacoecia crataegana</i> Hb.	25,4	21,6
E-77°21'16'' N-43°16'5''	Талғар филиалы, Талғар орман-шылығы	Алма ақкіс күйе көбелек <i>Yponomeuta malinella</i> Zell.	20,1	19,5
		Раушан жапырақ ширатқыш көбелек <i>Archips rosana</i> L.	25,8	22
		Долана жапырақ ширатқыш көбелек <i>Cacoecia crataegana</i> Hb.	15,6	15
E-77°29'05'' N-43°15'11''	Түрген филиалы, Есік орман-шылығы	Алма ақкіс күйе көбелек <i>Yponomeuta malinella</i> Zell.	21,4	20,7
		Раушан жапырақ ширатқыш көбелек <i>Archips rosana</i> L.	22,4	20,8
		Долана жапырақ ширатқыш көбелек <i>Cacoecia crataegana</i> Hb.	18,5	16,3
E-077°01'31" N-43°09'59"	Медеу филиалы, Кіші Алматы	Алма ақкіс күйе көбелек <i>Yponomeuta malinella</i> Zell.	19,5	17
		Раушан жапырақ ширатқыш көбелек <i>Archips rosana</i> L.	21,2	20,3
		Долана жапырақ ширатқыш көбелек <i>Cacoecia crataegana</i> Hb.	17,3	15,1
E-76°50'30" N-43°07'26"	Ақсай филиалы, Ойжайлау орман-шылығы	Алма ақкіс күйе көбелек <i>Yponomeuta malinella</i> Zell.	23,4	20,3
		Раушан жапырақ ширатқыш көбелек <i>Archips rosana</i> L.	27,6	22,2
		Долана жапырақ ширатқыш көбелек <i>Cacoecia crataegana</i> Hb.	22,5	20,8

E-77°40'21" N-43°22'05"	Түрген филиалы, "Кузнецов шатқалы" генетикалық резерваты	Алма ақкіс күйе көбелек <i>Yponomeuta malinella</i> Zell.	26,3	24
		Раушан жапырақ ширатқыш көбелек <i>Archips rosana</i> L.	23,5	22
		Долана жапырақ ширатқыш көбелек <i>Cacoecia crataegana</i> Hb.	16,4	16,7

Сиверс алма ағашының жапырағының зақымдану дәрежесі бақыланатын орындарда алма ақкіс күйе көбелегі (*Yponomeuta malinella* Zell.) 19,5-28,7%, раушан жапырақ ширатқыш көбелегі (*Archips rosana* L.) 30,8-ден 21,2%, долана жапырақ ширатқыш көбелегі (*Cacoecia crataegana* Hb.) бойынша зақымдану дәрежесі 25,4-тен 15,6%-ға дейін бақыланып отыр.

Алма ақкіс күйе көбелегінің (*Yponomeuta malinella* Zell.) ағаштарды зақымдау дәрежесі 17-ден 24%-ға дейін; раушан жапырақ ширатқыш көбелегі (*Archips rosana* L.) 28,2-ден 20,3%-ға дейін, долана жапырақ ширатқыш көбелегі (*Cacoecia crataegana* Hb.) 21,6-дан 15%-ға дейін жетеді.

Алма ақкіс күйе көбелегінің фенологиясы (*Yponomeuta malinella* Zell.)



Сурет 2. Зертханалық жағдайда алынған алма ақкіс күйе көбелегінің (*Yponomeuta malinella* Zell.) даму кезеңдері (а - дернәсіл, б - қуыршақ, в - ересектер) (Сурет: Гүлжанат Танабекова)

Алма ақкіс күйе көбелектің бірінші жастағы қыстап шыққан дернәсілдері орташа тәуліктік температура +13 °С жоғары болғаннан кейін сәуір айының ортасында пайда болады.

Қуыршақтану кезеңі дернәсілдердің дамуына байланысты 11-15 маусым мен 1-5 шілде аралығында сәйкес келеді, қуыршақтар 8-ден 15 күнге дейін (кейде 20-ға дейін)

дамиды. Имаго кезеңі 1-5 шілдеде басталады, көбелектер 20-30 күн және шілденің басынан тамызға дейін белсенді өмір сүреді, бұл кезде қосымша қоректі қажет етпейді. Көбелектер ымырт кезінде белсенді, ал күндіз жапырақ тақталарының астына тығылады. Жұптану қуыршақтан шыққаннан кейін 2 аптадан кейін жүреді, ал тағы 5-6 күннен кейін көбелектер жұмыртқа сала бастайды.

Эмбриональды даму 21-25 шілде мен 6-10 тамыз аралығында байқалды. Алма ақкіс күйе көбелегі орта есеппен бір айға жуық, аталығы жиырма күн өмір сүреді [12]. Жұмыртқадан құрт 8-15 күнде шығып, ылғалға төзімді қалқандарда қыстайды.

Раушан жапырақ ширатқыш көбелектің фенологиясы (*Archips rosana* L.)



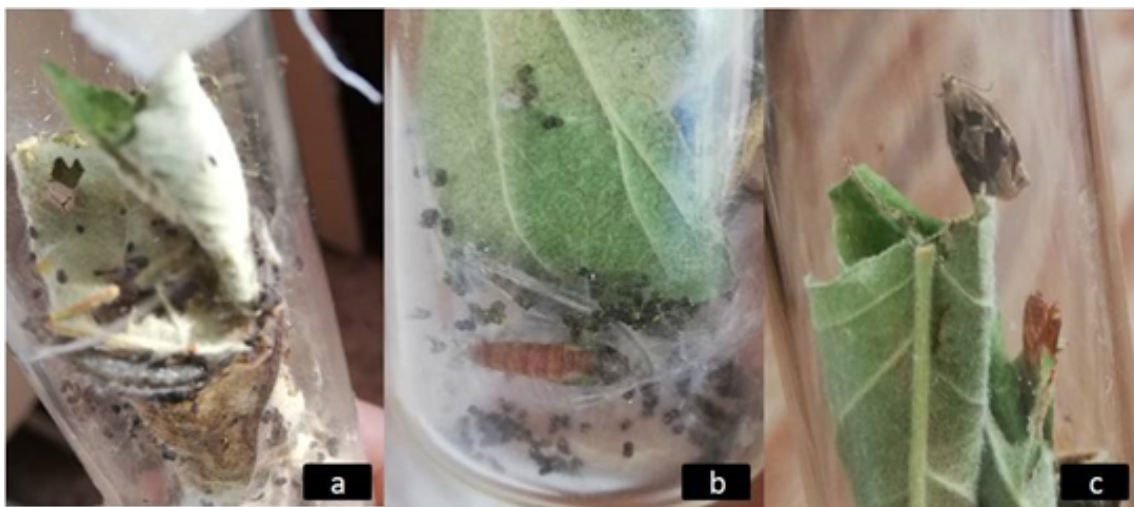
Сурет 3. Зертханалық жағдайда алынған раушан жапырақ ширатқыш көбелектің (*Archips rosana* L.) даму кезеңдері (a – дернәсілдер, b – қуыршақтар, c – ересектер) (Сурет авторы: Гульжанат Танабекова)

Раушан жапырақ ширатқыш көбелектің алма ағашының діңінің төменгі бөлігіндегі тегіс қабығына және үлкен бұтақтардың айырларына жатып, жұмыртқа фазасында қыстайды [13]. Дернәсілдердің пайда болуы орташа тәуліктік температура 12-14 °C басталған кезде болады. Іле Алатауы жағдайында бұл сәуірдің басы мен ортасына сәйкес келеді. Диапаузадан дернәсілдердің шығуы бұтақтардың ісінуі кезінде басталады. 1-2 кезеңдегі дернәсілдер жас ісінетін бүршіктер мен өркендермен қоректенеді, ал 2-3 кезеңдегі дернәсілдер бүршіктерге еніп, пышақшалар мен аталықтарды зақымдайды.

Раушан жапырақ ширатқыш көбелектің дамуының ең ұзақ кезеңі дернәсілдер кезеңі болып табылады, себебі бұл кезең 5 даму сатысынан тұрады.

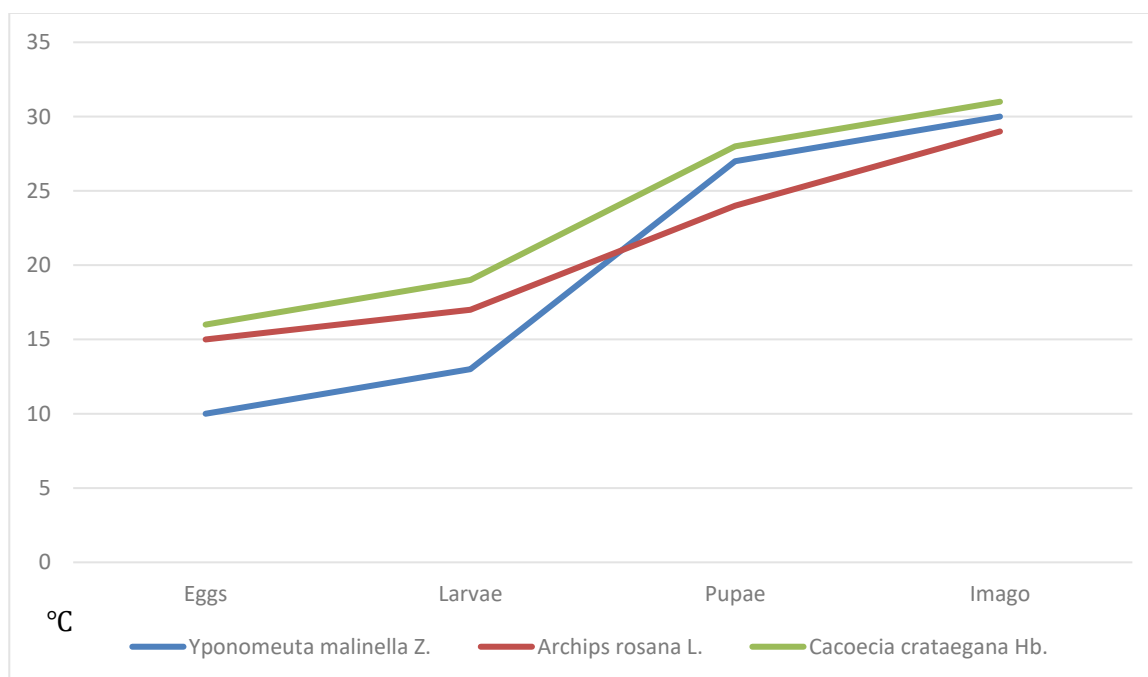
21-25 мамырдан бастап қуыршақ кезеңі басталады, ол шамамен 10-14 күнге созылады, содан кейін 26-30 мамырдан 1-5 тамызға дейін ересек кезеңге өтеді. Тамыз айының басында ересек көбелектердің санының азаюы байқалады, эмбриональды даму басталады. Аталмыш зиянкестермен күресудің ең осал кезеңі - сәуір-мамыр айларында дернәсілдердің алғашқы пайда болу кезеңі. Біздің бақылауларымыз бойынша жауын-шашыннан кейін зиянкестердің негізгі өршуі байқалады.

Долана жапырақ ширатқыш көбелектің фенологиясы (*Cacoecia crataegana* Hb.)



Сурет 4. Долана жапырақ ширатқыш көбелектің (*Cacoecia crataegana* Hb.) даму кезеңдері, зертханалық жағдайда алынған (a – дернәсілдер, b – қуыршақтар, c – ересек)
(Сурет авторы: Гульжанат Танабекова)

Долана жапырақ ширатқыш көбелектер жұмыртқа сатысында қыстайды, оның дамуы 21-25 сәуірден басталады. Дернәсілдер мамырдың бірінші онкүндігінде орташа тәуліктік ауа температурасы 15-17°C-тан жоғары болғанда шыға бастайды, бұл алма ағаштарының бүршіктену фазасына сәйкес келеді. Жаңадан пайда болған дернәсілдер ағаш тіндеріне жайылып, 1-3 жасында бүршіктер мен гүлдерді зақымдайды немесе жапырақтардың оралған шеттерінің астында өмір сүреді. 4 жасында жапырақтарды негізгі бойымен бүктейді және шеттерін жібекпен бекітеді. Соңғы жастағы дернәсілдер көп жағдайда ағаш тіндерінің сыртқы бөлігінің жоғарғы және төменгі бөліктерінде шоғырланады [14]. Дернәсілдердің белсенділігі мамырдың бірінші онкүндігінен маусымның соңына дейін жалғасады. Дернәсілдердің көбеюі негізінен алма ағаштарының бүршіктену фазасына сәйкес келеді [15]. Қуыршақтану 6-10 маусымнан бастап пайда болады. Көбелектер маусымның ортасынан тамыздың ортасына дейін ұшады, шілденің ортасында максималды ұшу уақыты түнде болады. Көбелектер жыныстық жетіліп, 2-4 күннен кейін жаз бойы созылатын жұмыртқа салуды бастайды. Температураның жәндіктердің дамуына әсері бойынша тәжірибелердің нәтижелері график түрінде ұсынылған (Сурет 5). Графикте маусым мен шілденің ортасында 15-20 °C температурада ересектердің жаппай ұшуы айқын көрінеді.



Сурет 5. Алма аққис күйе көбелегінің, раушан жапырақ ширатқыш көбелегінің және долана жапырақ ширатқыш көбелегінің дамуына (°C) температураның 2018-2019 жылдары әсері

Раушан жапырақ ширатқыш көбелектің (Archips rosana L.) дамуына температураның әсері

Дернәсілдердің қысқы ұйқыдан шығуы орташа тәуліктік температура +17°C-қа жеткенде басталады. Қуыршақ кезеңі орташа температура +21°C-та 10-14 күнге созылады. Жаппай қуыршақтану мамырдың үшінші онкүндігінде орташа тәуліктік температура 20-25°C-та болады. Ересектердің көбеюі мамырдың аяғынан тамыздың басына дейін, көбелектердің жаппай жазғы маусымның 2 жартысында, орташа тәуліктік температурада +28°C. Ересектердің өмір сүру ұзақтығы 8-ден 30 күнге дейін болады [16, 17]. Тамыз айының басында ересектер біртіндеп азаяды. Жұмыртқа салудың басталуы үшінші онкүндікте (26 маусым 2019 ж.) орташа тәуліктік температура +30°C-та жүреді.

Долана жапырақ ширатқыш көбелектің (Cacoecia crataegana Hb.) дамуына температураның әсері

Дернәсілдердің жаппай шығуы сәуір айының үшінші онкүндігінде орташа тәуліктік температура 15-17°C басталған кезде байқалды. Жаппай қуыршақтану маусымның бірінші онкүндігінен аяғына дейін жүреді. 18-28°C орташа тәуліктік температурада қуыршақтың дамуы 10-нан 16 күнге дейін созылады. Жаппай қуыршақтану маусымның бірінші онкүндігінен аяғына дейін жүреді. Бірінші буын көбелектерінің алғашқы пайда болуы маусымның ортасында (16-20) 28-30 °C орташа тәуліктік температурада байқалды. Эмбриональды дамудың ұзақтығы қоршаған ортаның температурасына

тікелей байланысты. Ересектердің жаппай ұшуы бір аптадан кейін орташа тәуліктік температура 32 °С болғанда байқалады.

Алма аққис күйе көбелегінің (*Yponomeuta malinella* Zell.) дамуына температураның әсері

2018-2019 жылдар аралығында жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде қысқы кезеңнің тоқтайтынын және орташа тәуліктік температура 13°C-та орташа таулы жағдайда I жастағы дернәсілдердің шығуы басталатыны анықталды. Шамамен 37-45 күннен кейін олар орташа тәуліктік температура 29°C-та қуыршақтану кезеңіне өтеді. Жаппай қуыршақтану шілденің бірінші онкүндігінде орташа тәуліктік температура 31°C-та болады. Алғашқы ересек көбелектер шілденің бірінші онкүндігінде 30°C температурада пайда болады [18]. Ересек көбелектердің жаппай ұшуы бір аптадан кейін орташа тәуліктік температура 32°C-та байқалады.

Ересек көбелектердің өмір сүру ұзақтығы - алма аққис күйе көбелегінің аналығы орташа есеппен бір айға жуық, аталығы шамамен 20 күн өмір сүреді. Зерттеу барысында жаппай жұмыртқа салу шілде айының соңында болатындығы анықталды. Алма аққис күйе көбелегі бірінші жастағы дернәсілдер сатысында қыстайды.

Қорытынды

Сиверс алма ағашы (*Malus sieversii*) қазіргі уақытта алма ағашының мәдениетін сақтау мен дамытудың әлемдегі жалғыз табиғи генетикалық негізі ретінде әлемдік маңызы бар түр болып табылады. Жабайы алма ағашына зиянкес жәндіктер үлкен қауіп төндіріп отыр.

Осыған байланысты жабайы жеміс тұқымдарының жабайы алма ағашымен бірге жүретін зиянды организмдерді қамту мәселесін шешу және олардың таралуы мен зияндылығын зерттеу үшін зиянкес жәндіктердің ең маңызды және басым түрлерінің биологиялық және фенологиялық ерекшеліктерін бақылау және зерттеу қажет деп санаймыз.

Жабайы жеміс ормандарында зиянкес жәндіктердің жаппай көбеюімен Сиверс алма ағашы айтарлықтай әлсірейді, бұл өсудің төмендеуіне алып келеді. Бұл зерттеулер қорғаныс шараларының кешенді жүйелерін жасау үшін қажет.

Сиверс алма ағашының жәндіктердің дефолиаторларының пайда болуы мен таралу дәрежесін зерттеу кезінде барлық үш басым түрдің, алма аққис күйе көбелегінің (*Yponomeuta malinella* Zell.), раушан жапырақ ширатқыш көбелектің (*Archips rosana* L.) және долана жапырақ ширатқыш көбелектің (*Cacoecia crataegana* Hb.) Ақсай орманшылығында ең көп зиян келтіретіні анықталды, себебі бұл аймақта зиянкестердің таралу дәрежесі басқа орманшылықтармен салыстырғанда жоғары. Сонымен қатар, Кузнецов шатқалындағы және Кіші Алматы орманшылығындағы Сиверс алма ағаштарының популяцияларын салыстырмалы түрде ең аз таралу дәрежесіне ие.

Іле Алатау аумағында алма аққис күйе көбелегінің (*Yponomeuta malinella* Zell.) дамуының әртүрлі кезеңдерінің ұзақтығы: толық тіршілік айналымы – 1 жыл (бір ұрпақ),

жұмыртқа – 8-15 күн, дернәсіл – 37-45 күн (қыстаумен бірге 300-320 күн), қуыршақ – 8-15 күн, ересек даралар – 30 күн.

Іле Алатау аумағында раушан жапырақ ширатқыш көбелектің (*Archips rosana* L.) әртүрлі кезеңдерінің ұзақтығы: толық тіршілік айналымы – 1 жыл (бір ұрпақ), жұмыртқа – 9-10 ай, дернәсілдер 5 даму сатысы – 30-40 күн, қуыршақ – 10-14 күн, ересек даралар – 2 айдан астам.

Іле Алатау аумағында долана жапырақ ширатқыш көбелектің (*Cacoecia crataegana* Нв.) әртүрлі кезеңдерінің ұзақтығы: толық тіршілік айналымы – 1 жыл (бір ұрпақ), жұмыртқа – 9-10 ай, дернәсілдер 5 даму сатысы – 25-40 күн, қуыршақ – 10-16 күн, ересек даралар – 2 айдан астам.

Зерттеулер көрсеткендей, алма ақкіс күйе көбелегі (*Yponomeuta malinella* Zell.) раушан жапырақ ширатқыш көбелектер мен долана жапырақ ширатқыш көбелектермен салыстырғанда жапырақ тақталары мен ағаштарды көбірек зақымдайды және кездесу жиілігі мен қоныстану дәрежесі жоғары болып табылады. Алынған мәліметтер осы үш түрдің дамуын болжауға және қорғаныс шараларын өткізу мерзімдерін теориялық тұрғыдан есептеуге мүмкіндік береді.

Қаржыландыру

Басылым ИРН AP14972741 «Іле және Жоңғар Алатауындағы Сиверс алма ағашының (*Malus sieversii*) жабайы популяцияларына зиян келтіретін жәндіктердің экологиялық және фауналық ерекшеліктері» жобасы бойынша қаржыландырылды.

Авторлардың қосқан үлесі

Тұжырымдаманы әзірлеу – **Г.Б. Танабекова, Р.В. Яценко**

Орындау – **Г.Б. Танабекова**

Нәтижелерді өңдеу – **Г.Б. Танабекова**

Нәтижелерді ғылыми түсіндіру – **Г.Б. Танабекова, Р.В. Яценко**

Мақала жазу – **Г.Б. Танабекова**

Әдебиеттер тізімі

1. Вавилов Н.И. Пять континентов. Восточный Китай. – Москва: Мысль, 1987. – 258 с.
2. Harris S.A., Robinson J.P., Juniper B.E. Genetic clues to the origin of the apple // Trends in Genetics. – 2002. – Vol. 18, No. 8. – P. 426-430.
3. Yang M., Li F., Long H., eds. Distribution, reproductive characteristics, and in situ conservation of *Malus sieversii* in Xinjiang, China // Hort Science. – 2016. – Vol. 5, No. 9. – P. 1197-1201.
4. Dzhangaliev A.D., Salova T.N., Turekhanova R.M. The Wild Fruit and Nut of Kazakhstan // Horticultural Reviews. Wild Apple and Fruit of Central Asia. – 2003. – Vol. 29. – P. 305-370.
5. Матасова Г.Я., Митяев И.Д., Юхневич Л.А. Насекомые и клещи - вредители плодово-ягодных культур в Казахстане. – Алма-Ата: Изд-во Академии наук Казахской ССР, 1962. – 204 с.

6. Dzhangaliev A.D. Wild apple-tree of Kazakhstan. – Alma-Ata, 1977. – 283 p.
7. Айнабеков М.С., Туреханова Р.М. Яблоня Сиверса в Иле-Алатауском национальном парке: результаты и перспективы мониторинга // Труды Иле-Алатауского национального парка. Выпуск 1. – Астана: Жасыл Орда, 2015. – С. 15-28.
8. Дрозда В.Ф. Специализированные энтомофаги садовых листовёрток, технологии их выращивания и применения в яблоневых садах // Актуальные вопросы теории и практики защиты плодовых и ягодных культур от вредных организмов в условиях многоукладности с. х.: тез. докл. Все-рос. совещ. – Москва: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства, 1998. – С. 140-145.
9. Добровольский Б.В. Фенология насекомых. – Москва: Высшая школа, 1961. – 123 с.
10. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – Москва: Высшая школа, 1971. – 424 с.
11. Hodgson J.A., Thomas C.D., Oliver T.H., Anderson B.J., Brereton T., Crone E. Predicting insect phenology across space and time // *Global Change Biology*. – 2011. – V. 17. – P.1289-1299. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02308.x>.
12. Panyushkina I.P., Mukhamadiev N.S., Lynch A.M., Ashikbaev N.A., Arizpe A.H., et al. Wild apple growth and climate Change in southeast Kazakhstan // *Forests*. – 2017. – Vol. 8(406). – P. 1-14.
13. Туреханова Р.М., Танабекова Г.Б. Важнейшие насекомые вредители яблони Сиверса (*Malus Sieversii*) в Казахстане в контексте устойчивого развития // *Вестник КазНУ, Серия: Экологическая*. – 2018. – Т. 57(4). – С. 90-97.
14. Исин М.М., Шанимов К.И., Копжасаров Б.К. Иллюстративный атлас по защите плодов и виноградных лоз от вредителей и болезней. – Алматы, 2008. – 79 с.
15. Кашеев В.А. Справочник насекомых-вредителей яблони в дикоплодовых лесах и садах Казахстана. ПРООН. – Алматы, 2010. – 156 с.
16. Tanabekova G., Jashenko R. "Insects that damage the wild populations of *Malus sieversii* in Kazakhstan". *Proceedings of the International conference on Biosphere Reserve: Engaging Stakeholders Towards Empowerment*. – Palembang: Indonesia, 2018. – 3-4 p.
17. Tanabekova G., Jashenko R., Lu, Zh. Biological Peculiarities of *Archips rosana*, the Insect Pest of the Sievers Apple Tree (*Malus sieversii*) in the Trans-Ili Alatau Ridge (the North Tien Shan) // *OnLine Journal of Biological Sciences*. – 2020. – Vol. 20. – № 4. – P. 190-195. DOI: 10.3844/ojbsci.2020.190.195.
18. Tanabekova G., Lu Zhaozhi, R. Jashenko. Bioecological features of apple ermine moth in the Dzungar and Trans-Ili Alatau. *Journal of Geography and Environmental Management*. – 2020. – № 1(56). – P. 74-80.

Г.Б. Танабекова^{1,2}, Р.В. Яценко¹

¹*Институт Зоологии КН МНВО РК, Алматы, Казахстан*

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

Вредители, поражающие дикие популяции яблони Сиверса в Илейском Алатау

Аннотация. Статья посвящена проблемам сохранения диких популяций яблони Сиверса, так как яблоня Сиверса представляет собой ценный генофонд, поэтому изучение и сохранение

с целью использования в современной и будущей селекции, для лесовосстановительного, лесокультурного выращивания является неотложной задачей. Наиболее мощные массивы диких популяций яблони Сиверса в Центральной Азии сохранились в настоящее время в Казахстане, они имеют огромное значение как природный источник генетического материала для поддержания культурных сортов яблок во всём мире. К сведению, существует несколько угроз, влияющие на состояние яблони Сиверса, одной из основных угроз для существования диких популяций яблони Сиверса в последние 20 лет стали насекомые-вредители, наносящие огромный ущерб природным популяциям. В связи с этим целью публикации является уточнение факторов влияния на развитие данных вредителей, определение фенологических и экологических особенностей, выявление самой уязвимой стадии доминантных вредителей для применения своевременной меры борьбы с данными вредителями яблони Сиверса.

Данная статья рассматривает фенологию трех доминантных вредителей, а именно яблонную горностаевую моль, розанную листовертку и боярышниковую листовертку. В целях видового определения по взрослой фазе и для проведения наблюдений за фенологическим развитием применялась методика культивирования личиночных стадий. Для изучения морфологических особенностей личиночных стадий и сроков их развития фиксировался каждый личиночный возраст этих видов.

Рассмотрен ход развития этих вредителей, также был составлен фенологический календарь развития данных вредителей. Обобщены результаты исследования особенностей развития данных вредителей. В статье приводятся степень встречаемости и заселения насекомых-дефолиаторов яблони Сиверса в условиях Илейского Алатау.

Ключевые слова: яблоня Сиверса, яблонная горностаевая моль, розанная листовертка, боярышниковая листовертка, насекомые-вредители, Илейский Алатау.

G.B. Tanabekova^{1,2}, R.V. Jashenko¹

¹*Institute of Zoology CS MSHE RK, Almaty, Kazakhstan*

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

Pests affecting wild populations of the Sievers apple tree in the Iley Alatau

Abstract. The article is devoted to the problems of conservation of wild populations of the Sievers apple tree, which presents a valuable gene pool. Therefore, the study and conservation of this gene pool for the purpose of use in modern and future breeding, reforestation, and forest cultivation is an urgent task. The most powerful arrays of wild populations of the Sievers apple tree in Central Asia are currently preserved in Kazakhstan. They are of great importance as a natural source of the gene. It should be noted that, there are several threats affecting the condition of the Sievers apple tree, one of the main threats to the existence of wild populations of the Sievers apple tree in the last 20 years has become insect pests that cause huge damage to natural populations. In this regard, the purpose of the publication is to clarify the factors influencing the development of these pests, to determine phenological and ecological characteristics, to identify the most vulnerable stage of dominant pests for the application of timely measures to combat these pests of the Sievers apple tree.

This article examines the phenology of three dominant pests, namely the apple ermine moth, the rose leafroller and the hawthorn leafroller. The results of the study activity of dominant moths were summarized, and a phenological calendar for the development of these pests has also been compiled. The results of the study of the features of the development of these pests are summarized. The article presents the compiled phenological calendars of three pests and the degree of occurrence and colonization of defoliating insects of the Sievers apple tree in the conditions of Iley Alatau.

Keywords: The Sievers Apple tree, insect pests, Iley Alatau, the apple ermine moth, the rose leafroller, the hawthorn leafroller.

References

1. Vavilov N.I. Pyat' kontinentov Vostochnyy Kitay [Five continents. Eastern China] (Moscow, 1987, 258 s.). [in Russian]
2. Harris S.A., Robinson J.P., Juniper B.E. Genetic clues to the origin of the apple. *Trends in Genetics*, 18(8), 426-430 (2002).
3. Yang M., Li F., Long H., eds. Distribution, reproductive characteristics, and in situ conservation of *Malus sieversii* in Xinjiang, China. *Hort Science*, 5(9), 1197-1201 (2016).
4. Dzhangaliev A.D., Salova T.N., Turekhanova R.M. The Wild Fruit and Nut of Kazakhstan. *Horticultural Reviews. Wild Apple and Fruit of Central Asia*, 29, 305-370 (2003).
5. Matesova G.YA., Mityayev I.D., Yukhnevich L.A. Nasekomyye i kleshchi - vrediteli plodovo-yagodnykh kul'tur v Kazakhstane [Insects and mites are pests of fruit and berry crops in Kazakhstan] (Alma-Ata, 1962, 204 s.). [in Russian]
6. Dzhangaliev A.D. Wild apple-tree of Kazakhstan (Alma-Ata, 1977, 283 p.).
7. Aynabekov M.C., Turekhanova P.M. Yablonya Civepca v Ile-Alatayckom natsional'nom papke: pezyt'taty i peceptivnyy monitoring, Tpydy Ile-Alatayckogo natsional'nogo papka [Apple tree in the Ile-Alatau National Park: results and prospects of monitoring, Proceedings of the Ile-Alatau National Park] (Astana, 2015, 15-28 p.). [in Russian]
8. Drozda V.F. Spetsializirovannyye entomofagi sadovykh listovortok, tekhnologii ikh vyrashchivaniya i primeneniya v yablonevykh sadakh, Aktual'nyye voprosy teorii i praktiki zashchity plodovykh i yagodnykh kul'tur ot vrednykh organizmov v usloviyakh mnogoukladnosti s. kh.: tez. dokl. Vse-ros. Soveshch [Specialized entomophages of garden leaf rollers, technologies for their cultivation and use in apple orchards, Current issues in the theory and practice of protecting fruit and berry crops from pests in multi-structure conditions p. x.: abstract. report Everything is growing] (Moscow, 1998, 140-145 p.). [in Russian]
9. Dobrovol'skiy B.V. Fenologiya nasekomykh [Phenology of insects] (Moscow, 1961, 123 p.). [in Russian]
10. Fasulati K.K. Polevoye izucheniye nazemnykh bespozvonochnykh [Field study of terrestrial invertebrates] (Moscow, 1971, 424 p.). [in Russian]
11. Hodgson J.A., Thomas C.D., Oliver T.H., Anderson B.J., Brereton T., Crone E. Predicting insect phenology across space and time. *Global Change Biology*, 17, 1289-1299 (2011). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02308.x>
12. Panyushkina I.P., Mukhamadiev N.S., Lynch A.M., Ashikbaev N.A., Arizpe A.H., et al. Wild apple growth and climate Change in southeast Kazakhstan. *Forests*, 8(406), 1-14 (2017).

13. Turekhanova R.M., Tanabekova G.B. Vazhneyshiye nasekomye vrediteli yablони Siversa (*Malus Sieversii*) v Kazakhstane v kontekste ustoychivogo razvitiya, Vestnik KazNU, Seriya Ekologicheskaya [The most important insect pests of the Sievers apple tree (*Malus Sieversii*) in Kazakhstan in the context of sustainable development, Bulletin of KazNU, Ecological Series], 57(4), 90-97 (2018). [in Russian]
14. Isin M.M., Shanimov K.I., Kopzhasarov B.K. Illyustrativnyy atlas po zashchite plodov i vinogradnykh loz ot vreditel'ey i bolezney [Illustrative atlas on the protection of fruits and vines from pests and diseases] (Almaty, 2008, 79 p.). [in Russian]
15. Kashcheyev V.A. Spravochnik nasekomykh-vreditel'ey yablони v dikoplodovykh lesakh i sadakh Kazakhstana [Directory of insect pests of apple trees in wild fruit forests and gardens of Kazakhstan] (Almaty, 2010, 156 p.) [in Russian]
16. Tanabekova G., Jashenko R. "Insects that damage the wild populations of *Malus sieversii* in Kazakhstan". Proceedings of the International conference on Biosphere Reserve: Engaging Stakeholders Towards Empowerment (Palembang: Indonesia, 2018, 3-4 p.).
17. Tanabekova G., Jashenko R., Lu, Zh. Biological Peculiarities of *Archips rosana*, the Insect Pest of the Sievers Apple Tree (*Malus sieversii*) in the Trans-Ili Alatau Ridge (the North Tien Shan). OnLine Journal of Biological Sciences, 20(4), 190-195 (2020). DOI: 10.3844/ojbsci.2020.190.195.
18. Tanabekova G., Lu Zhaozhi, R. Jashenko. Bioecological features of apple ermine moth in the Dzungar and Trans-Ili Alatau. Journal of Geography and Environmental Management, 1(56), 74-80 (2020).

Авторлар туралы мәлімет:

Танабекова Г.Б. – PhD, Зоология институтының постдокторанты, тұрақты даму бойынша ЮНЕСКО кафедрасының аға оқытушысы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Әл-Фараби даңғылы 93, Алматы, Қазақстан.

Яценко Р.В. – биология ғылымдарының докторы, бас директор, Зоология институты, Әл-Фараби даңғылы 93, Алматы, Қазақстан.

Tanabekova G.B. – PhD, Postdoctoral of the Institute of Zoology, Senior Lecturer at the UNESCO Chair on Sustainable Development, Al-Farabi Kazakh National University, 93 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.

Jashenko R.V. – Doctor of Biological Sciences, Director General, Institute of Zoology, 93 Al-Farabi Avenue, Almaty, Kazakhstan.



МРНТИ 34.03

Обзорная статья

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-147-2-102-119>

Нейробиологические основы суицидальности

Р.К. Татаева^{1*}, Л.Х. Акбаева¹, Д.А. Тагаев¹, А.М. Маханова²

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

²Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан

*Автор для корреспонденции: rktastana23@mail.ru

Аннотация. В обзорной статье рассматриваются биологические факторы и патофизиологические механизмы формирования суицидального поведения. Стресс современной жизни, будучи психосоциальным в основе своей, реализуется через определенные биологические механизмы, затрагивающие биологическую сущность человека. По многочисленным литературным источникам, при суициде в патологический процесс вовлекаются не только центральная нервная система, но разнообразные периферические звенья – метаболические системы организма, как, например, периферические серотонин, триптофан, нейрокинурины, кортизол. Кроме того, представляет интерес вклад воспалительного процесса при психических расстройствах, являющихся важным фактором суицида, в частности, иммунитет, система цитокинов, нейрогормональные реакции, а также как компонент оси «кишечник-мозг», кишечная микрофлора. Все эти факторы взаимообусловлены и приобретают значимость при поиске периферических маркеров суицидальности.

Поиск литературы проводился в базах данных Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary.

Ключевые слова: суицид, нейромедиаторы, гормоны, гипоталамо-надпочечниковая ось, серотонин, кортизол, воспаление, интерлейкины.

Введение

Самоубийством является саморазрушительное действие, деструктивный потенциал которого способствует самовыврождению нации. Самоубийства являются четвертой по значимости ведущей причиной смертности в молодой возрастной группе. 77% мирового числа самоубийств совершается в странах с низким и средним уровнем дохода. Ежегодно порядка 703 тыс. человек в мире заканчивают жизнь самоубийством [1]. Согласно отчету Всемирной Организации Здравоохранения за 2021 г, Казахстан входит в число стран с высоким уровнем суицидов в мировом рейтинге, занимая 20 место [2]. Суицид остаётся табуированной темой в Казахстане, в связи с этим огромное количество самоубийств скрывается за другими причинами смерти, и представленная статистика совершенных суицидов не отражает масштабность проблемы. Таким образом, самоубийство считается серьезной проблемой общественного здравоохранения, что стимулировало проведение обзора современных научных источников для выяснения его нейробиологических основ.

Важной сферой суицидологии является нейробиологическая основа суицидальности, которая содержит анализ структуры и функциональные особенности мозга, его медиаторных систем, вовлеченных в стресс-реакцию, а также других биологических механизмов, связанных с формированием суицидального поведения. В современной суицидологии нейробиологическая модель стресс-уязвимости является наиболее разработанной и доказанной многими исследованиями, которые касаются центральных механизмов нейроэндокринной регуляции ЦНС [3].

Теория стрессового диатеза самоубийства постулирует, что существуют предрасполагающие и провоцирующие факторы риска попыток самоубийства. Генетика, воспаление, серотонинергические системы, периферические биомаркеры, такие, как холестерин и изменение гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси (НРА), могут быть участниками биологического диатеза суицидального поведения [4-6].

Наиболее вероятным интегрирующим механизмом суицидальности считается стресс-реакция, затрагивающая физиологические процессы всего организма, как мышление, сознание и поведение. Определяющими моментами суицидального поведения допускают стиль реагирования и уровень стресса [7], т.е. уязвимость к стрессу является более главным фактором.

В прогнозировании риска самоубийства известно множество моделей, которые акцентируют на роль социальных, нейробиологических, психологических, психиатрических факторов [8]. Все же во многих моделях основополагающим компонентом является стресс-диатез и то, что суицидальное поведение является результатом предрасположенности к суицидальному поведению, т.е. диатезу и взаимодействию острых стрессовых событий.

В этой связи особую роль играют процессы, с которыми связаны психические расстройства, они становятся важными факторами риска самоубийства. В первую очередь, это относится к состоянию периферического звена нейромедиаторных систем, в частности, серотонинергической и норадренергической, к иммунному ответу, а именно, воспалению, стресс-реакции нейрогуморальной системы. В перспективе исследования патогенеза суицидального поведения привлекательны также и

выявлением современных чувствительных маркеров суицида [9]. В настоящее время выявление связанных с суицидом генетических полиморфизмов или периферических психофизиологических биомаркеров может дать возможности для уточнения и дополнения существующих психологических инструментов. И хотя число опросников и оценочных шкал суицидального риска на сегодняшний день достаточно много, их ценность как психологического инструментария, прогностическая значимость остаются невысокими [10].

Из наиболее изученных биологических факторов суицида можно перечислить нарушения нейромедиаторных процессов, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси (ГГНО), трофических факторов, липидного обмена, нейровизуализационной и постмордальной морфологии головного мозга. И, наконец, все больше приобретают значимость исследования по поиску генетических маркеров суицидального поведения, что не входит в задачи данного обзора.

Известны различные данные о роли в суицидальном поведении гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси [11-12]. Кроме того, существует предположение также о суицидальной роли гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной оси (ГГТ) и гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси (ГГГ). Также обсуждается связь суицидального поведения с изменением уровня нейропептидов.

Гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось (ГГНО) является наиболее важным фактором в реакции человека на стресс. Ось объединяет два звена: периферическое и центральное. Центральное звено составляют норадренергические ядра ствола мозга (*locus coeruleus, solitary nucleus*) и нейросекреторные ядра гипоталамуса. Они продуцируют гормоны вазопрессин и кортикотропин-релизинг-гормон (CRH). Последние два гормона вместе стимулируют кортикотропные клетки передней доли гипофиза и вызывают выброс гормона адренокортикотропного гормона (АКТГ) [12.] АКТГ стимулирует синтез кортизола, который регулирует вегетативные, когнитивные и поведенческие реакции в условиях стресса. При торможении стрессовой реакции сначала ингибируется CRH и затем АКТГ. CRH, который является одним из гормонов оси и отвечает за регуляцию этой оси, представляет собой нейропептид, состоящий из 41 аминокислоты, и имеет два связанных с G-белком. Хроническое повышение уровня CRH в лимбической системе вызывает стресс и депрессию [13]. В гипоталамусе при завершённых суицидах был обнаружен повышенный уровень CRH [14-15], в то же время у пациентов с большой депрессией, предпринявших попытку самоубийства, выявлено, что в спинномозговой жидкости CRH выше, чем у пациентов без суицидальной попытки [16].

Другим гормоном, участвующим в оси ГГНО, является гормон надпочечников кортизол, секретлируемый корой надпочечников. При стрессе ось ГГНО активируется, что, в свою очередь, приводит к выделению надпочечниками кортизола. Последний регулирует силу и продолжительность реакции воспаления, мобилизует белки и жиры. способствует вовлечению в процесс больше энергии [17]. Было выявлено, что ось НРА демонстрирует циркадные колебания, таким образом связывая синтез глюкокортикоидов с суточными закономерностями. Следовательно, у людей концентрация кортизола в сыворотке достигает максимума утром и минимальна ночью. Ось НРА является центральной

системой ответа на стресс, ответственной за адаптационный компонент ответа на стресс, который пытается восстановить гомеостаз [18]. Неправильная регуляция реакции на стресс связана с широким спектром патологий, включая аутоиммунные заболевания, гипертонию, аффективные расстройства и большую депрессию.

Кортизол изучался у пациентов, которые пытались покончить с собой, и в некоторых исследованиях его повышение сопровождалось либо с увеличением, либо со снижением активности оси ГГНО. При попытке самоубийства в исследовании с участием 35 пациентов и 16 здоровых людей уровень кортизола в вечерней слюне пациентов оказался ниже, чем в контрольной группе, также низкий уровень кортизола коррелировал с тяжестью психических симптомов [19-20].

Низкий уровень кортизола также был обнаружен в исследовании, в котором оценивался тест дексаметазон/CRH. У лиц с серьезными суицидальными попытками был обнаружен повышенный уровень кортизола в моче [21]. Суицидальный уровень кортизола в ночной слюне обнаружен у людей с биполярным расстройством, у которых были попытки суицида. Повышенная активность оси ГГНО у пациентов с биполярным расстройством может быть биологическим маркером риска самоубийства [22].

Тест подавления дексаметазона (DST) оценивает активность оси ГГНО. Введение дексаметазона, экзогенного синтетического глюкокортикоидного гормона, при нормальном функционировании ГГНО приводит к отрицательной обратной связи в ГГНО. Отрицательная обратная связь заключается в том, что высвобождение АКТГ из гипоталамуса вызывает его подавление и, таким образом, высвобождает его из надпочечников, и секреция кортизола подавляется [23]. Снижение кортизола указывает на то, что тест неадекватный.

Используя комбинированный тест на подавление дексаметазона и кортикотропин-рилизинг-гормон (dex/CRH), оценивали регуляцию оси гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы при острой депрессии (N = 237) и после выздоровления с учетом предыдущих попыток самоубийства. У пациентов без предыдущих попыток самоубийства наблюдается нормализация реакции гормона стресса на второй dex/CRH (базальный ответ АКТГ и ответ кортизола) после выздоровления от острой депрессии, в то время как у пациентов с множественными предыдущими суицидальными попытками наблюдается повышенный ответ АКТГ. Изменение чувствительности оси НРА у пациентов только с одной предшествующей попыткой находится между моделями ответов других групп без изменения реактивности оси НРА. Результаты показали, что пациенты с попытками суицида в анамнезе относятся к подгруппе людей, у которых наблюдается отчетливый паттерн реакции гормона стресса во время острой депрессии и после выздоровления. Будущие исследования могут расширить данный подход, решая дополнительные психологические стрессовые задачи, чтобы получить более широкое понимание стрессовой патологии у повторяющихся попыток самоубийства [24].

Adrián Alacreu-Crespo, Emilie Olié (2020) также полагают, что тест подавления дексаметазоном (DST dexamethasone suppression test), который показывает увеличение активности ГГНО, в случае отсутствия подавления может быть биологическим маркером суицидального поведения [25].

В метаанализе подавление DST не всегда было связано с попыткой самоубийства, но установлено, что это связано с завершённым суицидом [26-27]. Проведение дексаметазонового теста T. Beauchaine и соавторами [28], показало, что в анамнезе у пациенток в возрасте 13-17 лет с попытками суицида уровень кортизола отклоняется от нормального уровня.

Установлено, что в суицидальном поведении НРА отсутствует подавление DST у пациентов с аффективными расстройствами, совершающих суицидальные попытки. Было подчеркнуто, что у них установлено увеличение активности осей [29] и поэтому для достоверной оценки риска суицида при расстройстве настроения необходимо сделать как дексаметазоновый тест, так и исследовать уровень 5-ОИУК в ЦСЖ. Как считают авторы, низкие уровни в этих двух тестах могут свидетельствовать о высоком вероятном риске суицида. Также отсутствие подавления кортизола в сыворотке крови при дексаметазоновом тесте может стать долгосрочным предиктором суицида для мужчин с аффективными расстройствами.

Гиперкортизолемиа, развивающаяся в результате повышения активности ГГНО, снижает поступление глюкозы в головной мозг, ингибирует рецепторы серотонина и глутамата в гиппокампе. Было показано, что это увеличивает его токсичность и подавляет нейротрофический фактор головного мозга (BDNF), также глюкокортикоидный рецептор. Сообщалось, что повышенный уровень кортизола из-за устойчивости к CRH и АКТГ не может подавлять CRH, и активность ГГНО продолжает увеличиваться. Возможно, неоднозначная роль кортизола в формировании суицидального поведения связана с тем, что глюкокортикоидные рецепторы экспрессируются по всему телу, но существует значительная гетерогенность в чувствительности к глюкокортикоидам и биологических реакциях по тканям. Общепринятое мнение о том, что глюкокортикоиды действуют через один белок GR, утратило свою актуальность и резко изменилось с открытием разнообразной коллекции изоформ рецепторов [30]. Более того, посттрансляционные модификации этих изоформ GR еще больше расширяют возможности гетерогенности передачи сигналов глюкокортикоидов.

Учитывая разрозненные результаты, О'Коннор и его коллеги (2016) провели метаанализ всех существующих исследований, в которых сравнивались участники, имевшие хотя бы одну предыдущую попытку самоубийства, с группой сравнения без истории попыток самоубийства [31]. В целом не было выявлено значительного влияния группы самоубийств на уровень кортизола. Однако значительная связь между уровнем кортизола и попытками самоубийства наблюдалась в зависимости от возраста. В исследованиях, где средний возраст выборки был ниже 40 лет, связь была положительной (т. е. более высокий уровень кортизола был связан с попытками самоубийства; $r = 0,234$, $P < 0,001$), а где средний возраст составлял 40 лет или выше, связь была отрицательной (т.е. был более низкий уровень кортизола). Авторы пришли к выводу, что эти метааналитические результаты подтверждают активность оси НРА, на что указывают возрастные изменения естественных уровней кортизола, связанных с попытками самоубийства. Более того, эти результаты позволяют предположить, что изменение связи между кортизолом и попыткой самоубийства происходит, когда средний возраст выборки составляет около 40 лет (или старше).

В другой работе [32] выявили повышенный уровень кортизола в группе попыток самоубийства по сравнению со здоровым контролем ($F = 7,26$, значение $p = 0,008$), но никаких статистических различий с группой психиатрических заболеваний ($F = 1,49$, значение $p = 0,22$) не было. Уровень кортизола был выше у лиц с депрессией ($F = 8,99$, $p = 0,004$) и у лиц с двумя и более попытками суицида ($F = 13,56$, $p < 0,001$).

Интересным кажется обнаруженное О'Конноре и др. (2017) [33] явление, когда участники, которые пытались совершить самоубийство в течение последних 12 месяцев, демонстрируют притупленную реакцию кортизола на лабораторный стрессор (социальный стресс-тест Трира) по сравнению с теми, у кого попытки самоубийства были в течение всей жизни. Предполагают, что реакция кортизола на стресс, возможно, почти возвращается к норме в группе с течением времени, хотя эти уровни остаются ниже, чем в контрольной группе и группах-идеаторах. Этот последний вывод является многообещающим, поскольку он согласуется с представлением о том, что психологическое и фармакологическое вмешательство может принести пользу с течением времени и помочь облегчить (частичное) восстановление системы реакции на стресс оси НРА, отражающей более высокие уровни кортизола в группе с анамнезом жизни. Таким образом, очевидным следующим шагом для исследователей будет использование лонгитюдных исследований для изучения со временем нарушения регуляции реакции кортизола на стресс, и выяснение, имеет ли ось НРА потенциал вернуться в нормальное состояние после психологического (например, вмешательства по управлению стрессом) и/или фармакологического вмешательства.

Таким образом, связь между склонностью к самоубийству состоянием и ГГНО состоит в том, что эта система формирует определенный фон для развития суицидальности, опосредуя влияние стрессовых стимулов. Стресс и изменение уровня кортизола являются важным дополнительным фактором риска самоубийства.

Серотонинергическая нейромедиаторная система

Отдельного рассмотрения требует серотонинергическая нейромедиаторная система, которая во многих научных работах, связана с суицидальностью, играющую существенную роль в регуляции нейроэндокринных ритмов, когнитивных функций и эмоций различных видов социального поведения.

Несмотря на противоречивые данные, встречающиеся в научной литературе [34], развитие постулата, что в патофизиологии психических расстройств, биогенные амины играют роль в снижении биодоступности серотонина в ЦНС, с чем связаны тревожные состояния, мания и депрессия, [35]. Результаты ряда исследований с использованием различных дизайнов, а также методов вскрытия и *in vivo* показывают нарушения серотониновой нейротрансмиттерной системы и системы реакции на стресс гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы при возникновении суицидальных наклонностей. Такие отклонения представляют собой явления реактивной агрессивности, пессимизма, обострение реакций на негативные социальные раздражители расстройства когнитивного контроля настроения, неспособность решения проблем, усиление эмоциональной боли и суицидальных мыслей, что часто

приводит к суициду. Биомаркеры, связанные с диатезом, могут помочь в процедурах оценки риска и выборе лечения для профилактики самоубийств [36].

Возникает своеобразная патогенетическая цепь. Из-за гибели рассеянных серотонинергических нейронов происходит снижение (ПФК) метаболического оборота серотонина в префронтальной коре. Это вызывает торможение серотонинергической медиации, что, в свою очередь, приводит к импульсивности и расстраивает поведенческий контроль, что может закончиться суицидом. В то же время начинают возникать компенсаторные отклонения, такие, как увеличение числа и аффинитета рецепторов к серотонину, понижение уровня серотонинового транспортера в мембранах нейроцитов в ПФК [37]. При этом серотониновая система тесно связана с аналогичными нейронами ПФК в варолиевом мосту ствола мозга и в каудальном и дорзальном ядрах шва. У суицидентов выявлены увеличение числа 5-НТ1А ауторецепторов в ядрах шва, повышенная активность триптофан-гидроксилазы, который регулируется ферментом биосинтеза 5-НТ [38].

В качестве нейромедиатора серотонин выделяется и хранится в серотонинергических нейронах, катехоламинергических нейронах головного мозга и шишковидной железе [40].

Серотонин является не только медиатором нервной системы, но и гормоном. Так, у позвоночных животных в древней стволовой части головного мозга и в стенке третьего желудочка обнаружены тела серотонинергических нейронов. Их отростки иннервируют большие части центральной нервной системы [39]. Серотонинергические нейроны ядер шва участвуют в контроле поведения, протекании сна, терморегуляции и в других процессах. Серотонин предупреждает кровопотери, влияет на выделение слизи и моторику желудочно-кишечного тракта.

Серотонин в организме синтезируется из незаменимой аминокислоты триптофана (ТФ), источником которого является пища. ТФ легко проникает из кровотока в мозг. Синтез серотонина регулируется ферментом триптофан-5-гидроксилаза (ТН). Но поскольку в мозге синтез серотонина не полностью насыщен субстратом, то колебания триптофана в диете на это сильно сказываются. Стрессы, воспаления способствуют снижению уровня ТФ в крови и это, в свою очередь, может привести к импульсивности, раздражительности, расстройству поведения [41].

Известно, что большая часть (около 90 %) потребляемого человеком триптофана преобразуется в кинуренин для дальнейшего метаболизма - процесс, известный как кинурениновый путь ("КР"). Оставшаяся часть ТФ метаболизируется до серотонина и индола [42]. Одновременно с этим дисрегуляция метаболитов триптофана, таких, как серотонин, хинолиновая кислота (QUIN) и кинуриновая кислота (KYNA), была связана с депрессивным поведением как в животных моделях, так и у человека. Таким образом, диетический ТФ поступает в организм и деградируют по трем основным путям: серотониновый путь через преобразование триптофангидроксилазы-1, триптофан-индольный путь (который действует на ароматические углеводородные рецепторы и имеет четыре субпути) и путь КР через преобразование индоламин-2,3-диоксигеназы (IDO) и триптофан-2,3-диоксигеназы (TDO) (Рис 1.) [43].

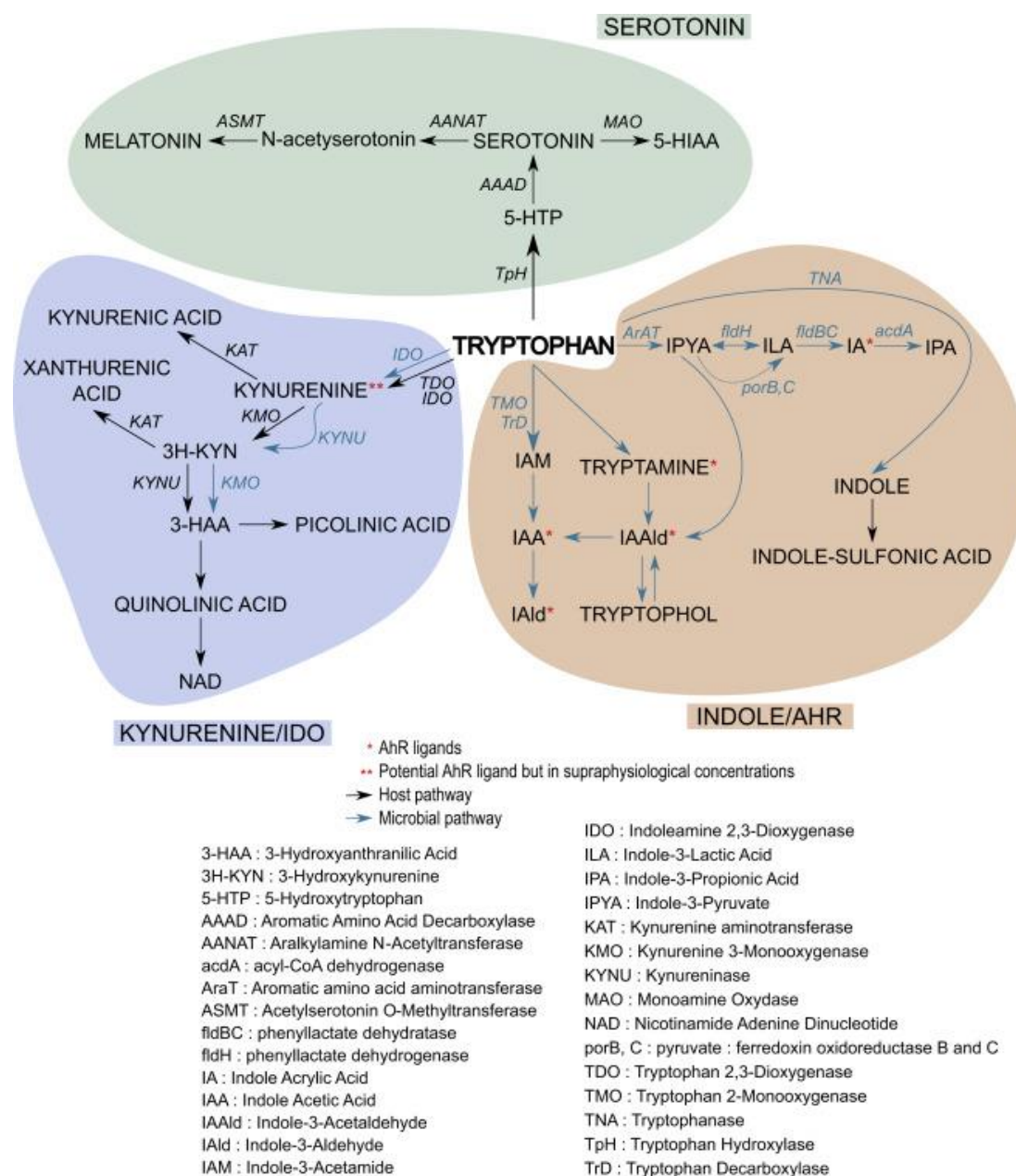


Рисунок 1. Пути метаболизма триптофана через пути 5-НТ, Куп и индола/AhR [43]

Представляют интерес публикации, свидетельствующие о том, что воспалительные заболевания кишечника (IBD) - IBD тесно связаны с депрессией [44], и распространенность депрессии у пациентов с IBD выше, чем в общей популяции. При этом считают, что метаболизм триптофана играет важную роль в механизмах, связанных с осью "кишечник-мозг" [45]. По результатам двух национальных исследований распространенность депрессии в канадской популяции пациентов с IBD составила 16,3 %, из них 30 % рассматривали возможность самоубийства [46].

Триптофан поступает в организм через натрий-зависимый белок-транспортер нейтральных аминокислот семейства 6, член SLC6A19/BOAT1 [47], который экспрессируется преимущественно в тонком кишечнике у людей и грызунов [48]. Нарушение метаболизма кинуренина как одного из механизмов депрессии связывает две важные этиологические гипотезы депрессии: "цитокиновую гипотезу" и "рецепторную гипотезу". Основным механизмом может быть чрезмерная активация индоламин-2,3-диоксигеназы во всем организме и в мозге вследствие хронического воспаления, что увеличивает скорость метаболизма кинуренина и в конечном итоге приводит к избытку хинолиновой кислоты QUIN и снижению кинуреновой кислоты KYNA в мозге. Нейротоксичность QUIN затрагивает глиальные клетки и нейроны, что приводит к депрессии, вызванной воспалением.

Однако в синтезе серотонина могут принимать участие различные независимые системы организма. В частности, выделение накопленного в клетках серотонина может быть при деполяризации нейронов. Они связываются или с пресинаптическими или постсинаптическими серотониновыми авторецепторами (рецепторы 5-HT). Связывание серотонина с авторецептором действует как отрицательная обратная связь для остановки дальнейшего высвобождения серотонина в синаптическую щель. А расположенный на пресинаптической мембране высокоизбирательный транспортер серотонина SERT выводит серотонин из синаптической щели. После транспортировки в пресинаптический нейрон серотонин возвращается обратно в пресинаптические везикулы. Это позволяет ему быть более стабильным от химических превращений. Моноаминоксидаза в цитозоле нейрона может способствовать метаболизму нейротрансмиттера. Кроме того превращения серотонина в мелатонин могут происходить также в шишковидной железе [49].

Синтез 5-HT разделяют на 2 этапа. На 1-ом этапе с помощью триптофангидроксилазы (TPH) происходит гидроксилирование L-триптофана (L-Trp) до 5-гидрокситриптофана (5-HTP). На 2-м этапе 5-HTP декарбоксилируется с образованием серотонина за счет декарбоксилазы ароматических аминокислот. Экспериментальные исследования обнаружили присутствие в организме 7 гетерогенных подтипов рецепторов серотонина: 5-HT₃, 5-HT₂, 5-HT_{1A} и других. 5-HT рецептор отличается тем, что запускает Na⁺/K⁺ лигандзависимый ионный канал. Рецепторы 5-HT₁ типа сопряжены с Gi белком. Активируясь, эти рецепторы ингибируют фермент аденилатциклазу, который катализирует превращение АТФ в цАМФ, что, в свою очередь, включает цАМФ-зависимые протеинкиназы, которые в этой цепи активируют факторы транскрипции. При этом активация рецепторов 5-HT₁ вызывает гиперполяризацию мембран и проницаемости через K⁺-каналы [50-53].

Так как доказано, что снижение биодоступности серотонина в ЦНС связано с тревожными состояниями, манией, депрессией, то значение серотонина в психологических расстройствах у людей ставит его в ряд с социально значимыми факторами [54].

Приводят данные о пониженном уровне 5-ОИУК в цереброспинальной жидкости (ЦСЖ) у совершивших суицидальную попытку, а в ткани мозга самоубийц — снижении уровня

основного метаболита серотонина 5-гидроксииндолуксусной кислоты (5-ОИУК) [55]. Это позволило предположить, что одним из механизмов формирования суицидального поведения является торможение метаболизма серотонина в стволовых структурах и префронтальной коре, что в определенной мере подтверждается результатами, полученными рядом исследователей. Снижение уровня 5-ОИУК в ЦСЖ у пациентов с разными психическими расстройствами коррелирует с высоким риском самоубийства [56-57].

За счет синтеза одного и того же рецептора серотонинергической системы в разных областях мозга, рецепторы одновременно модулируют несколько поведенческих процессов. Например, тревожное состояние регулируется рецепторами 5-HT_{2C} и 5-HT_{1A}-, но первый рецептор влияет еще на энергетическое равновесие, аппетит и двигательную активность [50, 58-59]. Это легло в основу того, что применяется целый ряд препаратов для специфической коррекции рецепторов серотонинергической системы.

Тем не менее доказанная связь расстройства системы 5-НТ и суицидального поведения не дает ответа на вопрос о генетической обусловленности мозга: или это реакция нормального мозга на стресс, или существует «суицидальный мозг», отвечающий на факторы, понижающие содержание 5-НТ [60]. Вероятно, есть люди, имеющие исходно пониженный уровень серотонина в мозге [61]. Данное явление может быть связано с некоторыми генными полиморфизмами, осуществляемые, например, синтез из триптофана, поступающего с пищей, не серотонина, а кинуренинов, повышенным уровнем фермента MAO-A, метаболизирующего серотонин или снижением образования триптофангидроксилазы-2, синтезирующей мозговой серотонин из его предшественника и т.д. [62].

Роль процессов воспаления

На мышах и крысах было показано, что, как было указано выше, стрессы способствуют активации гипоталамо-гипофизарной надпочечниковой оси. Это приводит к быстрому выбросу в кровь медиаторов: противовоспалительных цитокинов (например, интерлейкина-6), кортикостерона, катехоламинов, кортизола. Эти медиаторы в нервных клетках, микроглии и астроцитах активируют фермент индоламин-2,3-диоксигеназу (indoleamine-2,3-dioxygenase, IDO) [63]. Этот фермент склоняет триптофан к трансформации в кинуренин, обладающий нейротоксическим действием. Снижение уровня триптофана, необходимого для синтеза серотонина, может стать причиной возникновения депрессивного состояния.

Люди имеют более высокий риск депрессивного состояния, если переносили травмы в детском возрасте, так как у них, по сравнению с контрольными лицами, обнаружена повышенная воспалительная реакция на стрессоры [63]. У людей с выраженным воспалительным ответом обнаружена высокая корреляция с вероятностью развития у них депрессии в течение 3-4 месяцев после воздействия стрессора [64]. Duval F. et al. исследовал повышенный уровень противовоспалительного цитокина IL-1b у пожилых людей с депрессией. Также при выраженных симптомах депрессии обнаруживался повышенный уровень цитокина [65].

Было изучено, что стресс угнетает нейрогенез через интерлейкин IL-1b, который вызывает ангедонию. При использовании блокатора рецепторов IL-1b признаки ангедонии значительно ослабевают. Напротив, введение этого интерлейкина нарушает деление клеток гиппокампа, усугубляя стресс [66].

Принимая во внимание роль воспаления в провоцировании депрессии, были исследованы различные противовоспалительные вещества, оказывающие влияние на иммунитет. Нестероидные противовоспалительные средства (НПВС) способны уменьшать проявления депрессивного состояния, например, эффективен целекоксиб, действующий как ингибитор циклооксигеназы-2 [67]. Препараты, влияющие на цитокины, также обладают антидепрессивным действием [68].

Таким образом, имеющиеся литературные данные подтверждают то, что процессы воспаления связаны с развитием депрессии и, как следствие, с проявлениями суицида. Это можно корректировать использованием противовоспалительных препаратов, моноклональных антител антидепрессантов.

Одной из теорий влияния холестерина на суицидальное поведение является теория нейровоспаления. Низкий уровень холестерина может вызвать функциональные изменения в липидном рафте, эти структуры представляют собой микроструктуры, обогащенные холестерином, сфинголипидами, насыщенными жирными кислотами и ганглиозидами. Эти непропорциональные липидные рафты реагируют с другими цитокинами, способствуя процессу воспаления. Считается, что n-3 и Toll-подобные рецепторы (TLR) являются рецепторами распознавания образов, которые индуцируют воспалительную реакцию ядерным фактором Каппа посредством выработки цитозина. Более того, TLR модулируются липидными рафтами, а n-3 оказывает противовоспалительное действие. Однако при снижении уровня холестерина соотношение ПНЖК n-6: n-3 становится несбалансированным, n-6 увеличивается и приводит к выработке провоспалительных цитокинов, в частности IL-6, усиливая воспалительный процесс [69].

Aguglia et al. (2021) сообщили о возможной взаимосвязи тромбоцитов с воспалительной реакцией у лиц с попыткой самоубийства [70]. Кроме того, участие холестерина, ЛПНП, ЛПОНП и циркулирующих хиломикрон в стенках сосудов может окисляться, запуская иммунологический каскад, активные формы кислорода (АФК) и иммунные клетки (макрофаги, естественные киллеры, тучные клетки или дендритные клетки [71]. Многие из этих провоспалительных молекул проникают через гематоэнцефалический барьер, вызывая психиатрические симптомы и расстройства настроения.

Заключение

Таким образом, тестирование на нейробиологические маркеры при диагностике суицидальности в самом начале клинического обследования и изучения социально-психологических предикторов, может иметь существенные преимущества. Выявление у пациента с суицидальными наклонностями данного комплекса биологических показателей, могло бы позволить своевременно и персонализировано начать лечение

в условиях лечебных учреждений, минимизируя опасности первых дней. Учитывая множественные детерминанты суицидального поведения и слабую связь с отдельными биологическими маркерами, комбинации потенциальных биологических маркеров, а не отдельных маркеров, могут улучшить скрининг, диагностику и прогнозирование суицидального поведения.

Финансирование: Эта работа была поддержана Программой целевого финансирования BR18574196.

Вклад авторов:

Р.К. Татаева – существенный вклад в концепцию работы, написание текста, сбор, анализ, утверждение окончательного варианта статьи.

Л.Х. Акбаева – написание текста.

Д.А. Тагаев – рецензирование и редактирование.

А.М. Маханова – критический пересмотр содержания обзорной статьи.

Все авторы согласны нести ответственность за все аспекты работы, надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с достоверностью данных или целостностью всех частей статьи.

Список литературы

1. World Health Organization. Suicide [Электронный ресурс]. – 2021. – URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/de> (дата обращения: 17.09.2022).
2. Kazinform International News Agency. World Health Organization [Electronic resource]. – 2021. – URL: <https://www.inform.kz/> (accessed: 09/17/2022).
3. Rozanov V.A. Peripheral biological factors and biomarkers of suicide // *Suicidology*. – 2018. – Vol. 9. – №. 1 (30). – P. 3-22.
4. Serafini G., Parisi V., Aguglia A., Amerio A., Sampogna G., Fiorillo A., et al. A specific inflammatory profile underlying suicide risk? Systematic review of the main literature findings // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2020. – Vol. 17. – P. 393. DOI: 10.3390/ijerph17072393
5. Aguglia A., Amerio A., Asaro P., Caprino M., Conigliaro C., Giacomini G., et al. High-lethality of suicide attempts associated with platelet to lymphocyte ratio and mean platelet volume in psychiatric inpatient setting. *World J Biol Psychiatry*. – 2021. – Vol. 22. – P. 119-127. DOI: 10.1080/15622975.2020.1761033.
6. Aguglia A., Solano P., Giacomini G., Caprino M., Conigliaro C., Romano M., et al. The association between dyslipidemia and lethality of suicide attempts: a case-control study. *Front Psychiatry*. – 2019. – Vol. 10. – P. 70. DOI: 10.3389/fpsy.2019.00070.
7. Vitetta L. et al. Mind-body medicine: Stress and its impact on overall health and longevity // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2005. – Vol. 1057. – №. 1. – P. 492-505.
8. O’Connor D., Gartlanda N., O’Connor R. Stress, cortisol and suicide risk // *International Review of Neurobiology*. – 2020. – Vol. 152. – P. 101-130. DOI: 10.1016/bs.irn.2019.11.006.
9. Arantes-Gonçalves F., Coelho R. Seeking for biological markers in suicidal behaviour // *Acta Medica Portuguesa*. – 2008. – Vol. 21. – №. 1. – P. 89-97.

10. Oquendo M., Bernanke J. Suicide risk assessment: tools and challenges // *World Psychiatry*. – 2017. – Vol. 16. – №. 1. – P. 28.
11. İbrahim E., Süleyman Ö. İntihar Patofizyolojisinde Hormonların Rolü Türkiye Klinikleri // *J Psychiatry-Special Topics*. – 2014. – Vol.7(3). – P. 79-85.
12. Davidovsky S.V., Ibragimova Zh.A., Goncharik A.V., Kartun L.V., Kolesnikova T.S., Leonov N.N., Semerikhina S.E., Khodosovskaya E.V. Analysis of indicators of the hypothalamic-pituitary-adrenal system in persons who have committed parasuicide // *Medical Journal*. – 2021. – Vol. 3. – P. 54-59. DOI: <https://doi.org/10.51922/1818-426X.2021.3.54>.
13. Serafini G., Pompili M., Lindqvist D., Dwivedi Y., Girardi P. The role of neuropeptides in suicidal behavior: a systematic review // *Biomed Res Int* – 2013. – Vol. 687575. – P. 81-104. DOI: [10.1155/2013/687575](https://doi.org/10.1155/2013/687575).
14. Austin M., Janosky J., Murphy H. Increased corticotropin-releasing hormone immunoreactivity in monoamine-containing pontine nuclei of depressed suicide men // *Mol Psychiatry*. – 2003. – Vol. 8(3). – P. 324-332.
15. Qin X., Shan QH., Fang H., Wang Y., Chen P., et.al. PSD-93 up-regulates the synaptic activity of corticotropin-releasing hormone neurons in the paraventricular nucleus in depression // *Acta Neuropathologica*. – 2021. – Vol. 142. – P. 1045-1064. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00401-021-02371-7>.
16. Westrin A., Ekman R., Regnéll G., Träskman L. A follow up study of suicide attempters: increase of CSF-somatostatin but no change in CSF-CRH // *Eur Neuropsychopharmacol*. – 2001. – Vol. 11(2). – P. 135.
17. Sapolsky R., Romero, L., Munck A. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions // *Endocrine Reviews*. – 2000. – Vol. 21. – P. 55-89.
18. Walker J., Spiga F., Gupta R., Zhao Z., Lightman S., Terry J. Rapid intra-adrenal feedback regulation of glucocorticoid synthesis // *J. R. Soc. Interface*. – 2015. – Vol. 12. – P. 1-10.
19. Lindqvist D., Isaksson A., Träskman-Bendz L., Brundin L. Salivary cortisol and suicidal behavior- a follow-up study // *Psychoneuroendocrinology*. – 2008. – Vol. 33(8). – P. 1061-1068.
20. Daryl B., Jessica A., Eamonn F., Ronan E., Rory C. Effects of childhood trauma on cortisol levels in suicide attempters and ideators // *Psychoneuroendocrinology*. – 2018. – Vol. 88(9). – P. 9-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2017.11.004>.
21. van Heeringen K., Audenaert K., Van de Wiele L., Verstraete A. Cortisol in violent suicidal behaviour: association with personality and monoaminergic activity // *J Affect Disord*. – 2000. – Vol. 60(3). – P. 181-9.
22. Kamali M., Saunders E., Prossin A., Brucksch C., Harrington G., Langenecker S., et al. Associations between suicide attempts and elevated bedtime salivary cortisol levels in bipolar disorder // *J Affect Disord*. – 2012. – Vol. 136(3). – P. 350-8.
23. Lee B., Kim Y. Potential peripheral biological predictors of suicidal behavior in major depressive disorder // *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. – 2011. – Vol. 35(4). – P. 842-7.
24. Johannes M., Marcus I., Manfred U., Florian H., Susanne L. Recurrent suicide attempts affect normalization of HPA axis dysregulation after recovery from major depression // *Front Psychiatry*. – 2022 – Vol. 12. – P. 13. DOI: [10.3389/fpsy.2022.937582](https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.937582).

25. Adrián A., Emilie O., Chloé G., Aurélie C., Isabelle C., Philippe C. Dexamethasone Suppression test may predict more severe/violent suicidal behavior // *Frontiers in Psychiatry, Sec. Mood Disorders*. – 2020. – Vol. 11. – P. 42-51. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.00097>.
26. Jokinen J., Carlborg A., Mårtensson B., Forslund K., Nordström A., Nordström P. DST non-suppression predicts suicide after attempted suicide // *Psychiatry Res*. – 2007. – Vol. 150(3). – P. 297-303.
27. Yerevanian B., Feusner J., Koek R., Mintz J. The dexamethasone suppression test as a predictor of suicidal behavior in unipolar depression // *J Affect Disord*. – 2004. – Vol. 83(2-3). – P. 103-108.
28. Beauchaine T., Crowell S., Hsiao R. Post-dexamethasone cortisol, self inflicted injury, and suicidal ideation among depressed adolescent girls // *J Abnorm Child Psychol*. – 2015. – Vol. 43(4). – P. 619-632.
29. Jokinen J., Nordström A., Nordström P. CSF 5-HIAA and DST non suppression — orthogonal biologic risk factors for suicide in male mood disorder inpatients // *Psychiatry Res*. – 2009. – Vol. 165(1-2). – P. 96-102.
30. Sivapriya R., John A. Cidlowski Corticosteroids-Mechanisms of Action in Health and Disease // *Rheum Dis Clin North Am*. – 2017. – Vol. 1. – P. 1-20.
31. O'Connor B., Ferguson E., Jessica G., O'Carroll R., Rory C. O'Connor Cortisol levels and suicidal behavior: A meta-analysis // *Psychoneuroendocrinology*. – 2016. – Vol. 63. – P. 370-379.
32. Genis-Mendoza D., Dionisio-García D., Gonzalez-Castro Th. et al. Increased Levels of Cortisol in Individuals With Suicide Attempt and Its Relation With the Number of Suicide Attempts and Depression // *Front. Psychiatry*. – 2022. – Vol. 13. – P. 36-45. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.912021>.
33. O'Connor, D., Green J., Ferguson E., O'Carroll R., & O'Connor R. Cortisol reactivity and suicidal behavior: Investigating the role of hypothalamic- pituitary-adrenal (HPA) axis responses to stress in suicide attempters and ideators // *Psychoneuroendocrinology*. – 2017. – Vol. 75. – P. 183-191.
34. Moncrieff J., Cooper R., Stockmann T. et al. The serotonin theory of depression: a systematic umbrella review of the evidence // *Molecular Psychiatry*. – 2022. – Vol. 28(8). – P. 1-14. DOI:10.1038/s41380-022-01661-0.
35. Cowen P., Browning M. What has serotonin to do with depression? // *World Psychiatry*. – 2015. – Vol. 2. – № 14. – P. 158-160. DOI:10.1002/wps.20229.
36. Heeringen van K., Mann J. The neurobiology of suicide // *The Lancet Psychiatry*. – 2014. – Vol. 1(1). – P. 63-72.
37. Arita H. The neuroscience of suicide // *Brain and Nerve Shinkei Kenkyu no Shinpo*. – 2012. – Vol. 64. – №. 8. – P. 929-935.
38. Mann J. The serotonergic system in mood disorders and suicidal behaviour // *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2013. – Vol. 368. – №. 1615. – P. 20120537.
39. Karkusova M. Biological effects of serotonin (review article) // *Journal of New Medical Technologies, e-edition*. – 2022. – Vol. 6. – P. 8. DOI: 10.24412/2075-4094-2022-6-3-12. EDN
40. David D., Gardier A. Les bases de pharmacologie fondamentale du système sérotoninergique: application à la réponse antidépressive // *The pharmacological basis of the serotonin system: Application to anti depressant response*. – 2016. Vol. 42(3). – P. 255-263. DOI: 10.1016/j.encep.2016.03.012.
41. Russo S. et al. Tryptophan as a link between psychopathology and somatic states // *Psychosomatic Medicine*. – 2003. – Vol. 65. – №. 4. – P. 665-671.
42. Badawy AA-B. Kynurenine pathway of tryptophan metabolism: regulatory and functional aspects // *Int J Tryptophan Res*. – 2017. – Vol. 10. – P. 1-20.

43. Agus A., Planchais J., Sokol H. Gut microbiota regulation of tryptophan metabolism in health and disease // *Cell Host Microbe*. – 2018. – Vol. 23(6). – P. 716–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chom.2018.05.003>
44. Li-Ming C., Chun-Hui B., Yu Wu1 et al. Tryptophan-kynurenine metabolism: a link between the gut and brain for depression in inflammatory bowel disease // *Journal of Neuroinflammation*. – 2021. – Vol. 18(135). – P. 2-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12974-021-02175-218:135>.
45. O'Mahony S.M., Clarke G., Borre Y.E., Dinan T.G., Cryan J.F. Serotonin, tryptophan metabolism and the brain-gut-microbiome axis // *Behav Brain Res*. – 2015. – Vol. 277. – P. 32-48.
46. Fuller-Thomson E., Sulman J. Depression and inflammatory bowel disease: findings from two nationally representative Canadian surveys // *Inflamm Bowel Dis*. – 2006. – Vol. 12. – P. 697-707.
47. Hashimoto T., Perlot T., Rehman A., Trichereau J., Ishiguro H., Paolino M., et al. ACE2 links amino acid malnutrition to microbial ecology and intestinal inflammation // *Nature*. – 2012. – Vol. 487(7408). – P. 477-481. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature11228>.
48. Hasler R., Feng Z., Backdahl L., Spehlmann M., Franke A., Teschendorff A., et al. A functional methylome map of ulcerative colitis // *Genome Res*. – 2012. – Vol. 22. – P. 2130-2137.
49. David D., Gardier A. Les bases de pharmacologie fondamentale du système sérotoninergique: application à la réponse antidépressive // *The pharmacological basis of the serotonin system: Application to antidepressant response*. – 2016. – Vol. 42(3). – P. 255-263. DOI: 10.1016/j.encep.2016.03.012.
50. Bамалан О., Алхалили Y. Physiology, Serotonin [Электронный ресурс]. – 2022. DOI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK545168> (дата обращения: 06.2024).
51. Deurwaerdère D., Giovanni D. Serotonin in Health and Disease // *Int J Mol Sci*. – 2020. – Vol. 10. – №21. – P. 3500. DOI: 10.3390/ijms2110350021.
52. Lauren A. Jones, Emily W. Sun, Alyce M. Martin, Damien J. Keating. The ever-changing roles of serotonin // *Int J Biochem Cell Biol*. – 2020. – №125. – P. 105776. DOI: 10.1016/j.biocel.2020.105776.
53. Francescangeli J., Karamchandani K., Powell M., Bonavia A. The Serotonin Syndrome: From Molecular Mechanisms to Clinical Practice // *Int J Mol Sci*. – 2019. – Vol. 9. – №20. – P. 2288. DOI: 10.3390/ijms20092288.
54. Cowen P.J., Browning M. What has serotonin to do with depression? // *World Psychiatry*. – 2015. – Vol. 2. – №14. – P. 158-160. DOI: 10.1002/wps.20229.
55. Zinchuk M.S., Geht A.B., Gulyaeva N.V., Avedisova A.S., Akzhigitov R.G., Grishkina M.N. Biological foundations of suicidal behavior // *Journal of Neurology and Psychiatry*. – 2016. – Vol. 8. – P. 94-101.
56. Sher L., Carballo J., Grunebaum M., Burke A., Zalsman G., Huang Y., Mann J., Oquendo M. A prospective study of the association of cerebrospinal fluid monoamine metabolite levels with lethality of suicide attempts in patients with bipolar disorder // *Bipolar Disord*. – 2006. – Vol. 8. – P. 543-550. DOI: 10.1111/j.1399-5618.2006.00319.
57. Carlborg A., Jokinen J., Nordström A., Jönsson E., Nordström P. CSF 5-HIAA, attempted suicide and suicide risk in schizophrenia spectrum psychosis // *Schizophr Res*. – 2009. – Vol. 112(1-3). – P. 80-85.
58. Carhart-Harris R., Nutt D. Serotonin and brain function: a tale of two receptors // *J Psychopharmacol*. – 2017. – T.31. – №9. – P. 1091-1120. DOI: 10.1177/0269881117725915.
59. Terry N., Margolis K.G. Serotonergic Mechanisms Regulating the GI Tract: Experimental Evidence and Therapeutic Relevance // *Handb Exp Pharmacol*. – 2017. – Vol. 319-342. – №239. – P. 319-342. DOI: 10.1007/164.

60. Heeringen van K., Mann J.J. The neurobiology of suicide // *The Lancet Psychiatry*. – 2014. – Vol. 1(1). – P. 63-72.
61. Kovalzon V.M. A modern view on the serotonin theory of depression. To the 90th anniversary of the outstanding Soviet and Russian psychopharmacologist Izyaslav Petrovich Lapin (1930-2012) // *Russian Neurological Journal*. – 2020. – Vol. 3. – P. 40-44. DOI: 10.30629/2658-7947-2020-25-3-40-44.
62. Oxenkrug G.F. Serotonin — kynurenine hypothesis of depression: historical overview and recent developments // *Curr. Drug Targets*. – 2013. – Vol. 14(5). – P. 514-521. DOI: <https://doi.org/10.2174/138945011131405000263>.
63. Anderson I.M., Parry Billings M., Newsholme E.A., Poortmans J.R., Cowen P.J. Decreased plasma tryptophan concentration in major depression: relationship to melancholia and weight loss // *Journal of Affective Disorders*. – 1990. – Vol. 20. – №3. – P. 185-191.
64. Aschbacher K., Epel E., Wolkowitz O.M., Prather A.A., Puterman E., Dhabhar F.S. Maintenance of a positive outlook during acute stress protects against pro-inflammatory reactivity and future depressive symptoms // *Brain, behavior, and immunity*. – 2012. – Vol. 26. – №2. – P. 346-352.
65. Thomas A.J., Davis S., Morris C., Jackson E., Harrison R., O'Brien J.T. Increase in interleukin-1beta in late-life depression // *The American journal of psychiatry*. – 2005. – Vol. 162. – №1. – P. 175-177.
66. Koo J.W., Duman R.S. IL-1beta is an essential mediator of the antineurogenic and anhedonic effects of stress // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2008. – Vol. 105. – P. №2. – P. 751-756.
67. Köhler O., Benros M.E., Nordentoft M., Farkouh M.E., Iyengar R.L., Mors O., Krogh J. Effect of anti-inflammatory treatment on depression, depressive symptoms, and adverse effects: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials // *JAMA psychiatry*. – 2014. – Vol. 71. – №12. – P. 1381-1391.
68. Kappelmann N., Lewis G. Antidepressant activity of anti-cytokine treatment: A systematic review and meta-analysis of clinical trials of chronic inflammatory conditions // *Molecular Psychiatry*. – 2018. – Vol. 23. – №2. – P. 335-343.
69. Darai F.M., Mann J.J., Sublett M.E. How lipids can influence the risk of suicidal behavior // *J. Psychiatrist. Decision*. – 2018. – Vol. 104. – P. 16-23.
70. Aguglia A., Giacomini G., Montagna E., America A., Excelsior A., Cappella M., Cutroneo L., Ferretti G., Scaffidi D., Costanza A., et al. Meteorological variables and suicidal behavior: air pollution and visible temperature are associated with high-fatality and male suicide attempts // *Front. Psychiatry*. – 2021. – Vol. 12. – P. 653390.
71. Jones B., Aprons S., Kleiber S., Hussein M., Mulsan B., Hussein M. Targeting metabolic dysfunction for the treatment of mood disorders: an overview of the evidence // *Life*. – 2021. – Vol. 11. – P. 819.

Р.К. Татаева¹, Л.Х. Акбаева¹, Д.А. Тагаев¹, А.М. Маханова²

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

²Қарағанды медицина университеті, Қарағанды, Қазақстан

Суицидтің нейробиологиялық негіздері

Андатпа. Шолу мақаласында суицидтік мінез-құлықтың қалыптасуының биологиялық факторлары мен патофизиологиялық механизмдері қарастырылған. Қазіргі өмірдің күйзелісі, оның негізінде психоэмоционалдық жағдайдың қалыптасуы, адамның биологиялық мәніне әсер ететін белгілі бір биологиялық механизмдер арқылы жүзеге асырылады. Көптеген әдеби деректерге сәйкес, суицид жағдайында патологиялық процеске тек орталық жүйке жүйесі ғана емес, сонымен қатар әртүрлі перифериялық компоненттер - организмнің перифериялық серотонин, триптофан, нейрокинурениндер, кортизол сияқты метаболиттік жүйелері де қатысады. Сонымен қатар, өзін-өзіне қол жұмсаудың маңызды факторы болып табылатын психикалық бұзылулардағы қабыну процесінің үлесі қызығушылық тудырады, атап айтқанда, иммунитет, цитокиндік жүйе, нейрогормональды реакциялар, сонымен қатар ішек-ми осінің құрамдас бөлігі ретінде, ішек микрофлорасы. Барлық осы байланыстар көп қырлы және суицидтік перифериялық белгілерді іздеуге мол мүмкіншілік береді.

Әдебиеттерді іздеу Web of Science, PubMed, Scopus, eLibrary дерекқорларында жүргізілді.

Түйін сөздер: суицид, нейротрансмиттерлер, гормондар, гипофиз-бүйрек үсті осі, серотонин, кортизол, қабыну, интерлейкиндер.

R.K. Tatayeva¹, L.Kh. Akbayeva¹, D.A. Tagayev¹, A.M. Makhanova²

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

²Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

Neurobiological basis of suicidality

Abstract. The review article examines the biological factors and pathophysiological mechanisms that contribute to the formation of suicidal behavior. The stress of modern life, being psychosocial at its core, is realized through certain biological mechanisms that affect the biological essence of a person. According to numerous literary sources, in case of suicide, not only the central nervous system is involved in the pathological process, but also various peripheral components - metabolic systems of the body, such as peripheral serotonin, tryptophan, neurokynurenines and cortisol. In addition, the contribution of the inflammatory process in mental disorders, which is an important factor in suicide, is of interest, in particular, immunity, the cytokine system, neurohormonal reactions, and also as a component of the gut-brain axis, intestinal microflora. All these connections are multifaceted and have implications for the search for peripheral markers of suicidality.

A comprehensive literature search was conducted using the Web of Science, PubMed, Scopus, and eLibrary databases.

Keywords: suicide, neurotransmitters, hormones, pituitary-adrenal axis, serotonin, cortisol, inflammation, interleukins.

Сведения об авторах:

Татаева Р.К. – доктор медицинских наук, профессор кафедры общей биологии и геномики, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13/2, Астана, Казахстан.

Акбаева Л.Х. – кандидат биологических наук, профессор, кафедра «Менеджмент и инженерия в области охраны окружающей среды», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13/2, г. Астана, Казахстан

Тагаев Д.А. – PhD, и.о. доцента кафедры общей биологии и геномики, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Кажымукана, 13/2, Астана, Казахстан.

Маханова А.М. – PhD докторант, «Медицинский университет Караганды», ул. Гоголя, 40, Караганда, Казахстан.

Tatayeva R.K. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Str. Kazhymukan, 13, Astana, Kazakhstan.

Akbayeva L.Kh. – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Management and Engineering in the Field of Environmental Protection, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan Street, Astana, Kazakhstan.

Tagayev D.A. – PhD, Acting Associate Professor of the Department of General Biology and Genomics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 13 Kazhymukan Street, Astana, Kazakhstan.

Makhanova A.M. – PhD student, Medical University of Karaganda NJSC, 40 Gogol st., Karaganda, Kazakhstan.



IRSTI 34.35.33
Scientific article

DOI:<https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-147-2-120-136>

Research on chlorophyll-a concentrations in freshwater lakes of Pavlodar region

Zh.K. Samenova¹ , N.T. Yerzhanov¹ , M.B. Uruzalinova^{1*} , M. Kravka² 

¹Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

²Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic

*Corresponding author: meruertmaj@mail.ru

Abstract. Freshwater ecosystems play a crucial role in maintaining ecological balance and ensuring human well-being. However, these ecosystems are increasingly threatened by anthropogenic activities. Pavlodar region has undergone rapid industrialization and urbanization, impacting its pristine lakes.

This article is part of a doctoral study on lakes located equidistant from each other, aimed at determining the chlorophyll-A levels in the lakes of Pavlodar region.

Seven lakes were purposefully selected from the numerous lakes in the region, considering various anthropogenic impacts. Water samples were collected in the spring of 2022.

A comparative assessment revealed significant differences in chlorophyll levels observed in several water bodies. The study identified polluted water basins in the region, highlighting critical areas that require urgent attention for environmental conservation.

The conducted analyses indicate possible processes of vegetation degradation and flooding, leading to a decrease in dissolved oxygen and potential environmental consequences. The obtained results underscore the importance of continuous monitoring and effective management strategies to preserve the ecological integrity of the studied water bodies.

This study provides valuable information on the ecological status of lakes in Pavlodar region and highlights the impact of both natural and anthropogenic factors on water quality. The findings underscore the need for targeted environmental efforts.

Keywords: fresh, origin, lake, water pollution, chlorophyll-a.

Introduction

Currently, environmental issues have taken precedence in terms of importance [1].

The environment is subjected to significant anthropogenic impacts [2]. Gleick argues that the most crucial water-related problem is its inability to meet basic human needs [3]. Human activities, such as excessive groundwater extraction and widespread surface water pollution, have outpaced nature's capacity to replenish water resources [4]. As a result, natural sources of freshwater are experiencing immense strain, necessitating the monitoring of water quality [5].

Lakes are valuable resources that provide a wide range of environmental services. However, their ecological functions are threatened by eutrophication [6,7,8]. While monitoring and research on lake water are systematically conducted primarily in large reservoirs [9,10,11], the study of shallow lakes has become a priority.

In freshwater ecosystems, algae serve as the foundational element of the trophic pyramid. Their primary ecological function encompasses the generation of oxygen and the photosynthetic production of autochthonous organic matter. This organic matter, constituting the energy foundation, sustains organisms at higher trophic levels and plays a crucial role in all subsequent stages of the production process within extensive lakes and reservoirs [12].

Chlorophyll-a is the primary pigment in green plants, including unicellular algae (phytoplankton). Among the numerous pigments present in the photosynthetic apparatus of algae, chlorophyll-a plays a pivotal role in the process of photosynthesis. Information regarding the concentration of chlorophyll-a and its variability in aquatic environments serves as a criterion for assessing the biomass reserves of phytoplankton and its production, as well as an indicator of water pollution. Together with other measurements of active biomass, determining the concentration of chlorophyll-a provides insights into the quantity and potential activity of algal photosynthesis. The concentration of chlorophyll-a is indicative of the degree of trophication in surface waters [13].

A central challenge in the management of lake eutrophication lies in the substantial variability observed in the nutrient-chlorophyll a (Chl-a) relationship, stemming from diverse factors such as lake depth, trophic status, and latitude. To address the variability arising from spatial heterogeneity, a robust and comprehensive understanding of the nutrient Chl-a relationship can be attained by employing probabilistic methods for the analysis of data aggregated across an extensive spatial scale [14].

The elevated chlorophyll-a concentration in the lake foreshadows various consequences, including eutrophication driven by an excess of phosphorus and nitrogen. This can lead to the accelerated proliferation of algae and oxygen desorption, resulting in the degradation of the aquatic ecosystem. This process significantly impacts the biomass and production of phytoplankton and serves as an indicator of water quality challenges, underscoring the imperative for systematic monitoring to comprehend and manage ecological changes in the lake environment [15].

Aquatic contamination is another significant issue affecting the utilization of available water reserves in Kazakhstan. Currently, 50-70 % of land water in the country is assessed as "polluted" or "highly polluted" in relation to environmental standards [16].

The data from the specialized scientific technical program “The assessment of resources and forecast of the use of natural waters in Kazakhstan in conditions of anthropogenic and climatically determined changes” developed by the Institute of Geography with the support of the Secretariat of the Security Council and the Ministry of Education and Science, indicates that the country faces a comprehensive range of hydrological threats associated with water pollution and scarcity [17].

The primary objective of this study is to identify the chlorophyll-a concentration in lakes in Pavlodar region of Kazakhstan to assess the extent of eutrophication impact on the freshwater lake in Pavlodar region.

Methodology

One of the methods for assessing trophic levels is based on determining the concentration of chlorophyll-a, which has been employed in comprehensive studies assessing the ecological condition of water bodies in Pavlodar region.

The study was conducted in the Pavlodar region of Kazakhstan, which covers an area of 124,8 thousand km². This region is situated in the suture zone between the Central Kazakhstan hilly area and the West Siberian lowland, with the Irtysh River dividing it into two unequal parts from southeast to northwest (Figure 1) [18].

The left bank of the region is predominantly occupied by the Central Kazakhstan hilly area, characterized by low-hill terrains with decreasing absolute elevations from south to north and northeast, ranging from 1056 to 150 meters. The slopes of the hilly area gradually flatten, and they are covered by sandy-clay deposits from the Mesozoic-Cenozoic Irtysh cavity in the West Siberian lowland. The Irtysh plain is notable for its lack of drainage and the abundance of saline and saltish lakes. Most of the lakes in this area are formed as a result of snowwater filling various depressions [18].

In terms of precipitation, the Pavlodar region falls within an insufficient moisture zone. Precipitation is highly uneven both spatially and throughout the year. There is a slight increase in precipitation in the lowlands (280-300 mm/year), the extreme northeast and southeast (300-360 mm/year), where birch-aspen groves and pine forests grow. In the vast territory of the region, precipitation ranges from 200 to 250 mm. Winter receives the least amount of precipitation, accounting for 24-32 % of the annual total. The snow cover height varies from 10-20 cm in the open steppe to 30-40 cm in forested areas. By early spring snowmelt, the moisture reserve in the snow ranges from 10 to 70 mm, with an average of 40 mm. The average long-term evaporation from open water surfaces is 700-800 mm, and evaporation from the soil reaches 250-300 mm per year [18].

The region is home to approximately 1200 lakes [19]. Table 1 provides information on the size and salinity classification of these lakes.

Table 1

Number of lakes in Pavlodar region

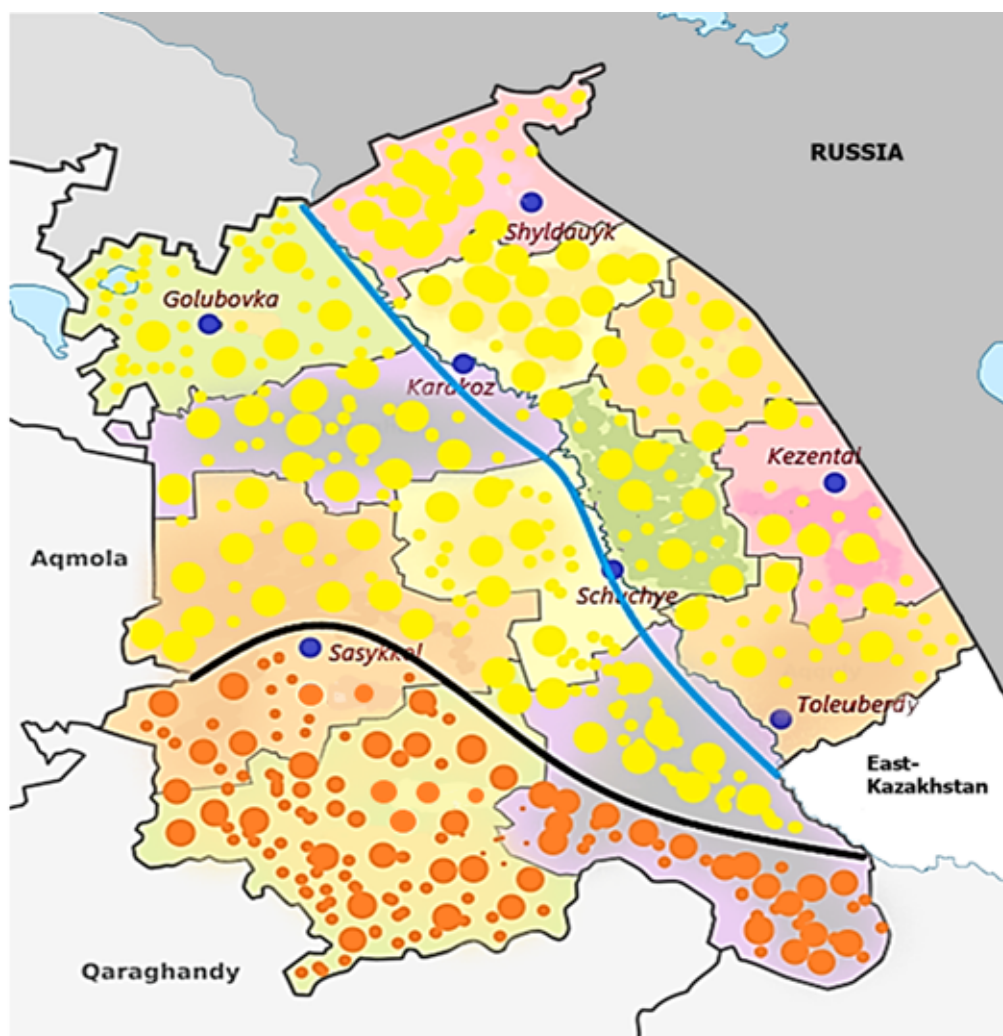
Lake surface area, km ²	Fresh		Saline		Total	
	Number	% of total	Number	% of total	Number	% of total
to 1	297	24,6	500	41,4	797	66,0
1,1-2,0	52	4,3	136	11,3	188	15,6
2,1-5,0	27	2,2	113	9,4	140	11,6
5,1-10,0	8	0,7	45	3,7	53	4,4
10,1-50,0	0	0	25	2,0	25	2,0
more than 50	0	0	5	0,4	5	0,4
total	384	31,8	824	68,2	1208	100

In addition to natural factors, anthropogenic activities play a significant role in the Pavlodar region. The main industries in the region include mining, oil refining, chemical industry, ferrous and non-ferrous metallurgy, and energy [20,21]. One of the primary sources of pollution in the region is the thermal power plants that utilize the high-ash Ekibastuz coal technology [22]. The majority of emissions originate from industrial enterprises located in Ekibastuz city (46 %), Aksu city (26,5 %), and Pavlodar city (25,5 %), while other districts account for only about 2 % of emissions [23].

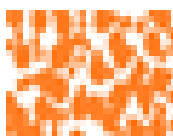
Most lakes in the Pavlodar region exhibit variability in hydrological and hydrochemical regimes, influenced by long-term changes in climate humidification and varying groundwater inputs. Shallow lakes of suffusion origin, which have no connection with soil or confined aquifers, are more susceptible to frequent drying and sharp increases in mineralization. Deep-cut lakes, such as Zhalauly, Selety-Tengiz, Maraldy, Teke, Altybaysor, and others, represent remnants of the ancient hydrographic network. These lakes serve as local discharge areas for confined aquifers in Neogene, Paleogene, and partly Cretaceous deposits, which contributes to their relatively stable hydrological regime [18].

From a hydrogeological perspective, the Pavlodar region is situated within the second-order Irtysh artesian basin. The Irtysh artesian basin is part of the extensive first-order West Siberian basin. The remaining territory of the region falls within the hilly area (Kokshetau-Ekibastuz hydrogeological region of the second order) [18] (Figure 1).

In the low-rise areas, a significant number of lakes are formed, although only a few have a long-standing existence. In the Bayan-Aul mountains, for instance, there are freshwater lakes that persistently occupy the deepest intermountain depressions of tectonic origin. The Bayan-Aul group of lakes comprises mountain or semi-mountain reservoirs with relatively deep waters (up to 13 meters) and clear freshwater. These lakes exhibit poor growth of aquatic vegetation within them [24].



– Irtysch artesian basin. The II order hydrological region



– Kokchetau-Ekibastuz basin. The I order hydrological region

Figure 1. Hydrogeological zoning of Pavlodar region territory

Limnological studies have revealed that several lakes in Northeast Kazakhstan, characterized by pronounced seasonal and long-term fluctuations in water levels, are subject to significant anthropogenic influence. This influence has resulted in numerous alterations to the natural landscapes, including a general decrease in the water surface level. The lakes in the region vary in size and shape, ranging from small reservoirs with diameters of a few meters to large ones.

The collection of data on the current geo-ecological state of lake geosystems in Northeast Kazakhstan covers the period from 2006 to 2013. The research was conducted using various

methods, including literary and cartographic analysis, comparative and historical approaches, route surveys, and the application of zoning and GIS (geographic information system) technologies. During the field study, distinct typological units of natural limnocomplexes were identified [25].

The lakes in the region are generally shallow, with depths rarely exceeding 1-1,5 meters. In most cases, their depth ranges from 40-50 centimeters. Many lakes experience complete drying up during the summer, transforming into sors and salt marshes [25,26].

The central floodplain of the region is characterized by a flattened topography and optimal moisture conditions. It features a multitude of saucer-like depressions, small ravines, and elongated depressions (former channels). These depressions, filled with meltwater and runoff, give rise to small reservoirs, many of which dry up in the summer [25].

Golubovka lake is located in Pavlodar region's Irtysh district of the Irtysh artesian basin of the II order hydrological region. (53°8'30"N, 74°9'18"E). Maximum distance between lake endpoints – 4,43 miles. Reservoir was formed by deflation as basin of arid zones [27]. Degree of mineralization – fresh (Fig. 2) .

Karakoz lake is located in Pavlodar region's Terenkol district of the Irtysh artesian basin of the II order hydrological region. (53°1'48"N, 76°14'22"E) Maximum distance between lake endpoints – 1,08 miles. Rhithral basin was shaped by the river [27], degree of mineralization – fresh.

Kezental is located in Pavlodar region's Shcherbaky district of the II order hydrological region Irtysh artesian basin. (52°13'31"N, 78°33'54"E). Maximum distance between lake endpoints – 0,20 miles. It is artificial type of lake [27], degree of mineralization – fresh (Fig.3) .

Sasykkol is located in Pavlodar region's Ekibastuz district of the I order Kokshetau-Ekibastuz basin hydrological district. (51°47'24"N, 75°16'17"E). Maximum distance between lake endpoints – 2,07 miles. Shallow lake formed by deflation as basins of arid zones [27], degree of mineralization is fresh.

Schuchye lake is located in Pavlodar region's Pavlodar district of the II order Irtysh artesian basin hydrological district. (52°9'36"N, 76°57'52"E). Maximum distance between lake endpoints – 0,98 miles. A basin was shaped by river – rhithral [27], degree of mineralization – fresh.

Shyldauyk is located in Pavlodar region's Zhelezinsky district of Irtysh artesian basin of the II order hydrological region. (53°45'25"N, 76°47'3"E). Maximum distance between lake endpoints – 0,64 miles. Shallow Lake is formed by deflation as basins of arid zones [27], degree of mineralization – fresh.

Toleuberdy is located in Pavlodar region's Akku district of the II order hydrological region of Irtysh artesian basin. Maximum distance between lake endpoints – 1,52 miles. (51°22'5"N, 78°12'28"E). Водоем природного происхождения. This lake refers to potamal type as the river carries sand and mud only [27], degree of mineralization – fresh.



Figure 2. A snippet from Google maps – Golubovka lake



Figure 3. A snippet from Google maps – Kezental lake

The method of assessing trophic status through the determination of chlorophyll-a content was employed in comprehensive studies of the ecological condition and trophic status of water bodies in the Pavlodar region, conducted from April 15 to April 20, 2022.

Seven samples from different regions of Pavlodar region were analyzed to determine the content of chlorophyll substances. The lakes included in the study are Karakoz, Schuchye, Kezental, Toleuberdy, Golubovka, and Shyldauyk. The selection of these lakes corresponds

to the hydrological regions of the first and second order. The sampling process followed recommendations and built upon the experience gained from previous studies [26,28]. To collect the samples, a bathometer was utilized.

The samples were collected from the studied reservoirs in spring of 2022. For the monitoring, the determination of chlorophyll-a indicators was conducted within 2-3 days after sampling. Spectrophotometric method was utilized for the analysis.

The monitoring was carried out within 5-7 days using analyzers that comply with international standards such as ISO-IEC (International Organization for Standardization - International Electrotechnical Commission) and EPA (Environmental Protection Agency).

Lake samples were testing through external monitoring at the Helmholtz Research Center, Chemical Laboratory, Germany (Table 2).

Discussion

The trophic status assessment of water bodies in Pavlodar region was conducted utilizing the chlorophyll-a determination method. The results are comprehensively presented in the table, encompassing absorption values for various water bodies, as well as concentrations of chlorophyll-a and its degree of coloring (DIN). The data were collected from April 15 to April 20, 2022.

Evidently, the majority of water bodies exhibit diverse levels of chlorophyll-a content, indicating fluctuations in trophic status. For instance, Shydauyk water body demonstrates a high chlorophyll-a level (29.8 mg/l), suggesting the presence of eutrophication and biological activity. In contrast, Golubovka and Schuchie exhibit more moderate values (1.9 mg/l and 25.5 mg/l, respectively).

Comparing these findings with established standards and norms for chlorophyll-a allows for the identification of potential exceedances. Values surpassing established norms, such as those in Sasykkol (72.2 mg/l) and Karakoz (82.7 mg/l), may indicate high phytoplankton activity and eutrophication.

Consequently, the research results provide crucial insights into the trophic status of water bodies and form the basis for further analyses of the impact of various factors on aquatic ecosystems in this region.

Results

Microsoft Excel 2013 software methods were used for data processing and creating a graph-association (Fig.4). The processed analytical data are presented in table 2.

Table 2

Analytical data

Object (Lake)	Absorption	Absorption	Absorption (spectral)	Absorption (spectral)	Filtration volume	Extraction volume		Validity criterion	Chlorophyll-a	Chlorophyll's degree (DIN)
			Acidity	Acidity	ml	ml	R ChlA	1 -1,7	mg/l	mg/l

	665 nm	750 nm	665 nm	750 nm						
STD 200 mg/l (from 8.07.21) in pro- portion 1:100. 2100 mg/l of Chloro- phyll	0,1779	0,0012	0,1080	0,0010	1	1	1,65	1,65	2063,1	2063,12
Shyda- uyk	0,0995	0,0060	0,0726	0,0079	200	7	1,37	1,45	29,8	29,84
Golu- bovka	0,1289	0,0111	0,1270	0,0110	200	7	1,01	1,02	1,9	1,86
Schu- chie	0,1030	0,0039	0,0789	0,0044	200	7	1,31	1,33	25,5	25,49
Sasyk- kol	0,0770	0,0055	0,0071	0,0053	200	7	10,85	39,72	72,2	72,21
Kara- koz	0,0890	0,0046	0,0091	0,0045	200	7	9,78	18,35	82,7	82,67
Toleu- berdy	0,0224	0,0031	0,0180	0,0035	200	7	1,24	1,33	5,0	4,97
Kezen- tal	0,0380	0,0038	0,0364	0,0038	200	7	1,04	1,05	1,7	1,66
STD 200 mg/l (8.07.21) in propo- rtion 1:200. 1050 mg/l of CHLA	0,0841	0,0000	0,0490	0,0000	1	1	1,72	1,72	1039,0	1038,96
STD 200 mg/l (8.07.21) in propo- rtion 1:200. 1050 mg/l CHLA	0,0834	0,0000	0,0478	0,0000	1	1	1,74	1,74	1053,8	1053,76
	500 ml/ 7ml									

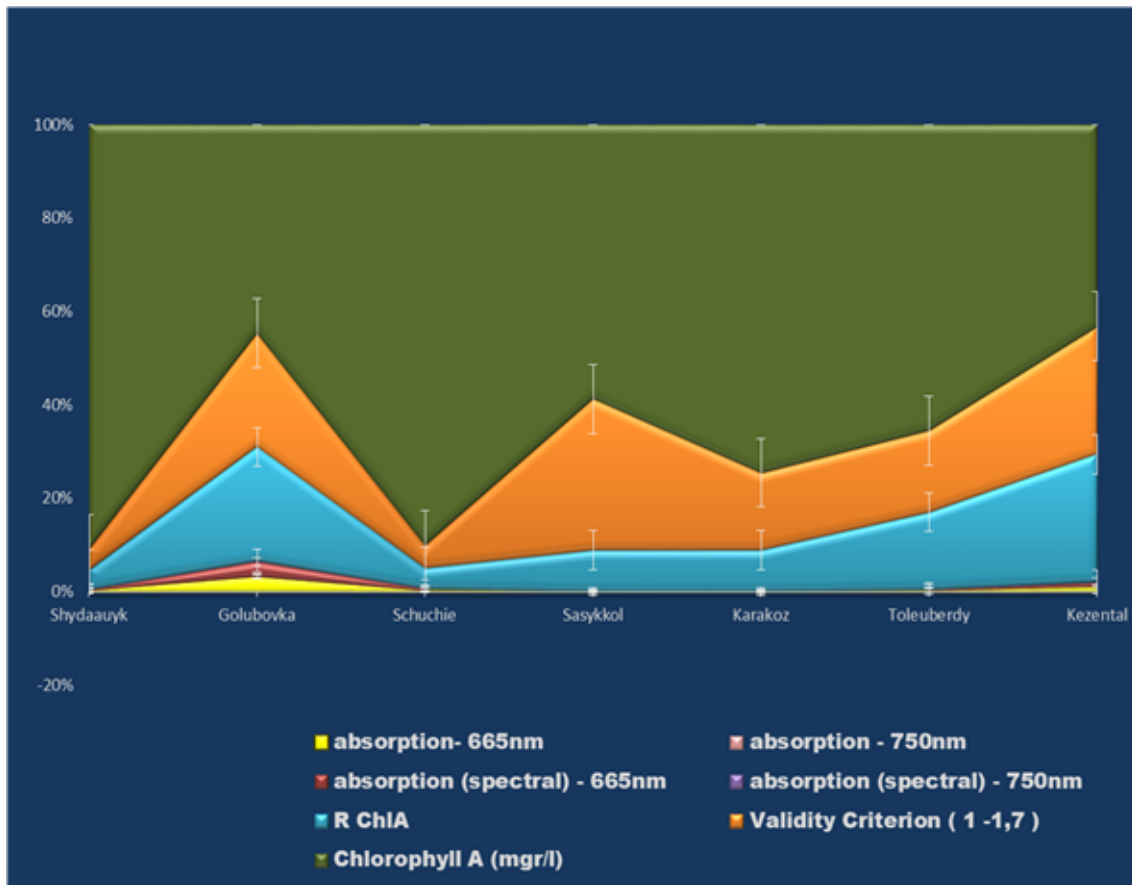


Figure 4. The graph-association of degree chlorophyll-a in lakes

The assessment of trophic status in water bodies of the Pavlodar region was conducted using the method of chlorophyll-a determination. The results are presented in the table, which includes values of absorption for various water bodies, as well as concentrations of chlorophyll-a and its degree of coloring (DIN). The data were obtained from April 15 to April 20, 2022.

It is evident that most water bodies exhibit diverse levels of chlorophyll-a content, indicating variations in trophic status. For instance, the Shydaayuk water body demonstrates a high level of chlorophyll-a (29,8 mg/l), suggesting the presence of eutrophication and biological activity. Meanwhile, Golubovka and Schuchie display more moderate values (1,9 mg/l and 25,5 mg/l, respectively).

Comparing these findings with established standards and norms for chlorophyll-a allows identification of potential exceedances. For instance, values surpassing set norms, such as in Sasykkol (72,2 mg/l) and Karakoz (82,7 mg/l), may indicate high phytoplankton activity and eutrophication.

Thus, the research results provide crucial insights into the trophic status of water bodies and form the basis for further analyses of the impact of various factors on the aquatic ecosystems in this region.

Conclusion

Based on the findings of the conducted study, several pivotal observations can be delineated concerning the trophic status of fishery water bodies within the Pavlodar region:

Variability in Chlorophyll-a Concentrations: The analysis outcomes unveil substantial fluctuations in the levels of chlorophyll-a across diverse water bodies. This signifies distinctions in trophic status and biological activity within the scrutinized aquatic entities.

Potential Indicators of Eutrophication: Specific water bodies, exemplified by Sasykkol and Karakoz, manifest elevated concentrations of chlorophyll-a (72,2 mg/l and 82,7 mg/l, respectively), implying plausible eutrophication and heightened phytoplankton activity.

Divergence in Responses Among Water Bodies: Discrepancies in chlorophyll-a content observed among water bodies like Shydauyk, Golubovka, and Schuchie suggest a spectrum of conditions and influences to which these aquatic systems are subjected.

Imperative for Further Inquiry: The acquired results underscore the imperative of conducting supplementary research to attain a more profound comprehension of the factors impacting the trophic status of fishery water bodies in the region. This is indispensable for formulating targeted measures conducive to the management of aquatic ecosystems.

In summation, the scrutiny of chlorophyll-a content imparts invaluable insights for the assessment of ecological conditions and the efficacious administration of fishery water bodies. The identified trends furnish a basis for the formulation of ecologically sustainable strategies in fisheries.

Author contributions

Zh. Samenova, provided conceptualization, methodology, data collection, wrote the writing-original draft, made formal analysis, supply investigation, wrote review and editing, contributed in supervising.

N. Yerzhanov oversaw the project administration, contributed in supervising, prepared conceptualization, and methodology.

M. Uruzalinova participated in writing - visualization.

M. Kravka oversaw the project administration, prepared methodology.

All authors have made substantial contributions to the research, critically reviewed and approved the final version of the manuscript, and agreed to take responsibility for all aspects of the work, ensuring its accuracy and integrity.

References

1. Ванштайн В.О. Наблюдение за экологическим состоянием природных поверхностных вод Южного Урала// Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сборник статей международной научно-практической конференции. – Казань: МТСИ Омега Сайнс, 2017. – С. 10-11.
2. Kennish M. Encyclopedia of Estuaries //Anthropogenic impacts. Springer Neth. – 2016. – Vol. 1. – P. 29-35.

3. Gleick P. Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century // Science. – 2003. – Vol. 302. – P. 1524-1528.
4. Noorzi H. Fresh Water's Vulnerability from Population Growth, Conference Paper, 1-4 (2011).
5. Чибилёв А., Левикин С. Ландшафтно-экологические последствия освоения целины в Заволжье и Казахстане: тезисы докладов научно-практической конференции, посвященной 40-летию освоения целины. – Оренбург: Издание ВНИИМС, 1994. – С. 52-54.
6. Dornhofer K., Oppelt N. Remote sensing for lake research and monitoring – Recent advances // Ecological Indicators. – 2016. – Vol. 64. – P. 105-122.
7. Zheng Chong, Yang Wei, Yang Zhifeng. Environmental flows management strategies based on the spatial distribution of water quality, a case study of Baiyangdian Lake, a shallow freshwater lake in China // Procedia Environmental Science. – 2010. – Vol. 2. – P. 896-905.
8. Koski V., Kotamäki N., Hämäläinen H., Meissner K., Karvanen J., Kärkäinen S. The value of perfect and imperfect information in lake monitoring and management // Science of the total environment. – 2020. – Vol. 726. – P. 1-10.
9. Palmer M., Wintera J., Young J., Dillon P., Guildford S. Introduction and summary of research on Lake Simcoe: Research, monitoring, and restoration of a large lake and its watershed // Journal of Great Lake Research. – 2011. – Vol. 37, Supplement 3. – P. 1-6.
10. Johnson T. Sedimentation in Large Lakes // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. – 2003. – Vol. 12. – P. 179-204.
11. Ding X., Li X. Monitoring of the water-area variations of Lake Dong-ting in China with ENVISAT ASAR images // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2011. – Vol. 13, issue 6. – P. 894-901.
12. Mineeva N. Chlorophyll and Its Role in Freshwater Ecosystem on the Example of the Volga River Reservoirs // Chlorophylls. – 2022. – Chapter 4. – P. 1-21.
13. Расулова М.М., Гаджиев А.А., Рабаданова А.А. Содержание хлорофилла-а в озерах приморской низменности Дагестана и их трофический статус // География и геоэкология. Юг России: экология, развитие. – 2012. – № 2. – С. 100-102 (2012).
14. Zhao L., Zhu R., Zhou Q., Jeppesen E., Yang K. Trophic status and lake depth play important roles in determining the nutrient-chlorophyll a relationship: Evidence from thousands of lakes globally // Water Research. – 2023. – Vol. 242. – P. 120-182.
15. Науменко М.А. Эвтрофирование озер и водохранилищ. – Санкт-Петербург: изд. РГГМУ, 2007. – 100 с.
16. Karatayev M., Kapsalyamova Z., Spankulova L., Skakova A., Movke-bayeva G., Kongyrbay A. Priorities and challenges for a sustainable management of water resources in Kazakhstan // Sustainability of water quality and ecology. – 2017. – Vol. 9-10. – P. 115-135.
17. Жумагулов Т. Проблемы дальнейшего развития законодательства Республики Казахстан в области обеспечения водной безопасности // Вестник КазНУ, Серия юридическая. – 2015. – № 4(76). – С. 226-230.
18. Шаймерденов Н. Водные ресурсы Павлодарской области. – Павлодар: Эко, 2002. – 131 с.
19. Азат С., Кабрахманова С., Кабрахманова А., Абдиев К., Арып К., Кульдеев Е., Халхабай Б., Султанхан Ш., Раш А. Качественные показатели питьевой воды Майского района Павлодарской области Республики Казахстан // Вестник НЯЦ РК. – 2023. – № 2. – С. 25-32.

20. Mahmood M., Orazalin N. Green governance and sustainability report-ing in Kazakhstan's oil, gas, and mining sector: Evidence from a former USSR emerging economy // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 164. – P. 389-397.

21. Baubekova A., Akindykova A., Mamirova A., Dumat C., Jurjanz S. Evaluation of environmental contamination by toxic trace elements in Kazakh-stan based on reviews of available scientific data // Environmental Science and Pollution Research. – 2021. – Vol. 28. – P. 43315-43328.

22. Valeeva D., Kunilova I., Alpatov A., Mikhailova A., Goldberg M., Kondratiev A. Complex utilisation of Ekibastuz brown coal fly ash: Iron and carbon separation and aluminum extraction // Journal of Cleaner Production. – 2019. – Vol. 218. – P.192-201.

23. Nosenko Y.G., Safarov R. Z., Mukanova R. Zh, Zhunusova K.Z., Bai-murat M., Zhanibekova A.T., Ecological problems of Pavlodar region, Materials of the International Scientific Conference “Global Science and Innovations 2018”. – Eger: Eurasian Center of Innovative Development «DARA», 2018. – P. 217-223.

24. Сидорова А., Баимбетов А., Махмутова Р. Рыбохозяйственная оценка водоемов Павлодарской области: материалы научной конференции по проблеме: «Биологические основы освоения, рационального использования и воспроизводства рыбных запасов в водоемах Средней Азии и Казахстана». – Алма-Ата: Наука, 1966. – С. 154-168.

25. Царегородцева А. Лимнологические особенности озерных геосистем Северо-Восточного Казахстана в рассмотрении вопросов устойчивости природно-аквальных комплексов// Успехи современного естествознания, Географические науки. – Москва: Академия естествознания, 2014, 51-55 с.

26. Romanova S., Kazangapova N. Quality of waters lakes Kazakhstan in contemporaneous period (for example of lake Kopa) // International Journal of Biology and Chemistry. – 2013. – № 6, 2. – P. 65-70.

27. O'Sullivan P.E., Reynolds C.S. The lakes handbook: limnology and limnetic ecology, 1. – Blackwell publishing, 2008, 700 p.

28. Ходоровская Н.И., Кандерова О.Н. Физико-химические и гидро-биологические методы исследования экологического состояния водоемов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2002, 70 с.

Ж.Қ. Саменова¹, Н.Т. Ержанов¹, М.Б. Урузалинова¹, М. Кравка²

¹Торайғыр университеті, Павлодар, Қазақстан

²Чех техникалық ғылымдар университеті, Прага, Чехия

Павлодар облысының тұщы су көлдеріндегі хлорофилл-а деңгейін зерттеу

Аңдатпа. Тұщы судың экожүйелері экологиялық тепе-теңдік пен адамның әл-ауқатын сақтауда шешуші рөл атқарады. Дегенмен, бұл экожүйелерге әртүрлі антропогендік әрекеттердің қаупі артып келеді. Қазақстанның Павлодар облысы қарқынды индустрияландыру мен урбанизацияны бастан өткерді, бұл оның таза көлдеріне тікелей әсер етті.

Бұл мақала Павлодар облысындағы бір-бірінен бірдей қашықтықта орналасқан кейбір көлдердегі хлорофилл-а деңгейін анықтау мақсатында докторлық зерттеу аясында жазылған.

Әртүрлі антропогендік әсерлерді ескере отырып, Павлодар облысындағы көптеген көлдердің ішінен зерттеу үшін мақсатты түрде жеті көл таңдалды. Су үлгілері 2022 жылдың көктемінде алынды.

Салыстырмалы бағалау бірнеше көлдерде байқалған хлорофилл деңгейінде айтарлықтай айырмашылықтарды анықтады. Зерттеу нәтижелері аймақтағы ластанған су бассейндерін анықтап, қоршаған ортаны сақтау үшін шұғыл назар аударуды қажет ететін маңызды аймақтарды атап өтті.

Жүргізілген талдаулар еріген оттегінің төмендеуіне және экологиялық зардаптарға әкелетін ықтимал өсімдіктердің деградациясын және су басу процестерін көрсетті. Алынған нәтижелер зерттелетін су объектілерінің экологиялық тұтастығын сақтау үшін тұрақты мониторинг пен тиімді басқару стратегияларының маңыздылығын көрсетеді.

Бұл зерттеу Қазақстандағы Павлодар облысы көлдерінің экологиялық жағдайы туралы құнды мәліметтер береді және су сапасына табиғи және антропогендік факторлардың әсерін көрсетеді. Зерттеу қорытындылары мақсатты экологиялық әрекеттердің қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: тұщы, шығу тегі, көл, судың ластануы, хлорофилл-а.

Ж.Қ. Саменова¹, Н.Т. Ержанов¹, М.Б. Урузалинова¹, М. Кравка²

¹Торайғыров университет, Павлодар, Қазақстан

²Чешский университет технических наук, Прага, Чехия

Исследование уровня хлорофилла-а в пресноводных озерах на территории Павлодарской области

Аннотация. Пресноводные экосистемы играют ключевую роль в поддержании экологического баланса и обеспечении благополучия человека. Однако экосистемы все более подвергаются угрозам антропогенной деятельности. Павлодарская область пережила быструю индустриализацию и урбанизацию, что повлияло на его первозданные озера.

Данная статья была написана в рамках докторского исследования озер, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга, с целью определения уровня хлорофилла А в озерах региона Павлодар.

Для исследования было целенаправленно выбрано семь озер из большого числа озер региона с учетом различных антропогенных воздействий. Образцы воды были собраны весной 2022 года.

Сравнительная оценка выявила значительные различия в уровнях хлорофилла, наблюдаемых в нескольких водоемах. Исследование выявило загрязненные водные бассейны в регионе, что подчеркивает критические зоны, требующие срочного внимания для сохранения окружающей среды.

Проведенные анализы указывают на возможные процессы деградации растительности и затопления, приводящие к уменьшению растворенного кислорода и потенциальным последствиям для окружающей среды. Полученные результаты подчеркивают важность непрерывного мониторинга и эффективных стратегий управления для сохранения экологической целостности изученных водоемов.

Данное исследование предоставляет ценную информацию о экологическом состоянии озер в регионе Павлодарской области и выделяет влияние как естественных, так и антропогенных факторов на качество воды. Полученные результаты подчеркивают необходимость целевых экологических усилий.

Ключевые слова: пресный, происхождение, озеро, загрязнение воды, хлорофилл-а.

References

1. Venshtein V.O. Nablyudeniye za ekologicheskim sostoyaniyem prirodnykh poverkhnostnykh vod Yuzhnogo Urala, Vzaimodeistviye nauki i obshchestva: problemy i perspektivy, Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Kazan': MTSII Omega Scince. [Observation of the ecological state of natural surface waters of the Southern Urals, Interaction sciences and societies: problems and prospects, Collection of the International Scientific and Practical Conference: in 4 parts, Kazan': Omega Science], 10-11 (2017). [in Russian]
2. Kennish M. Encyclopedia of Estuaries, Anthropogenic impacts. Springer Neth., 1, 29-35 (2016).
3. Gleick P. Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century, Science, 302, 1524-1528 (2003).
4. Noorzi H. Fresh Water's Vulnerability from Population Growth, Conference Paper, 1-4 (2011).
5. Chibilyov A., Levikin S. Landshaftno-ekologicheskiye posledstviya osvoyeniya tseliny v Zavolzh'ye i Kazakhstane, Tezis dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy soroka letiyu osvoyeniya tseliny, Orenburg: Izdaniye VNIIMS. [Landscape and ecological consequences of Tselina development in the Volga region and Kazakhstan, Thesis report of the scientific and practical conference dedicated to the 40-th anniversary of the development of Tselina, Orenburg: All-Russian Scientific Research Institute of Beef Cattle Breeding], 52-54 (1994). [in Russian]
6. Dornhofer K., Oppelt N. Remote sensing for lake research and monitoring – Recent advances, Ecological Indicators, 64, 105-122 (2016).
7. Zheng Chong, Yang Wei, Yang Zhifeng. Environmental flows management strategies based on the spatial distribution of water quality, a case study of Baiyangdian Lake, a shallow freshwater lake in China, Procedia Environmental Science, 2, 896-905 (2010).
8. Koski V., Kotamäki N., Hämäläinen H., Meissner K., Karvanen J., Kärkäinen S. The value of perfect and imperfect information in lake monitoring and management, Science of the total environment, 726, 1-10 (2020).
9. Palmer M., Winterra J., Young J., Dillon P., Guildford S. Introduction and summary of research on Lake Simcoe: Research, monitoring, and restoration of a large lake and its watershed, Journal of Great Lake Research, 37(3), 1-6 (2011).
10. Johnson T. Sedimentation in Large Lakes, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 12, 179-204 (2003).
11. Ding X., Li X. Monitoring of the water-area variations of Lake Dongting in China with ENVISAT ASAR images, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 13(6), 894-901 (2011).
12. Mineeva N. Chlorophyll and Its Role in Freshwater Ecosystem on the Example of the Volga River Reservoirs, Chlorophylls, 4, 1-21 (2022).
13. Rasulova M.M., Gadzhiev A.A., Rabadanova A.A. Soderzhaniye khlorofilla-a v ozerakh primorskoj nizmennosti dagestana i ikh troficheskiy status, Geografiya i geoekologiya. Yug Rossii: ekologiya, razvitiye. [The content of chlorophyll-A in coastal lakes lowlands of Dagestan and their trophic status, Geography and geoecology. The South of Russia: ecology, development], 2, 100-102 (2012). [in Russian]
14. Zhao L., Zhu R., Zhou Q., Jeppesen E., Yang K. Trophic status and lake depth play important roles in determining the nutrient-chlorophyll a relationship: Evidence from thousands of lakes globally, Water Research, 242, 120-182 (2023).

15. Naumenko M.A. Evtrofirovaniye ozor i vodokhranilishch [The eutrophication of lakes and reservoirs] (SPb: RSHMU publ., 2007, 100 p.). [in Russian]
16. Karatayev M., Kapsalyamova Z., Spankulova L., Skakova A., Movkebayeva G., Kongyrbay A. Priorities and challenges for a sustainable management of water resources in Kazakhstan // Sustainability of water quality and ecology. – 2017. – Vol. 9-10. – P.115-135.
17. Zhumagulov T. Problemy dal'neyshego razvitiya zakonodatel'stva Respubliki Kazakhstan v oblasti obespecheniya vodnoy bezopasnosti, Vestnik KazNU, Seriya yuridicheskaya. [Issues of further development of the Republic of Kazakhstan legislation in the sphere of ensuring water security, KazNU Bulletin, Law series], 4(76), 226-230 (2015). [in Russian]
18. Shaimerdenov N. Vodnyye resursy Pavlodarskoy oblasti [Water resources of Pavlodar area] (Pavlodar: Eco, 2002, 131 p.). [in Russian]
19. Azat S., Kabdrakhmanova S., Kabdrakhmanova A., Abdiyev K., Aryp K., Kuldeyev E., Khalkhabay B., Sultakhan Sh., Rash A. Kachestvennyye pokazateli pit'yevoy vody Mayskogo rayona Pavlodarskoy oblasti Respubliki Kazakhstan, Vestnik NYATS RK [Qualitative indicators of drinking water of the Maysky district Pavlodar region of the Republic Kazakhstan, NNC RK Bull.], 2, 25-32, (2023). [in Russian]
20. Mahmood M., Orazalin N. Green governance and sustainability reporting in Kazakhstan's oil, gas, and mining sector: Evidence from a former USSR emerging economy, Journal of Cleaner Production, 164, 389-397 (2017).
21. Baubekova A., Akindykova A., Mamirova A., Dumat C., Jurjanz S. Evaluation of environmental contamination by toxic trace elements in Kazakhstan based on reviews of available scientific data, Environmental Science and Pollution Research, 28, 43315-43328 (2021).
22. Valeeva D., Kunilova I., Alpatov A., Mikhailova A., Goldberg M., Kondratiev A. Complex utilisation of Ekibastuz brown coal fly ash: Iron and carbon separation and aluminum extraction, Journal of Cleaner Production, 218, 192-201 (2019).
23. Nosenko Y.G., Safarov R. Z., Mukanova R. Zh, Zhunusova K.Z., Baimurat M., Zhanibekova A.T., Ecological problems of Pavlodar region, Materials of the International Scientific Conference "Global Science and Innovations 2018", Eger: Eurasian Center of Innovative Development «DARA», 217-223 (2018).
24. Sidorova A., Baimbetov A., Mahmutova R., Rybokhozyaystvennaya otsenka vodoyemov Pavlodarskoy oblasti, Materialy nauchnoy konferentsii po probleme: «Biologicheskiye osnovy osvoyeniya, ratsional'nogo ispol'zovaniya i vosproizvodstva rybnikh zapasov v vodoyemakh Sredney Azii i Kazakhstana», Alma-Ata: Nauka. [Fisheries assessment of water bodies in Pavlodar region, Materials of the scientific conference on the problem: "Biological foundations of the development, rational use and reproduction of fish stocks in the reservoirs of Central Asia and Kazakhstan", Almaty: Science], 154-168 (1966). [in Russian]
25. Tsaregorodtseva A. Limnologicheskiye osobennosti ozernykh geosistem severo-vostochnogo Kazakhstana v rassmotrenii voprosov ustoychivosti prirodno-akval'nykh kompleksov, Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya, Geograficheskiye nauki, Moskva: Akademiya yestestvoznaniya [Limnological features of lake geosystems north-west Kazakhstan in addressing sustainable nature-aquatic complexes, Advanced in current natural sciences, Geography sciences, Moscow: Academy of natural science], 51-55 (2014). [in Russian]
26. Romanova S., Kazangapova N. Quality of waters lakes Kazakhstan in contemporaneous period (for example of lake Kopa), International Journal of Biology and Chemistry, 6(2), 65-70 (2013).

27. O'Sullivan P. E., Reynolds C.S. The lakes handbook: limnology and limnetic ecology, 1 (Blackwell publishing, 2008, 700 p.).

28. Hodorovskaiya N.I., Kanderova O.N. Fiziko-khimicheskiye i gidrobiologicheskiye metody issledovaniya ekologicheskogo sostoyaniya vodoyemov [Physicochemical and hydrobiological methods for studying the ecological state of water bodies] (Chelyabinsk: SUSU publ., 2002, 70 p.).

Information about authors:

Samenova Zh.K. – PhD student of Biological Sciences, senior lecturer, Department of biology and ecology, Toraighyrov University, Lomov str., 64, Pavlodar, Kazakhstan.

Yerzhanov N.T. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of biology and ecology, Toraighyrov University, Lomov str., 64, Pavlodar, Kazakhstan.

Uruzalinova M.B. – master, senior lecturer, Department of biology and ecology, Toraighyrov University, Lomov str., 64, Pavlodar, Kazakhstan.

Kravka M. – PhD in environmental science, Czech University of Life Sciences, Prague, Czech Republic.

Саменова Ж.Қ. – биология ғылымдарының PhD докторанты, биология және экология кафедрасының аға оқытушысы, Торайғыров университеті, Ломов көш., 64, Павлодар, Қазақстан.

Ержанов Н.Т. – биология ғылымдарының докторы, биология және экология кафедрасының профессоры, Торайғыров университеті, Ломов көш., 64, Павлодар, Қазақстан.

Урузалинова М.Б. – магистр, биология және экология кафедрасының аға оқытушысы, Торайғыров университеті, Ломов көш., 64, Павлодар, Қазақстан.

Кравка М. – экология ғылымдарының кандидаты, Чехия жаратылыстану ғылымдарының университеті, Прага, Чехия.



IRSTI 34.31.01
Review article

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2024-147-2-137-148>

The Crucial Role of Sulfite in Enhancing Plant Stress Response

A. Bekturova*^{}, M. Sagi^{}

The Albert Katz International School for Desert Studies, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Sede Boqer Campus, Negev, Israel

*Corresponding author: aizatbekt@gmail.com

Abstract. Sulfite, a sulfur-containing compound, has traditionally been viewed as a toxic byproduct of sulfur metabolism in plants. Recent research, however, highlights its emerging role as a signaling molecule influencing a wide range of physiological processes. This review delves into the dualistic nature of sulfite, examining its involvement in plant stress responses, developmental pathways, and metabolic regulation. Sulfite signaling is intricately linked with reactive oxygen species (ROS) and hormonal networks, particularly abscisic acid (ABA), facilitating plants' adaptive responses to environmental stresses such as drought. Moreover, the regulatory mechanisms of sulfite homeostasis, including sulfite reductase activity and sulfite transporters, underscore its significance in maintaining cellular function and redox balance. The insights into sulfite's role as a signaling molecule open new avenues for enhancing crop resilience and productivity through targeted metabolic engineering. Understanding sulfite dynamics thus represents a promising frontier in plant biology, with potential applications in sustainable agriculture and stress management.

Keywords. Sulfite, stress response, drought, reactive oxygen species, abscisic acid, adenosine 5'-phosphosulfate reductase.

Sulfite production

Sulfite is an intermediate of the assimilatory sulfur reduction pathway used by plants, algae, fungi, and bacteria to form cysteine and methionine. Above a certain threshold specific for each plant species, sulfite may cause damage to cell components such as DNA, proteins and lipids (Leustek et al., 2000; Tanaka et al., 1982; Yang and Purchase, 1985; Ziegler, 1974). Production of sulfite from sulfate anions, taken up by the sulfate transporters from the soil, occurs through the adenylation of sulfate by ATP sulfurylase [ATPS, EC 2.7.7.4] and further reduction to sulfite by adenosine 5'-phosphosulphate reductase [APR, EC 1.8.4.9] (Fig1). Sulfite also exists as atmospheric sulfur gas sulfur dioxide (SO₂), which is taken up by the foliage and dissociates in the apoplastic water of the mesophyll to bisulfite (HSO₃⁻) and sulfite (SO₃²⁻). Sulfur dioxide inhibits plant growth, affects bio-productivity (Ashenden and Williams, 1980), leads to increased susceptibility to plant diseases, leaf chlorosis and necrosis, decreases the rate of CO₂ exchange in whole leaves, results in disorganization of cellular components such as endomembranes of plastids and consequently affect photosynthesis (Hallgren and Gezelius, 1982). However, at low doses sulfur dioxide is utilized as a nutrient that may contribute significantly to the plant's sulfur, especially if the sulfur supply in the soil is in shortage (Leustek and Saito, 1999; Rennenberg, 1984).

Sulfite can be also generated endogenously upon degradation of S-containing metabolites such as cysteine and methionine (Brychkova et al., 2013; Hänsch and Mendel, 2005). This pathway involves production of H₂S from L-cysteine by an L-cysteine desulfhydrase [DES1, EC 4.4.1.1] or O-acetylserine-(thiol) lyase [OASTL; EC 2.5.1.47] (Kurmanbayeva et al., 2017; Rennenberg et al., 1987; Riemenschneider et al., 2005). H₂S is oxidized to GSSH either nonenzymatically in the presence of GSSG or catalyzed by a currently unknown cytosolic enzyme. Mitochondrial sulfurdioxygenase [ETHE, EC 1.13.11.18] oxidizes GSSH to sulfite (Krussel et al., 2014), which is either converted to thiosulfate (S₂O₃) via the addition of a persulfide group by sulfurtransferases [STR1, EC 2.8.1.2] or transported to the peroxisomes for oxidation to sulfate (SO₄) by sulfite oxidase (SO, EC. 1.8.3.1.; (Brychkova et al., 2013; Lang et al., 2007).

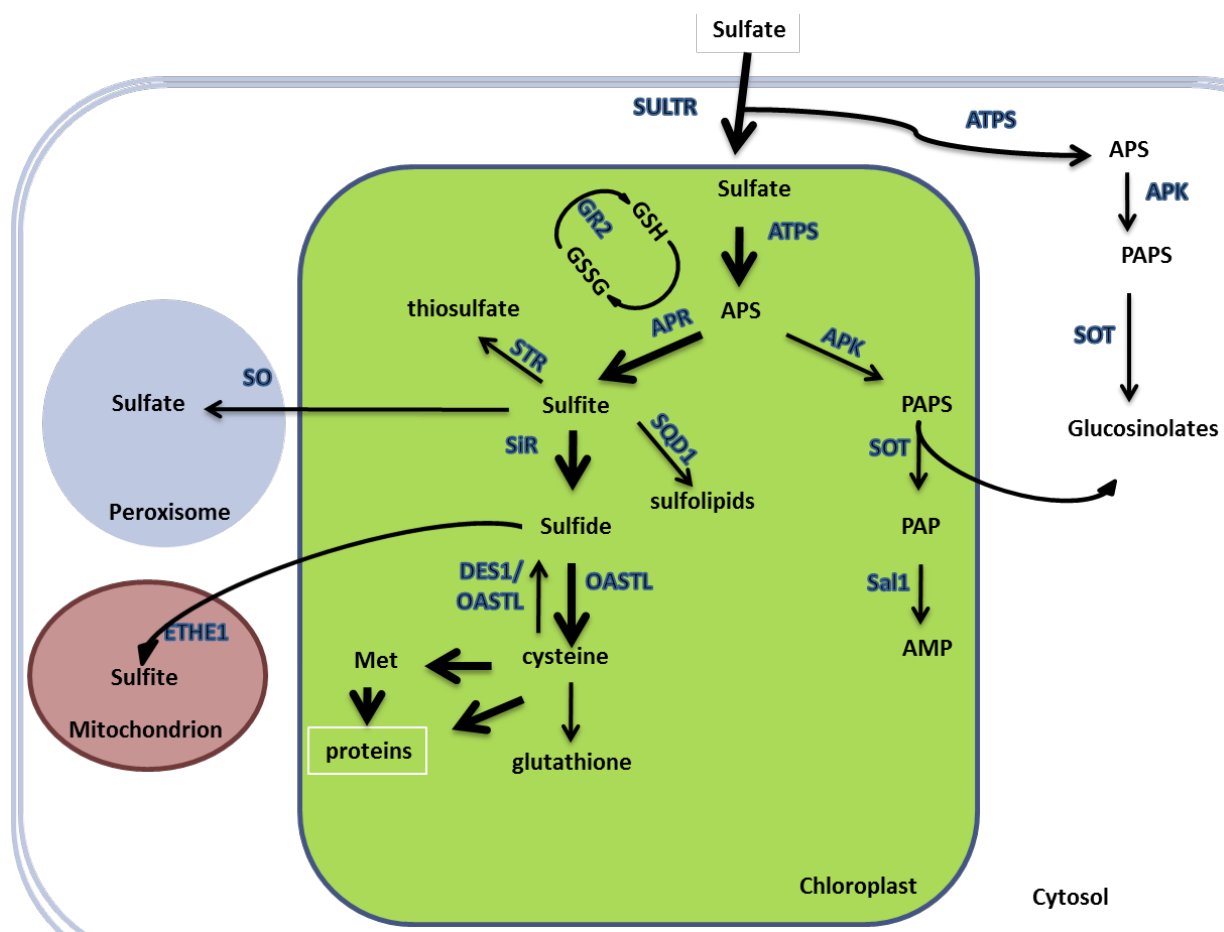


Figure 1.

Schematic overview of primary and secondary sulfur metabolism in *Arabidopsis thaliana*. Primary sulfate assimilation is represented by bold arrows, since it represents a major sink for sulfate assimilation. Enzymes are indicated in blue, metabolites in black. Abbreviations: SULTR, sulfate transporter; AMP, adenosine monophosphate; ATPS, ATP sulfurylase; APR, APS reductase; APK, APS kinase; DES1, L-cysteine desulfhydrase; ETHE1, sulfurdioxygenase; GR2, glutathione reductase 2; GSH, reduced glutathione, GSSG, oxidized glutathione; OASTL, O-acetylserine-(thiol) lyase; PAP, 3'-phosphoadenosine 5'-phosphate; PAPS, 5'-phosphoadenosine 3'-phosphosulfate; SAL1, 3'-phosphoadenosine 5'-phosphate phosphatase, SiR, sulfite reductase; SO, sulfite oxidase; SOT, sulfotransferase, STR, sulfurtransferase.

Sulfite consumption

Due to its toxicity, sulfite levels are tightly regulated by the sulfite network enzymes through the interplay between sulfite production and consumption. Sulfite utilizing enzymes such as sulfite reductase [SiR, EC 1.8.7.1] and sulfite oxidase (SO) have been considered as a defensive team, protecting plant cells from sulfite damage, likely by increasing SiR and SO

activities as reported in Arabidopsis and tomato plants (Brychkova et al., 2007; Lang et al., 2007; Yarmolinsky et al., 2013). The exact molecular mechanisms involved in sulfite signaling are still largely unknown, yet studies with SiR and SO mutants have demonstrated the existence of a tight coregulatory mechanism of the sulfite network components. Suppression of SiR or SO genes resulted in the compensation by other components of the network that consume sulfite (Brychkova et al., 2013; Yarmolinsky et al., 2013).

SiR is the bottleneck enzyme for the sulfite reduction pathway, whose activity affects nitrogen and carbon metabolism and which is essential for growth and development in Arabidopsis (Khan et al., 2010). Plant SiR is encoded by a single-copy gene, that contains one iron-sulfur cluster and one siroheme as prosthetic groups (Nakayama et al., 2000). Sulfite reduction to hydrogen sulfide (H₂S) by plant SiR is processed in a ferredoxin (Fd)-dependent manner in which a relatively high proportion of NADPH is needed to drive the electron transfer from Fd by Fd-NADP⁺ reductase (FNR) (Yonekura-Sakakibara et al., 2000). SiR appears to be an important enzyme which protects plant tissue against sulfite toxicity, specifically in the chloroplast (Yarmolinsky et al., 2013). Leaves of SIR Ri tomato plants contained significantly higher sulfite levels than the corresponding leaves of the wild type plants which resulted in early senescence (Yarmolinsky et al., 2014).

SO is a molybdenum cofactor (MoCo)-containing enzyme, localized in the plant peroxisomes, which catalyzes the oxidation of sulfite to sulfate. SO activity is the primary response of the sulfite network, protecting plant cells from the prolonged excessive sulfite in the mutant leaves or under sulfite/sulfur dioxide exposure (Brychkova et al., 2013; Randewig et al., 2012; Yarmolinsky et al., 2013). Representing 0.1% of all proteins, this enzyme was long considered to be constitutively expressed (Lang et al., 2007). Yet, SO deficiency in plants is not necessarily lethal, unless other sulfite network enzymes are down-regulated or there is a need for sulfite detoxification, while in mammalian cells the mitochondrion localized SO deficiency leads to severe neurological abnormalities.

Sulfite utilization also refers to other components such as the sulfurtransferases (STR) that generate thiosulfate from sulfite and thiocyanate as well as the UDP-sulfoquinovose synthase [SQD1, EC 3.13.1.1] that initiates the biosynthesis of sulfolipids from UDP-glucose and sulfite (Brychkova et al., 2013; Sanda et al., 2001). In the Arabidopsis genome 20 putative STRs were identified as proteins containing an Rhd domain (Mao et al., 2011; Papenbrock et al., 2011). STRs perform a wide variety of functions, including cyanide detoxification (Ito and Minami, 1999), hydrogen sulfide detoxification (Ramasamy et al., 2006), involvement in sulfate metabolism (Nandi and Westley, 1998), management of the cytotoxicity of reactive oxygen species in aerobic tissues (Nandi et al., 2000), mobilization of sulfur for iron-sulfur cluster biosynthesis or repair of iron-sulfur proteins (Mao et al., 2011; Pagani et al., 1984), and interaction with thioredoxin (Ray et al., 2000). The affinity of STRs to sulfite was demonstrated (Tsakraklides et al., 2002), as well as induction of sulfite consuming activity towards thiosulfate production by sulfite application (Brychkova et al., 2013). SQD1 transcripts and proteins appeared to be also highly sensitive to sulfite application, responding already 30 min after sulfite application, yet the role of STRs as well as SQD1 in sulfite detoxification need to be further studied.

Sulfite and reactive oxygen species

ROS play an important signaling role in plants controlling processes such as growth, development, response to biotic and abiotic environmental stimuli, and programmed cell death. Plants produce reactive oxygen species (ROS) at a very low level under normal growth conditions in chloroplasts, mitochondria and peroxisomes. However abiotic and biotic stresses can increase the rate of ROS production which may cause oxidative damage. ROS mediated signaling is controlled by a delicate balance between production and scavenging. Changes in the balance of reduced vs. oxidized forms of certain antioxidants such as glutathione may be used as a sensor for changes in the environment, and changes in ROS levels may directly affect the redox situation in the cell (Tripathi et al., 2009).

High sulfite may cause elevated ROS accumulation and might be one of the causes for sulfite-induced damage (Yarmolinsky et al., 2014). On the other hand ROS were shown to initiate sulfite oxidation in a non-enzymatic way (Hänsch et al., 2006; Ziegler, 1974). At low sulfite concentrations, H₂O₂ as a reaction product of SO is degraded by catalase. At higher sulfite concentrations accumulating H₂O₂ derived from the SO reaction oxidizes non-enzymatically a second sulfite molecule. An additional defense system was recently proposed (Hansch et al., 2006). Plant specific class III peroxidases, also called guaiacol peroxidases [EC 1.11.1.7, (Tognolli et al., 2002)], may act as a back-up mechanism for survival upon sulfite exposure in so-ko mutant (Baillie et al., 2019).

Relation of sulfite to drought

Stomata regulate gas exchange between plants and the atmosphere and allow CO₂ provision for photosynthesis. Control of the size of the stomatal aperture optimizes the efficiency of water use through dynamic changes in the turgor of the guard cells. Many environmental factors such as CO₂ concentration, biotic and abiotic stresses, and additionally different plant hormones, can modulate stomatal reaction. For plants that encounter dehydration stress, the most essential factor is the ability of stomatal closure to prevent excess water loss. Opening and closing is achieved by the swelling and shrinking of the guard cells, which is driven by ion exchange; cytoskeleton reorganization and metabolite production; the modulation of gene expression and the posttranslational modification of proteins (Kim et al., 2010). Recently, a role of sulfur and sulfur-containing compounds in abiotic stress defenses has also been postulated (Chan et al., 2013).

Sulfate is the only macronutrient that increases in the xylem sap during drought stress treatments (Ernst et al., 2010). Sulfate accumulates at early stages of drought preceding drought-related hydraulic signaling and ABA accumulation. A sulfate feeding experiment demonstrated a stimulating effect of sulfate on ABA synthesis and QUAC1/ALMT12 channels activation that subsequently leads to stomatal turgor loss and stomatal closure (Malcheska et al., 2017).

Hydrogen sulfide (H₂S) participates in stress responses, development, and stomatal movement in plants. H₂S is enzymatically produced by SiR through sulfite reduction and also during catabolic pathway of conversion of cysteine to pyruvate, H₂S, and NH₃+ catalyzed by DES1 (Alvarez et

al., 2010). It was shown that H₂S participates in ABA- or ethylene-induced stomatal closure in different plant species. ABA treatment did not lead to stomata closure in isolated epidermal strips of *des1* mutants, indicating that DES1 is required for ABA-dependent stomatal closure (Scuffi et al., 2014). Also it was shown that H₂S may act independently or upstream of ABA by inactivation of current carried by inward-rectifying K⁺ channels (Papanatsiou et al., 2015).

Detoxification of increasing ROS levels during drought may necessitate increased glutathione production. Thus the importance of GSH during drought seems to be apparent. Yet, glutathione has been shown to negatively regulate ABA-induced guard cell movement (Akter et al., 2012; Okuma et al., 2011). The *Arabidopsis cad2-1* mutant that is deficient in γ -GCS enzyme and the application of 1-chloro-2,4-dinitrobenzene (CDNB), a chemical that decreases GSH content, to wild type *Arabidopsis* enhanced the ABA-induced stomatal closure. Restoring levels of GSH by external application of glutathione monoethyl ether restored the phenotype of wild type *Arabidopsis*. The level of glutathione under drought stress was shown to be decreased at early stages when drought was not yet measurable in leaves, and increased in correlation with ROS level at later stages of drought (Koffler et al., 2014).

3'-phosphoadenosine 5'-phosphate (PAP), produced in secondary sulfur assimilation as a byproduct of sulfotransferase [EC 2.8.2.-] catalyzed sulfation reactions, is suggested to function as a retrograde drought signal from the chloroplast to the nucleus. In *A. thaliana*, a 30-fold increase of PAP was observed under drought conditions (Estavillo et al., 2011). The PAP content is regulated in the chloroplasts by the 3' (2'),5'-bisphosphate nucleotidase (SAL1, EC 3.1.3.7), which dephosphorylates PAP to adenosine monophosphate (Quintero et al. 1996). Consequently, a loss of function mutation of SAL1 led to an increase of PAP, but also to a 50 % higher drought tolerance. The targeting of SAL1 to the nucleus of *sal1* knockout mutants led to the complete complementation of PAP and drought tolerance to wild type levels (Estavillo et al., 2011).

The effects of sulfur dioxide and sulfite on transpiration, stomatal aperture, and water loss in plants remain inconclusive. Various studies have reported decreases, no changes, or even increases in stomatal aperture size in response to these compounds (Majernik and Mansfield, 1970; Biscoe et al., 1973; Black et al., 1979; Taylor et al., 1981). Both reductions and a lack of effect on stomatal conductance and aperture have been observed in *Arabidopsis*. Recently, the impact of short-term exposure to sulfur dioxide and sulfite on the sulfite network – particularly involving APR and SO, the major sulfite-producing and consuming enzymes – and its implications for stomatal aperture was demonstrated (Bekturova et al., 2021). *Arabidopsis* wild type, SO RNA-interference (SO Ri), and SO overexpression (SO OE) transgenic lines infiltrated with sulfite showed distinct responses due to physiological differences in stomatal aperture size. Sulfite counteracted the effect of sulfate and abscisic acid-induced stomatal closure in both wild-type and SO Ri plants. The increase in APR activity in response to sulfite infiltration in wild-type and SO Ri leaves resulted in elevated endogenous sulfite levels, highlighting the crucial role of APR in sulfite-induced increases in stomatal aperture.

The central role of adenosine 5'-phosphosulfate reductase in sulfur assimilation

APS reductase (APR) is one of the most important enzymes of the sulfate assimilation pathway that reduces APS to sulfite through GSH-dependent electron transfer. APR is exclusively

localized in the plastids and is encoded by a small gene family. In Arabidopsis, genes encoding three isoforms of APR are regulated in the same way but their response timing and strength are different (Kopriva, 2004). APR2 response towards various hormone treatments was found to be different from APR1 and APR3 (Koprivova et al., 2008), indicating a specific function of each isoform. APR2 is the major form, as knockout of APR2 reduced total APR activity by approx. 80%. APR is highly regulated by various conditions: the expression level of APR2 is down regulated upon exposure to reduced sulfur compounds such as sulfide, cysteine, and GSH. Stresses such as heavy metals, salinity, high light or cold caused up-regulation in the APR expression level. An increase in APR activity was reported upon addition of sugars to the plant media. It was also found that APR shows a diurnal rhythm where a higher activity rate was observed during the day compared with the night. Under nitrogen starved condition, APR activity was decreased whereas the addition of amino acids or ammonium resulted in an increase in APR activity, highlighting the possible connection between sulfate and nitrogen assimilation. Reduced APS kinase activity in *apk1 apk2* mutants led to an increased flux through the pathway to cysteine and GSH by upregulating APR activity. A QTL analysis of sulfate content in leaves of recombinant inbred lines from Bay-0 and Shahdara ecotypes revealed a non-synonymous single nucleotide polymorphism (SNP) in the gene encoding for the APR2 isoform of APS reductase, resulting in almost complete inactivation of the corresponding enzyme (Loudet et al., 2007). Loss of Sha APR2 resulted in diminishing of total enzyme activity by 75%. Thus, naturally occurring variation at one of the main sulfate assimilation enzymes directly affects sulfate homeostasis in the plant.

Conclusion

Sulfur-containing metabolites, particularly sulfite and sulfur dioxide, play crucial and multifaceted roles in plant physiology. Traditionally viewed primarily as byproducts of sulfur metabolism, recent research has illuminated their significant functions as signaling molecules in various plant processes. These compounds are integral to managing oxidative stress, modulating hormonal pathways, and regulating stomatal behavior, especially under environmental stress conditions such as drought. The interaction of sulfite with key enzymes and its influence on reactive oxygen species (ROS) and abscisic acid (ABA) signaling underscores its importance in maintaining cellular homeostasis and enhancing stress resilience. Understanding the dual role of sulfite—as both a potentially toxic metabolite and a vital signaling molecule—opens new avenues for agricultural innovation. By leveraging the regulatory mechanisms of sulfite and its impact on plant stress responses, it is possible to develop crops with enhanced tolerance to adverse conditions, thereby contributing to sustainable agriculture and food security. Continued research into sulfur metabolism and the specific roles of sulfite and sulfur dioxide will further elucidate their contributions to plant health and stress adaptation, offering potential strategies for optimizing crop performance in a changing climate.

References

1. Akter N., Sobahan M.A., Uraji M., Ye W., Hossain M.A., Mori I.C., Nakamura Y., Murata Y. Effects of depletion of glutathione on abscisic acid- and methyl jasmonate-induced stomatal closure in Arabidopsis thaliana. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. – 2012. – Vol. 76. – P. 2032-2037. DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.120384>.

2. Alvarez C., Calo L., Romero L.C., García I., Gotor C. An O-acetylserine(thiol)lyase homolog with L-cysteine desulphydrase activity regulates cysteine homeostasis in Arabidopsis. *Plant physiology*. – 2010. – Vol. 152. – P. 656-69. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.109.147975>.
3. Ashenden T.W.R., Williams D. Growth reduction in *Lolium Multiflorum* Lam. and *Phleum Pratense* L. as a result of SO₂ and NO₂ pollution. *Environmental Pollution*. – 1980. – Vol. 21. – P. 131-139.
4. Baillie C., Meinen R., Kaufholdt D., Hänsch S., Schmidt N., Zwerschke D., Kojima M., Takebayashi Y., Sakakibara H., Bloem E., Rennenberg H., Hu B., Mendel R.R., Hänsch R. Apoplastic peroxidases enable an additional sulphite detoxification strategy and act as first line of defence upon exposure to sulphur containing gas. *Environmental and Experimental Botany*. – 2019. – Vol. 157. – P. 140-150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.006>.
5. Brychkova G., Grishkevich V., Fluhr R., Sagi M. An essential role for tomato sulfite oxidase and enzymes of the sulfite network in maintaining leaf sulfite homeostasis. *Plant physiology*. – 2013. – Vol. 161. – P. 148-64. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.112.208660>.
6. Brychkova G., Xia Z., Yang G., Yesbergenova Z., Zhang Z., Davydov O., Fluhr R., Sagi M. Sulfite oxidase protects plants against sulfur dioxide toxicity. *Plant Journal*. – 2007. – Vol. 50. – P. 696-709. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2007.03080.x>.
7. Chan K.X., Wirtz M., Phua S.Y., Estavillo G.M., Pogson B.J. Balancing metabolites in drought: The sulfur assimilation conundrum. *Trends in Plant Science*. – 2013. – Vol. 18. – P. 18-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.07.005>.
8. Ernst L., Goodger J.Q.D., Alvarez S., Marsh E.L., Berla B., Lockhart E., Jung J., Li P., Bohnert H.J., Schachtman D.P. Sulphate as a xylem-borne chemical signal precedes the expression of ABA biosynthetic genes in maize roots. *Journal of Experimental Botany*. – 2010. – Vol. 61. – P. 3395-3405. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erq160>.
9. Estavillo G.M., Crisp P.A., Pornsiriwong W., Wirtz M., Collinge D., Carrie C., Giraud E., Whelan J., David P., Javot H., Brearley C., Hell R., Marin E., Pogson B.J. Evidence for a SAL1-PAP Chloroplast Retrograde Pathway That Functions in Drought and High Light Signaling in Arabidopsis. *The Plant Cell*. – 2011. – Vol. 23. – P. 3992-4012. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.111.091033>.
10. Hallgren J., Gezelius K. Effects of SO₂ on photosynthesis and ribulose biphosphate carboxylase in pine tree seedlings. *Physiol. Plant*. – 1982. – Vol. 54. – P. 153-161.
11. Hänsch R., Lang C., Riebeseel E., Lindigkeit R., Gessler A., Rennenberg H., Mendel R.R. Plant Sulfite Oxidase as Novel Producer of H₂O₂: COMBINATION OF ENZYME CATALYSIS WITH A SUBSEQUENT NON-ENZYMATIC REACTION STEP. *Journal of Biological Chemistry*. – 2006. – Vol. 281. – P. 6884-6888. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.M513054200>.
12. Hänsch R., Mendel R.R. Sulfite oxidation in plant peroxisomes. *Photosynthesis research*. – 2005. – Vol. 86. – P. 337-43. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-005-5221-x>.
13. Ito T., Minami M. Mercaptopyruvate sulfurtransferase as a defense against cyanide toxication: Molecular properties and mode of detoxification. *Histol Histopatol*. – 1999. – P. 1277-1286.
14. Khan M.S., Haas F.H., Samami A.A., Gholami A.M., Bauer A., Fellenberg K., Reichelt M., Hänsch R., Mendel R.R., Meyer A.J., Wirtz M., Hell R. Sulfite reductase defines a newly discovered bottleneck for assimilatory sulfate reduction and is essential for growth and development in Arabidopsis thaliana. *The Plant cell*. – 2010. – Vol. 22. – P. 1216-1231. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.110.074088>.
15. Koffler B.E., Luschin-Ebengreuth N., Stabentheiner E., Müller M., Zechmann B. Compartment specific response of antioxidants to drought stress in Arabidopsis. *Plant Science*. – 2014. – Vol. 227. – P. 133-144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.08.002>.

16. Kopriva S. Plant adenosine 5'-phosphosulphate reductase: the past, the present, and the future. *Journal of Experimental Botany*. – 2004. – Vol. 55. – P. 1775-1783. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erh185>.
17. Koprivova A., North K.A., Kopriva S. Complex signaling network in regulation of adenosine 5'-phosphosulfate reductase by salt stress in Arabidopsis roots. *Plant Physiology*. – 2008. – Vol. 146. – P. 1408-1420. <https://doi.org/10.1104/pp.107.113175>.
18. Krussel L., Junemann J., Wirtz M., Birke H., Thornton J.D., Browning L.W., Poschet G., Hell R., Balk J., Braun H.-P., Hildebrandt T.M. The mitochondrial sulfur dioxygenase ETHYLMALONIC ENCEPHALOPATHY PROTEIN1 is required for amino acid catabolism during Carbohydrate Starvation and embryo development in Arabidopsis. *Plant Physiology*. – 2014. – Vol. 165. – P. 92-104. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.239764>.
19. Kurmanbayeva A., Bekturova A., Srivastava S., Soltabayeva A., Asatryan A., Ventura Y., Khan M.S., Salazar O., Fedoroff N., Sagi M. Higher novel L-Cys degradation activity results in lower organic-S and biomass in Sarcocornia than the related saltwort, Salicornia. *Plant Physiol*. – 2017. – Vol. 175. – P. 272-289. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.17.00780>.
20. Lang C., Popko J., Wirtz M., Hell R., Herschbach C., Kreuzwieser J., Rennenberg H., Mendel R.R., Hänsch R. Sulphite oxidase as key enzyme for protecting plants against sulphur dioxide. *Plant, cell & environment*. – 2007. – Vol. 30. – P. 447-55. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01632.x>.
21. Leustek T., Martin M.N., Bick J.-A., Davies J.P. Pathways and Regulation of Sulfur Metabolism Revealed Through Molecular and Genetic Studies. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*. – 2000. – Vol. 51. – P. 141-165. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.141>.
22. Leustek T., Saito K. Update on biochemistry sulfate transport and assimilation in plants. *Plant Physiol*. – 1999. – Vol. 120. – P. 637-643.
23. Loudet O., Saliba-Colombani V., Camilleri C., Calenge F., Gaudon V., Koprivova A., North K., Kopriva S., Daniel-Vedele F. Natural variation for sulfate content in Arabidopsis thaliana is highly controlled by APR2. *Nature genetics*. – 2007. – Vol. 39. – P. 896-900. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng2050>.
24. Malcheska F., Ahmad A., Batool S., Müller H.M., Ludwig-Müller J., Kreuzwieser J., Randewig D., Hänsch R., Mendel R.R., Hell R., Wirtz M., Geiger D., Ache P., Hedrich R., Herschbach C., Rennenberg H. Drought-Enhanced Xylem Sap Sulfate Closes Stomata by Affecting ALMT12 and Guard Cell ABA Synthesis. *Plant Physiology*. – 2017. – Vol. 174. – P. 798-814. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.16.01784>.
25. Mao G., Wang R., Guan Y., Liu Y., Zhang S. Sulfurtransferases 1 and 2 play essential roles in embryo and seed development in Arabidopsis thaliana. *Journal of Biological Chemistry*. – 2011. – Vol. 286. – P. 7548-7557. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.M110.182865>.
26. Nakayama M., Akashi T., Hase T. Plant sulfite reductase: Molecular structure, catalytic function and interaction with ferredoxin. *Journal of Inorganic Biochemistry*. – 2000. – Vol. 82. – P. 27-32. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0162-0134\(00\)00138-0](https://doi.org/10.1016/S0162-0134(00)00138-0).
27. Nandi D.L., Horowitz P.M., Westley J., Rhodanese as a thioredoxin oxidase 32. – 2000.
28. Nandi D.L., Westley J. Reduced thioredoxin as a sulfur-acceptor substrate for rhodanese. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*. – 1998. – Vol. 30. – P. 973-977.
29. Okuma E., Jahan M.S., Munemasa S., Hossain M.A., Muroyama D., Islam M.M., Ogawa K., Watanabe-Sugimoto M., Nakamura Y., Shimoishi Y., Mori I.C., Murata Y. Negative regulation of abscisic acid-induced stomatal closure by glutathione in Arabidopsis. *Journal of Plant Physiology*. – 2011. – Vol. 168. – P. 2048-2055. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2011.06.002>.

30. Pagani S., Bonomi F., Cerletti P. Enzymic synthesis of the iron-sulfur cluster of spinach ferredoxin. – 1984. – Vol. 366. – P. 361-366.
31. Papanatsiou M., Scuffi D., Blatt M.R., García-Mata C. Hydrogen Sulfide Regulates Inward-Rectifying K⁺ Channels in Conjunction with Stomatal Closure. *Plant Physiology*. – 2015. – Vol. 168. – P. 29-35. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.256057>.
32. Papenbrock J., Guretzki S., Henne M. Latest news about the sulfurtransferase protein family of higher plants. *Amino Acids*. – 2011. – Vol. 41. – P. 43-57. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00726-010-0478-6>.
33. Ramasamy S., Singh S., Taniere P., Langman M.J.S., Eggo M.C. Sulfide-detoxifying enzymes in the human colon are decreased in cancer and upregulated in differentiation. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. – 2006. – Vol. 291. – P. 288-296. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpgi.00324.2005>.
34. Randewig D., Hamisch D., Herschbach C., Eiblmeier M., Gehl C., Jurgeleit J., Skerra J., Mendel R.R., Rennenberg H., Hänsch R. Sulfite oxidase controls sulfur metabolism under SO₂ exposure in *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell and Environment*. – 2012. – Vol. 35. – P. 100-115. – DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02420.x>.
35. Ray W.K., Zeng G., Potters M.B., Mansuri A.M., Larson T.J. Characterization of a 12-kilodalton rhodanese encoded by *glpE* of *Escherichia coli* and its interaction with thioredoxin. *Journal of Bacteriology*. – 2000. – Vol. 182. – P. 2277 LP-2284. DOI: <https://doi.org/10.1128/JB.182.8.2277-2284.2000>.
36. Rennenberg H. THE FATE OF EXCESS SULFUR. *Ann.Rev. Plant Physiol*. – 1984. – P. 121-53.
37. Rennenberg H., Arabaizis N., Grundel I.N.A. CYSTEINE DESULPHYDRASE ACTIVITY IN HIGHER PLANTS: EVIDENCE FOR THE ACTION OF L- AND IKYSTEINE SPECIFIC ENZYMES. *Phytochemistry*. – 1987. – Vol. 26. – P. 1583-1589.
38. Riemenschneider A., Nikiforova V., Hoefgen R., De Kok L.J., Papenbrock J. Impact of elevated H₂S on metabolite levels, activity of enzymes and expression of genes involved in cysteine metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2005. – Vol. 43. – P. 473-483. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2005.04.001>.
39. Sanda S., Leustek T., Theisen M.J., Garavito R.M., Benning C. Recombinant *Arabidopsis* SQD1 converts UDP-glucose and sulfite to the sulfolipid head group precursor UDP-sulfoquinovose in vitro. *Journal of Biological Chemistry*. – 2001. – Vol. 276. – P. 3941-3946. DOI: <https://doi.org/10.1074/jbc.M008200200>.
40. Scuffi D., Alvarez C., Laspina N., Gotor C., Lamattina L., Garcia-Mata C. Hydrogen Sulfide Generated by L-Cysteine Desulphydrase Acts Upstream of Nitric Oxide to Modulate Abscisic Acid-Dependent Stomatal Closure. *Plant Physiology*. – 2014. – Vol. 166. – P. 2065-2076. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.245373>.
41. Tanaka K., Kondo N., Sugahara K. Accumulation of hydrogen peroxide in chloroplasts of SO₂-fumigated spinach leaves. *Plant and Cell Physiology*. – 1982. – Vol. 23. – P. 1009-1018.
42. Tognolli M., Penel C., Greppin H., Simon P. Analysis and expression of the class III peroxidase large gene family in *Arabidopsis thaliana*. *Gene*. – 2002. – Vol. 288. – P. 129-138.
43. Tripathi B.N., Bhatt I., Dietz K. Peroxiredoxins: a less studied component of hydrogen peroxide detoxification in photosynthetic organisms. *Protoplasma*. – 2009. – Vol. 235. – P. 3-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00709-009-0032-0>.
44. Tsakraklides G., Martin M., Chalam R., Tarczynski M.C., Schmidt A., Leustek T. Sulfate reduction is increased in transgenic *Arabidopsis thaliana* expressing 5'-adenylylsulfate reductase from *Pseudomonas*

aeruginosa. *The Plant Journal*. – 2002. – Vol. 32. – P. 879-889. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2002.01477.x>.

45. Yang W.H., Purchase E.C.R. Adverse reactions to sulfites. *Canadian Medical Association Journal*. – 1985. – Vol. 133. – P. 865-867.

46. Yarmolinsky D., Brychkova G., Fluhr R., Sagi M. Sulfite Reductase Protects Plants against Sulfite Toxicity. *Plant Physiology*. – 2013. – Vol. 161. – P. 725-743. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.112.207712>.

47. Yarmolinsky D., Brychkova G., Kurmanbayeva A., Bekturova A., Ventura Y., Khozin-Goldberg I., Eppel A., Fluhr R., Sagi M. Impairment in Sulfite Reductase Leads to Early Leaf Senescence in Tomato Plants. *Plant physiology*. – 2014. – Vol. 165. – P. 1505-1520. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.114.241356>.

48. Yonekura-Sakakibara K., Onda Y., Ashikari T., Tanaka Y., Kusumi T., Hase T. Analysis of Reductant Supply Systems for Ferredoxin- Dependent Sulfite Reductase in Photosynthetic and Nonphotosynthetic Organs of Maize. *Plant Physiology*. – 2000. – Vol. 122. – P. 887-894.

49. Ziegler I., Malate dehydrogenase in zea may: Properties and inhibition by sulfite. *BBA – Enzymology*. – 1974. – Vol. 364. – P. 28-37. DOI: [https://doi.org/10.1016/0005-2744\(74\)90129-6](https://doi.org/10.1016/0005-2744(74)90129-6).

А. Бектурова, М. Саги

Альберт Кац халықаралық шөлді зерттеу мектебі, Джейкоб Блауштейн шөлді зерттеу институты, Негевтегі Бен-Гурион университеті, Седе Бокер кампусы, Негев, Израиль

Өсімдіктердің стресске реакциясын арттырудағы сульфиттің шешуші рөлі

Андатпа. Күкірті бар қосылыс сульфит дәстүрлі түрде өсімдіктердегі күкірт алмасуының улы жанама өнімі ретінде қарастырылады. Алайда соңғы зерттеулер оның физиологиялық процестердің кең ауқымына әсер ететін сигналдық молекула ретінде пайда болатын рөлін көрсетеді. Бұл шолу сульфиттің дуалистік табиғатын зерттейді, оның өсімдіктердің стресстік реакцияларына, даму жолдарына және метаболизмді реттеуге қатысуын талдайды. Сульфит сигналы реактивті оттегі түрлерімен (ROS) және гормондық желілермен, әсіресе абсциз қышқылымен (ABA) тығыз байланысты, бұл өсімдіктердің құрғақшылық сияқты қоршаған ортаның стресстеріне бейімделу реакциясын жеңілдетеді. Сонымен қатар, сульфиттік редуктаза белсенділігі мен сульфитті тасымалдаушыларды қоса алғанда, сульфит гомеостазының реттеуші механизмдері оның жасушалық функциясы мен тотығу-тотықсыздану тепе-теңдігін сақтаудағы маңыздылығын көрсетеді. Сульфиттің сигналдық молекула ретіндегі рөлін түсіну мақсатты метаболикалық инженерия арқылы дақылдардың төзімділігі мен өнімділігін арттырудың жаңа жолдарын ашады. Осылайша, сульфит динамикасын түсіну тұрақты ауыл шаруашылығында және стрессті басқаруда әлеуетті қолданбалары бар өсімдіктер биологиясындағы перспективалы шекара болып табылады.

Түйін сөздер: сульфит, стресске жауап беру, құрғақшылық, реактивті оттегі түрлері, абсциз қышқылы, аденозин 5'-фосфосульфатредуктаза.

А. Бектурова, М. Саги

Международная школа исследований пустынь Альберта Каца, Институт исследования пустынь Якоба Блаустейна, Университет Бен-Гуриона в Негеве, кампус Седе Бокер, Неgev, Израиль

Решающая роль сульфита в усилении реакции растений на стресс

Аннотация. Сульфит, серосодержащее соединение, традиционно рассматривается как токсичный побочный продукт метаболизма серы в растениях. Однако недавние исследования подчеркивают его растущую роль в качестве сигнальной молекулы, влияющей на широкий спектр физиологических процессов. Этот обзор углубляется в двойственную природу сульфита, изучая его участие в реакциях растений на стресс, путях развития и метаболической регуляции. Передача сигналов сульфита неразрывно связана с активными формами кислорода (АФК) и гормональными сетями, особенно абсцизовой кислотой (АБК), облегчая адаптивные реакции растений на стрессы окружающей среды, такие, как засуха. Более того, регуляторные механизмы сульфитного гомеостаза, включая активность сульфитредуктазы и сульфитные переносчики, подчеркивают его значение в поддержании клеточной функции и окислительно-восстановительного баланса. Понимание роли сульфита как сигнальной молекулы открывает новые возможности для повышения устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных культур посредством целенаправленной метаболической инженерии. Таким образом, понимание динамики сульфитов представляет собой многообещающую область в биологии растений с потенциальным применением в устойчивом сельском хозяйстве и управлении стрессом.

Ключевые слова: сульфит, реакция на стресс, засуха, активные формы кислорода, абсцизовая кислота, аденозин-5'-фосфосульфатредуктаза.

Information about authors:

Bekturova A. – PhD, The Albert Katz International School for Desert Studies, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Sede Boqer Campus, 8499000, Negev, Israel.

Sagi M. – professor, The Albert Katz International School for Desert Studies, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Sede Boqer Campus, 8499000, Negev, Israel.

Бектурова А. – PhD, Альберт Кац халықаралық шөлді зерттеу мектебі, Джейкоб Блауштейн шөлді зерттеу институты, Бен-Гурион университеті, Седе Бокер кампусы, 8499000, Неgev, Израиль.

Саги М. – профессор, Альберт Кац халықаралық шөлді зерттеу мектебі, Джейкоб Блауштейн шөлді зерттеу институттары, Бен-Гурион университеті, Седе Бокер кампусы, 8499000, Неgev, Израиль.

Редакторы: Р.І. Берсімбаі

Авторларға арналған нұсқаулықтар,
жарияланым этикасы журнал сайтында енгізілген: <http://bulbio.enu.kz/>

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.

Биологиялық ғылымдар сериясы.

– 2(147)/2024 – Астана: ЕҰУ. – 149 б.

Шартты б.т. 18,6. Таралымы – 7 дана.

Басуға қол қойылды: 27.06.2024

Ашық қолданыстағы электронды нұсқа: <http://bulbio.enu.kz>

Мазмұнына типография жауап бермейді

Редакция мекен-жайы: 010008, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Сәтбаев көшесі, 2.

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің баспасында басылды