



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ПРЕЗИДЕНТІНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ

№03

ISSN 2304-3334
№03(111)2026



ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР

Ғ Ы Л Ы М И Ж У Р Н А Л



ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Н А У Ч Н Ы Й Ж У Р Н А Л



RESEARCH, RESULTS

S C I E N T I F I C J O U R N A L

АЛМАТЫ

**KAZAKH NATIONAL AGRARIAN RESEARCH UNIVERSITY
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF KAZAKHSTAN UNDER THE PRESIDENT OF THE
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

**ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ПРЕЗИДЕНТІНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ**

**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Research, results	Ізденістер, нәтижелер	Исследования, результаты
Published since 1999.	Издается с 1999 г. Том	Издается с 1999 г.
Volume 28. No.111. 2026	28. No.111. 2026	Том 28. No.111. 2026

Зарегистрировано в Министерстве информации и общественного согласия РК.
Свидетельство об учетной регистрации №482-Ж от 25 ноября 1998 года.
Зарегистрировано в Международном центре регистрации серийных изданий ISSN
(ЮНЕСКО, Париж, Франция). ISSN 2304–3334.

Приказом №148 от 27.12.2022 г. Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК научный журнал «Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты» КазНАИУ включен в Перечень изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности (сельскохозяйственные науки).

С целью объединения усилий, продвижения и популяризации результатов научных изысканий казахстанских ученых в мировом сообществе, согласно Соглашения №27 от 15 августа 2023 года НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» совместно с НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан» издает научный журнал «Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты».

EDITORIAL BOARD**EDITOR-IN-CHIEF:**

Akhylbek Kazhigulovich Kurishbayev — Editor-in-Chief, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, President of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan, Academician; (Scopus h-9)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Primkul Sholpankulovich Ibragimov — Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Veterinary Sciences, Professor; (Scopus h-3)

EDITORIAL TEAM:

Abilai Ryspaevich Sansyzbay — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University. (Scopus h-16)

Nurzhhan Biltebaikyzy Sarsembayeva — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University. (Scopus h-8)

Akhmetzhan Akievich Sultanov — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University, Director of the Department of Science; (Scopus h-12)

Sobiech Przemyslaw Hubert — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland; (Scopus h-12)

Andrey Pavlinovich Bogoyavlensky — Doctor of Biological Sciences, Professor, “Research and Production Center of Microbiology and Virology” LLP; (Scopus h-16)

Iancu Ionica Mihaela — Associate Professor, PhD, Faculty of Veterinary Medicine, Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine “King Michael I of Romania”, Timișoara, Romania. Specialization: veterinary sciences, microbiology, infectious diseases, antimicrobial resistance; (Web of Science - 8).

Jan MICIŃSKI — PhD, University of Warmia and Mazury, Poland; (Scopus h-8)

Aibyn Adepkhanovich Torekhanov — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chairman of the Board of “Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Fodder Production” LLP; (Scopus h-3)

Kairat Zhaleluly Iskhan — Candidate of Agricultural Sciences, Professor of the “Department of Animal Biology” named after Academician N.O. Bazanova, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)

Sholpan Rakhimbekovna Adykanova — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Zooengineering and Biotechnology, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-5)

Koray Kırıkçı — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ahi Evran University, Turkey; (Scopus h-6)

Temirzhan Yerkasovich Aitbayev — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician, Chairman of the Board of “Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing” LLP; (Scopus h-5)

Sholpan Orazovna Bastaubayeva — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chairman of the Board of “Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing” LLP; (Scopus h-8)

Bakhytzhan Alisherovich Duisembekov — Candidate of Biological Sciences, Chairman of the Board of “Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zhazken Zhiembaev” LLP; (Scopus h-7)

Erlan Bozanbayuly Dutbayev — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the “Department of Plant Protection and Quarantine”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-9)

Aigul Absultanovna Zhapparova — Candidate of Agricultural Sciences, Professor at the “Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-6)

Ashimkhan Toktasynovich Kanaev — Doctor of Biological Sciences, Professor at the “Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)

Fabián G.Fernández — PhD, Professor, University of Minnesota, USA; (Scopus h-28)

Elmira Saljnikov — PhD, Professor, University of Belgrade, Serbia; Professor at the Institute of Multidisciplinary Research; (Scopus h-14)

Askhat Khamitovich Naushabayev — PhD, Associate Professor at the “Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)

Wenfeng Liu - PhD, Professor, China Agricultural University; (Scopus h-39)

Mukhamadkhan Khamidov — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Uzbekistan; (Scopus h-14)

Ainur Yesirkepovna Aldiyarova — PhD, Associate Professor, Kazakh National Agrarian Research University;

(Scopus h-4)

Kanat Kurmanovich Anuarbekov — PhD, Associate Professor, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-5)

Azamat Sansyrbayevich Madibekov — PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory “Hydrochemistry and Environmental Toxicology”, Institute of Geography and Water Security; (Scopus h-8)

Dani Nurgisaevna Sarsekova — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Forestry and Land Resources, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-8)

Aizhan Naskenovna Zhildikbayeva — PhD, Associate Professor, Department of Land Resources and Cadastre, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-7)

Daniyar Akhmetovich Dosmanbetov — PhD, Associate Professor, Leading Researcher at the Almaty Branch of the “Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry named after A.N. Bokeikhan” LLP; (Scopus h-10)

Sezgin AYAN — Professor, PhD, Kastamonu University, Faculty of Forestry, Head of the Department of Silviculture, Turkey (Scopus h-14)

Roman Vladimirovich Shults — PhD, Professor, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia; (Scopus h-11)

Komil Dullievich Astanakulov — Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Agricultural Machinery and Technologies, National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”, Uzbekistan; (Scopus h-20)

Saykhat Orazovich Nukeshov — Doctor of Technical Sciences, Professor at S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Department of Technical Mechanics; (Scopus h-8)

Marat Zhalelovich Khazimov — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy and Electrical Engineering, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-5)

Daskalov Plamen — PhD, Professor, University of Ruse “Angel Kanchev”, Vice-Rector for Development Coordination and Continuing Education, Bulgaria; (Scopus h-10)

Abdurakhim Suleimanovich Berdyshev — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Energy and Electrical Engineering, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-8)

Anatoly Nikolaevich Ostrikov — Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, Head of the Department of Processes and Apparatus of Chemical and Food Production; (Scopus h-7)

Liviu Gaceu - Professor, Transilvania University of Braşov, Romania; (Scopus h-9)

Aigul Kulakhmetovna Timurbekova — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology and Safety, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-9)

Maksat Risbekovich Toyshimanov — PhD, Senior Lecturer in the Department of Food Technology and Safety, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-8)

Gulmira Serikbaykyzy Kenenbai — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, “Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry” LLP (Scopus h-5)

Scientific Journal “Research, Results”

Publication frequency: 6 issues per year

Languages: Kazakh, Russian, English

DOI prefix: 10.37884

ISSN: 2304-3334.

Scope: “Stock-Raising and Veterinary”; “Agriculture, Agrochemical, Feed Production, Agroecology”; “Water, Land, and Forest Resources”; “Agriculture Mechanization and Electrification”.

Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0

Website: <https://journal.kaznaru.edu.kz>

Founder/Publisher: Kazakh National Agrarian Research University; National Academy of Sciences of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan

Copyright: © Research, Results, 2026

РЕДАКЦИЯ

БАС РЕДАКТОР:

Куришбаев Ахылбек Кажигулович — бас редактор, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Президенті жанындағы ҚР Ұлттық ғылым академиясының президенті, академик; (Scopus h-9)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Ибрагимов Примкул Шолпанкулович — бас редактордың орынбасары, ветеринария ғылымдарының докторы, профессор; (Scopus h-3)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Сансызбай Абылай Рыспаевич — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-16)

Сарсембаева Нуржан Білтебайқызы — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-8)

Султанов Ахметжан Акиевич — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Ғылым департаментінің директоры; (Scopus h-12)

Sobiech Przemyslaw Hubert — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор. Олыштындағы Вармин-Мазур университеті, Польша; (Scopus h-12)

Богоявленский Андрей Павлович — биология ғылымдарының докторы, профессор. «Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС; (Scopus h-16)

Iancu Ionica Mihaela — доцент, PhD., Король Михай I атындағы Банат ауылшаруашылық ғылымдары және ветеринарлық медицина университетінің Ветеринарлық медицина факультеті (Тимишоара, Румыния). Мамандану салалары: ветеринария ғылымдары, микробиология, жұқпалы аурулар, микробқа қарсы төзімділік; (Web of Science-8).

Jan MICIŃSKI — PhD, Вармин-Мазур университеті, Польша; (Scopus h-8)

Тореханов Айбын Адепханович — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндіру ғылым-зерттеу институты» ЖШС Басқарма төрағасы; (Scopus h-3)

Исхан Кайрат Жәлелұлы — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, академик Н.О. Базанова атындағы «Жануарлар биологиясы» кафедрасының профессоры; (Scopus h-4)

Адылканова Шолпан Рахимбековна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, зооинженерия және биотехнология кафедрасының профессоры; (Scopus h-5)

Корай Кырыкчы — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы. Ахи Эвран университетінің ауыл шаруашылығы факультетінің зоотехния кафедрасының профессоры (Түркия); (Scopus h-6)

Айтбаев Темиржан Еркасович — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, академик, «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ҒЗИ» ЖШС Басқарма төрағасы; (Scopus h-5)

Бастаубаева Шолпан Оразовна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор. «Қазақ егіншілік және Өсімдік шаруашылығы ҒЗИ» ЖШС басқарма төрағасы; (Scopus h-8)

Дуйсембеков Бахытжан Әлішерович — биология ғылымдарының кандидаты, «Жазкен Жиембаев атындағы өсімдіктерді қорғау және карантин Қазақ ғылыми-зерттеу институты» ЖШС Басқарма төрағасы; (Scopus h-7)

Дутбаев Ерлан Бозанбайұлы — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. Бау-бақша, өсімдіктерді қорғау және карантин кафедрасының қауымдастырылған профессоры; (Scopus h-9)

Жаппарова Айгүл Абсултановна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасының профессоры; (Scopus h-6)

Канаев Ашимхан Токтасынович — биология ғылымдарының докторы, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасының профессоры; (Scopus h-4)

Fabián G.Fernández — философия докторы, профессор. Миннесота университетінің профессоры (Америка Құрама Штаттары); (Scopus h-28)

Elmira Saljnikov — философия докторы, профессор. Белград Университеті, Белград, Сербия. Көпсалалы зерттеулер институтының ғылыми қызметкері (профессор). (Scopus h-14)

Наушабаев Асхат Хамитович — PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. «Топырақтану, агрохимия және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; (Scopus h-4)

Wenfeng Liu — PhD, профессор. Қытай ауылшаруашылық университеті (China Agricultural University); (Scopus h-39)

Хамидов Мухамадхан — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор. Ташкент суару және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты, Өзбекстан; (Scopus h-14)

Алдиярова Айнуір Есиркеповна — PhD, қауымдастырылған профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-4)

Ануарбеков Канат Курманович — PhD, қауымдастырылған профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-5)

Мадиев Азамат Сансызбаевич — PhD, қауымдастырылған профессор. «Гидрохимия және экологиялық токсикология» зертханасының жетекшісі, География және су қауіпсіздігі институты; (Scopus h-8)

Сарсекова Дани Нургисаевна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Орман шаруашылығы және жер ресурстары» факультетінің деканы; (Scopus h-8)

Жилдикбаева Айжан Наскеновна — PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Жер ресурстары және кадастр» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; (Scopus h-7)

Досманбетов Данияр Ахметович — PhD, қауымдастырылған профессор, «Ә. Н. Бөкейхан атындағы орман шаруашылығы және агроорман шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС Алматы филиалының жетекші ғылыми қызметкері; (Scopus h-10)

Sezgin AYAN — доктор профессор, Кастамону университеті, орман шаруашылығы факультеті, орман шаруашылығы бөлімінің меңгерушісі (Түркия); (Scopus h-14)

Шульц Роман Владимирович — PhD, профессор. Король Фадх атындағы Мұнай және минералдар университеті, Сауд Арабиясы; (Scopus h-11)

Астанакулов Комил Дуллиевич — техника ғылымдарының докторы. Өзбекстанның «Ташкент ирригация және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты» Ұлттық зерттеу университетінің «Ауыл шаруашылығы техникасы және технологиясы» кафедрасының меңгерушісі; (Scopus h-20)

Нукешов Саяхат Оразович — техника ғылымдарының докторы, профессор. С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. «Техникалық механика» кафедрасының профессоры; (Scopus h-8)

Хазимов Марат Жалелович — техника ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Энергетика және электротехника» кафедрасының профессоры; (Scopus h-5)

Daskalov Plamen — PhD, профессор, Ангел Кънчев атындағы Русе Университеті, даму, үйлестіру және біліктілікті арттыру жөніндегі проректор, Болгария; (Scopus h-10)

Бердышев Абдурахим Сулейманович — техника ғылымдарының докторы, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Энергетика және электротехника» кафедрасының профессоры; (Scopus h-8)

Остриков Анатолий Николаевич — техника ғылымдарының докторы, профессор. Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті (РФ), «Химиялық және тамақ өндірісінің процестері мен аппараттары» кафедрасының меңгерушісі; (Scopus h-7)

Ливниу Гачео — профессор Трансильван университетінің профессоры (Брашов к., Румыния); (Scopus h-9)

Тимурбекова Айгуль Кулахметовна — техника ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Тамақ өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры; (Scopus h-9)

Тойшиманов Максат Рисбекович — PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Тамақ өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының аға оқытушысы; (Scopus h-8)

Кененбай Гүлмира Серікбайқызы — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор (доцент). «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС; (Scopus h-5)

«Зерттеулер, нәтижелер» ғылыми журналы

Жиілігі: жылына 6 шығарылым.

Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.

Префикс DOI: 10.37884

ISSN: 2304-3334.

Тақырыптық бағыты: «мал шаруашылығы және ветеринария»; «егіншілік, агрохимия, жемшөп өндірісі, агроэкология»; «су, жер және орман ресурстары»; «ауыл шаруашылығын механикаландыру және электрлендіру».

Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады

Веб-сайт: <https://journal.kaznaru.edu.kz>

Құрылтайшысы / баспагері: Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық Ғылым академиясы

Авторлық құқық: © Зерттеулер, нәтижелер, 2026

РЕДАКЦИЯ**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

Куришбаев Ахылбек Кажигулович — главный редактор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Президент Национальной академии наук РК при Президенте РК, академик; (Scopus h-9)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Ибрагимов Примкул Шолпанкулович — заместитель главного редактора, доктор ветеринарных наук, профессор; (Scopus h-3)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Сансызбай Абылай Рыспаевич — доктор ветеринарных наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-16)

Сарсембаева Нуржан Білтебайқызы — доктор ветеринарных наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-8)

Султанов Ахметжан Акиевич — доктор ветеринарных наук, профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, директор департамента науки; (Scopus h-12)

Sobiech Przemyslaw Hubert — доктор ветеринарных наук, профессор. Варминьско-Мазурский университет в Ольштыне, Польша; (Scopus h-12)

Богоявленский Андрей Павлинович — доктор биологических наук, профессор. ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии»; (Scopus h-16)

Iancu Ionica Mihaela — доцент, PhD. Факультет ветеринарной медицины Университета сельскохозяйственных наук и ветеринарной медицины Баната имени короля Михая I (г. Тимишоара, Румыния). Области специализации: ветеринарные науки, микробиология, инфекционные заболевания, антимикробная резистентность; (Web of Science – 8).

Jan MICIŃSKI — PhD, Варминьско-Мазурский университет, Польша; (Scopus h-8)

Тореханов Айбын Адепханович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Председатель правления ТОО «Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства»; (Scopus h-3)

Исхан Кайрат Жәлелұлы — кандидат сельскохозяйственных наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Биология животных» имени академика Н. О. Базановой; (Scopus h-4)

Адылканова Шолпан Рахимбековна — доктор сельскохозяйственных наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры зооинженерии и биотехнологии; (Scopus h-5)

Корай Кырыкчы — доктор сельскохозяйственных наук. Профессор кафедры зоотехнии факультета сельского хозяйства Университета Ахи Эвран (Турция); (Scopus h-6)

Айтбаев Темиржан Еркасович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик, Председатель Правления ТОО «Казахский НИИ плодовоовощеводства»; (Scopus h-5)

Бастаубаева Шолпан Оразовна — кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор. Председатель правления ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства»; (Scopus h-8)

Дүйсембеков Бахытжан Әлішерович — кандидат биологических наук, Председатель правления ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений имени Жазкена Жиембаева»; (Scopus h-7)

Дутбаев Ерлан Бозанбайұлы — кандидат сельскохозяйственных наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Ассоциированный профессор кафедры плодовоовощеводства, защиты и карантина растений; (Scopus h-9)

Жаппарова Айгул Абсултановна — кандидат сельскохозяйственных наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии; (Scopus h-6)

Канаев Ашимхан Токтасынович — доктор биологических наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии; (Scopus h-4)

Fabián G.Fernández — доктор философии, профессор. Профессор Университета Миннесоты (Соединённые Штаты Америки); (Scopus h-28)

Elmira Saljnikov — доктор философии, профессор. Университет Белграда, Белград, Сербия. Научный сотрудник (профессор) Института многопрофильных исследований; (Scopus h-14)

Наушабаев Асхат Хамитович — PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Ассоциированный профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология»; (Scopus h-4)

Wenfeng Liu — PhD, профессор. Китайский сельскохозяйственный университет (China Agricultural University); (Scopus h-39)

Хамидов Мухамадхан — доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Узбекистан; (Scopus h-14)

- Алдиярова Айнур Есиркеповна** — PhD, ассоциированный профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-4)
- Ануарбеков Канат Курманович** — PhD, ассоциированный профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-5)
- Мадиебеков Азамат Сансызбаевич** — PhD, ассоциированный профессор. Руководитель лаборатории «Гидрохимия и экологическая токсикология», Институт географии и водной безопасности; (Scopus h-8)
- Сарсекова Дани Нургисаевна** — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Декан факультета «Лесное хозяйство и земельные ресурсы»; (Scopus h-8)
- Жилдикбаева Айжан Наскеновна** — PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, ассоциированный профессор кафедры «Земельные ресурсы и кадастр»; (Scopus h-7)
- Досманбетов Данияр Ахметович** — PhD, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник Алматинского филиала ТОО «Научноисследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Э.Н. Бөкейхана»; (Scopus h-10)
- Sezgin AYAN** — доктор профессор, Кастамону университет, факультет лесного хозяйства, заведующий отделом лесоводства (Турция); (Scopus h-14)
- Шульц Роман Владимирович** — PhD, профессор. Университет нефти и минералов имени короля Фадха, Саудовская Аравия; (Scopus h-11)
- Астанакулов Комил Дуллиевич** — доктор технических наук. Заведующей кафедры «Сельскохозяйственные техники и технологии» Национального исследовательского университета «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Узбекистан; (Scopus h-20)
- Нукешов Саяхат Оразович** — доктор технических наук, профессор. Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина. Профессор кафедры «Техническая механика»; (Scopus h-8)
- Хазимов Марат Жалелович** — кандидат технических наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Энергетика и электротехника»; (Scopus h-5)
- Daskalov Plamen** — PhD, профессор, Университет Русе имени Ангела Кънчева, проректор по вопросам развития, координации и повышения квалификации, Болгария; (Scopus h-10)
- Бердышев Абдурахим Сулейманович** — доктор технических наук, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Энергетика и электротехника»; (Scopus h-8)
- Остриков Анатолий Николаевич** — доктор технических наук, профессор. Воронежский государственный университет инженерных технологий (РФ), заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств»; (Scopus h-7)
- Ливию Гачео** — профессор Трансильванского университета (г. Брашов, Румыния); (Scopus h-9)
- Тимурбекова Айгуль Кулахметовна** — кандидат технических наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; (Scopus h-9)
- Тойшиманов Максат Рисбекович** — PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, старший преподаватель кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; (Scopus h-8)
- Кененбай Гүлмира Серікбайқызы** — кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент). ТОО «Казахский научноисследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»; (Scopus h-5)

Научный журнал «Исследования, результаты»

Периодичность: 6 выпусков в год.

Язык издания: казахский, русский, английский.

Префикс DOI: 10.37884

ISSN: 2304-3334.

Тематическая направленность: «животноводство и ветеринария»; «земледелие, агрохимия, кормопроизводство, агроэкология»; «водные, земельные и лесные ресурсы»; «механизация и электрификация сельского хозяйства».

Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0

Веб-сайт: <https://journal.kaznaru.edu.kz>

Учредитель/издатель: Казахский национальный аграрный исследовательский университет; Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан

Авторские права: © Исследования, результаты, 2026

CONTENTS STOCK-RAISING AND VETERINARY

B.I. Abilov, S.Zh. Assylbekova, S.Y. Dolgopolova, A.A. Mukatai BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE <i>Rutilus caspius</i> (Yakovlev, 1870) IN THE CASPIAN SEA	8
S.K. Abugaliyev, L.K. Bupabayeva, E.A. Babich EFFICIENCY OF USING MODERN METHODS OF REPRODUCTION IN DAIRY CATTLE BREEDING IN KOSTANAY REGION.....	23
M.B. Kalmagambetov, A.T. Berikbaeva, L.B. Mukanova, A.A. Baisabyrova REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF HEIFERS AND YOUNG COWS UNDER DIFFERENT RUMEN DEGRADABLE PROTEIN AVAILABILITY	38
K.Zh. Syman, A.A. Kirgizbayeva, Zh.A. Abdukadirova INVESTIGATION OF CAMEL MILK WHEY PROTEINS BY SDS-PAGE METHOD	51

AGRICULTURE, AGROCHEMICAL, FEED PRODUCTION, AGROECOLOGY

G.E. Asylbekova, B.K. Zhumabekova, A.S. Akmullayeva, B.T. Raimbekova, A. Gadimov AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE BIOINDICATOR POTENTIAL OF THYME <i>THYMUS SERPYLLUM</i> L. IN VARIOUS NATURAL-ANTHROPOGENIC CONDITIONS	62
A. Doszhanova, Zh. Ospanbayev, A. Sembayeva, Sh. Abdukhamova STUDY OF SUGAR BEET SOWING METHODS UNDER SUBSURFACE DRIP IRRIGATION	71
V.I. Kobernitsky, V.A. Volobaeva, I.A. Zhirnova DYNAMICS OF THE LEAF SURFACE OF WHEAT IN THE STEPPE ZONE OF KAZAKHSTAN	84
M.T. Sembekov, M.A. Kaigermazova, E.A. Shadenova A BIOTECHNOLOGICAL APPROACH TO CREATING FEED ADDITIVES BASED ON MICROCLONAL BIOMASS FROM <i>PAULOWNIA TOMENTOSA</i>	94
A.I. Kharipzhanova, A.A. Bolatbekova, M.T. Kumabayeva, A.M. Kokhmetova, Y.V. Zeleneva FIELD AND MOLECULAR SCREENING OF WHEAT RESISTANCE TO PTR IN SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN.....	106
N.Zh. Shissenbayeva, A. Adilkhankyzy, G.B. Berden, A.A. Kassymov, N.Y. Tashigul DOSE-DEPENDENT MORTALITY OF THE SPIDER MITE <i>TETRANYCHUS TURKESTANI</i> UNDER TREATMENT WITH VARIOUS ACTIVE INGREDIENTS OF ACARICIDES	121

WATER, LAND AND FOREST RESOURCES

O.S. Baimakhanov, M.N. Abdukadirova, K.I. Akylbayev, A.T. Shegenbayev, A.O. Olzhabayeva SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL STUDY OF THE USE OF WASTEWATER IN AGRICULTURE: THE CASE OF KYZYLORDA CITY	136
N.B. Zhumabay, A.S. Yegizbayeva, K.V. Konstantinova, N.E. Bismukhamedov IMPACT OF SNOW COVER ON WATER AVAILABILITY DURING THE GROWING SEASON (CASE STUDY OF THE KURAGATY SUB-BASIN)	147
M.S. Kalieva, G.K. Serikbaeva, G.E. Akhmetkerimova ORGANIZATION OF SETTLEMENT LANDS IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION	160
K. Narbayeva, A. Tairov, G. Ismailova, F. Madenova, A. Tolstikov ANALYSING WATER BALANCE OF THE SYRDARYA RIVER RESERVOIRS UNDER WATER STRESS CONDITIONS.....	169
A.A. Nurgazyeva, A.T. Toktar ASSESSMENT OF THE RESOURCE POTENTIAL AND QUALITY OF GROUNDWATER FOR PASTURE WATERING IN THE AKTOBE REGION	180
M.S. Tolgambayev, M.K. Baybatshanov, A.T. Zhubanyshova, V.O. Salovarov DETERMINATION OF POPULATION DENSITY BASED ON THE RESULTS OF SAIGA ANTELOPE POPULATION COUNTS.....	194

AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION

D. Abulkhairrov, I. Sagynganova, M. Userbaev, S. Mendalieva, B. Smailova JUSTIFICATION AND MODELING OF THE PROCESS OF PNEUMATIC MECHANICAL LOADING OF HAY INTO THE COLLECTION CHAMBER OF A HARVESTING AND TRANSPORT UNIT	203
A.C. Rzaliyev, S. Bekbossynov, B.II. Goloborodko, I. Mizanbekov PRECISION SEEDING MACHINE FOR SUGAR BEET ADAPTED TO THE SOIL AND CLIMATE CONDITIONS OF THE SOUTHERN ZONE OF KAZAKHSTAN.....	216
A.Z. Sapakov, S.Z. Sapakova, A.R. Karassayeva VACUUM FREEZE-DRYING SYSTEM WITH INVERTER COMPRESSOR	231
B.D. Sarbalina, A.N. Urazgalieva, A.A. Taskairova METHODS FOR TESTING SHEEP MANURE FOR MOISTURE	248

МАЗМҰНЫ

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ВЕТЕРИНАРИЯ

Б.И. Абилов, С.Ж. Асылбекова, С.Ю. Долгополова, А.А. Мұқатай КАСПИЙ ТЕҢІЗІНДЕГІ ҚАРАКӨЗДІҢ <i>Rutilus caspicus</i> (Yakovlev, 1870) БИОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ.....	8
С.Қ. Абуғалиев, Л.К. Бүпебаева, Е.А. Бабич ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ СҮТТІ МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫНДА КӨБЕЮДІҢ ЗАМАНАУИ ӘДІСТЕРІН ПАЙДАЛАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ	23
М.Б. Калмағамбетов, А.Т. Берикбаева, Л.Б. Мұқанова, А.А. Байсабырова РАЦИОН ПРОТЕИНИНІҢ МЕСҚАРЫНДАҒЫ ЫДЫРАУ ДӘРЕЖЕСІ ӨРТҮРЛІ БОЛҒАН ЖАҒДАЙДА ҚАШАРЛАР МЕН ҚҰНАЖЫНДАРДЫҢ КӨБЕЮ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ	38
Қ.Ж. Сыман, А.А. Қырғызбаева, Ж.А. Абдукадинова ТҮЙЕ СҮТІНДЕГІ САРЫСУАҚҰЫЗДАРЫН SDS-PAGE ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ	51

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ, АГРОХИМИЯ, АЗЫҚ ӨНДІРУ, АГРОЭКОЛОГИЯ

Г.Е. Асылбекова, Б.К. Жумабекова, А.С. Акмуллаева, Б.Т. Райымбекова, А. Гадимов БАЯНАУЫЛ ҰЛТТЫҚ ТАБИҒИ ПАРКІНІҢ АУМАҒЫНДАҒЫ ЖЕБІРШӨПТІҢ (<i>THYMUS SERPYLLUM L.</i>) ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ	62
А. Досжанова, Ж. Оспанбаев, А. Сембаева, Ш. Абдуханмова ЖЕРАСТЫ ТАМШЫЛАТЫП СУАРУ ЖАҒДАЙЫНДА ҚАНТ ҚЫЗЫЛШАСЫНЫҢ СЕБУ ТӘСІЛДЕРІН ЗЕРТТЕУ	71
В.И. Коберницкий, В.А. Волобаева, И.А. Жирнова ҚАЗАҚСТАННЫҢ ДАЛА АЙМАҒЫНДАҒЫ БИДАЙДЫҢ ЖАПЫРАҚ БЕТІНІҢ ДИНАМИКАСЫ.....	84
М.Т. Сембеков, М.А. Кайгермазова, Е.А. Шаденова PAULOWNIA TOMENTOSA ӨСІМДІГІНЕН АЛЫНҒАН МИКРОКЛОНДЫҚ БИОМАССАҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ЖЕМ ҚОСПАЛАРЫН ЖАСАУҒА БИОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТӘСІЛ	94
А.І. Харіпжанова, А.А. Болатбекова, М.Т. Кумарбаева, А.М. Кохметова, Ю.В. Зеленева ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДА БИДАЙДЫҢ PTR-ГЕ ТӨЗІМДІЛІГІН ДАЛАЛЫҚ ЖӘНЕ МОЛЕКУЛАЛЫҚ СКРИНИНГТЕУ	106
Н.Ж. Шисенбаева, А.Әділханқызы, Г.Б. Берден, А.А.Касымов, Н.Е. Ташигул ӨРТҮРЛІ АКАРИЦИДТЕРДІҢ ӨСЕР ЕТУШІ ЗАТТАРЫМЕН ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ TETRANYCHUS TURKESTANI ӨРМЕКШІ КЕНЕСІНІҢ ДОЗАҒА ТӘУЕЛДІ ӨЛІМІ	121

СУ, ЖЕР ЖӘНЕ ОРМАН РЕСУРСТАРЫ

Ө.С. Баймаханов, М.Н. Абдукодирова, Қ.И. Ақылбаев, А.Т. Шегенбаев, А.О. Олжабаева ҚЫЗЫЛОРДА ҚАЛАСЫ МЫСАЛЫНДА ТӨГІНДІ СУЛАРДЫ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҒЫНДА ПАЙДАЛАНУДЫ ҒЫЛЫМИ- ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДАН ЗЕРТТЕУ	136
Н.Б. Жумабай, А.С. Егізбаева, К.В. Константинова, Н.Э. Бекмухамедов СУАРУ КЕЗЕҢІНДЕ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ҚОЛЖЕТІЛІМДІЛІГІНЕ МАУСЫМДЫҚ ҚАР ЖАМЫЛҒЫСЫ ДИНАМИКАСЫНЫҢ ӨСЕРІ (ҚҰРАҒАТЫ СУБ-БАССЕЙНІ МЫСАЛЫНДА)	147
М.С. Қалиева, Г.К. Серикбаева, Г.Е. Ахметкеримова ЦИФРЛАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА ЕЛДІ МЕКЕН ЖЕРЛЕРІН ҰЙЫМДАСТЫРУ	160
К.Т. Нарбаева, А.З. Таиров, Г.К. Исмаилова, Ф.Б. Маденова, А.В. Толстиков СЫРДАРΙΑ ӨЗЕНІНДЕГІ СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ СУ БАЛАНСЫН СУ ШАРУАШЫЛЫҒЫ КҮЙЗЕЛІСІ ЖАҒДАЙЫНДА ТАЛДАУ	169
А.А. Нұрғазиева, Ә.Т. Тоқтар АҚТӨБЕ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ЖАЙЫЛЫМДАРДЫ СУЛАНДЫРУ ҮШІН ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫНЫҢ РЕСУРСТЫҚ ӘЛЕУЕТІ МЕН САПАСЫН БАҒАЛАУ	180
М.С. Толғамбаев, М.К. Байбатшанов, А.Т. Жубанышова, В.О. Саловаров АҚБӨКЕНДЕРДІҢ САН БАСЫН ЕСЕПКЕ АЛУ ЖҰМЫСТАРЫ БОЙЫНША ПОПУЛЯЦИЯ ТЫҒЫЗДЫҒЫН АНЫҚТАУ	194

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ

Д.К. Әбілқайыров, И.К. Сағынганова, М.Т.Усербаев, С.И. Мендалиева, Б.М. Смаилова ЖИНАУ ЖӘНЕ ТАСЫМАЛДАУ ТІРКЕСІНІҢ ЖИНАУ БӨЛІМШЕСІНЕ АУАМЕХАНИКАЛЫҚ АҒЫНЫМЕН ШӨП ТҮСУ ПРОЦЕСІН НЕГІЗДЕУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ	203
А.С. Рзалиев, С. Бекбосынов, В.П. Голобородко, И. Мизанбеков ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК АЙМАҒЫНЫҢ ТОПЫРАҚТЫҚ-КЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЫНА БЕЙІМДЕЛГЕН ҚАНТ ҚЫЗЫЛШАСЫНЫҢ ТҰҚЫМЫН ДӘЛ СЕПКІШ	216
А.З. Сапаков, С.З. Сапакова, Ә.Р. Карасаева ИНВЕРТОРЛЫҚ КОМПРЕССОРЫ БАР ВАКУУМДЫҚ СУБЛИМАЦИЯЛЫҚ КЕПТІРУ ЖҮЙЕСІ	231
Б.Д. Сарбалина, А.Н. Уразғалиева, А.А. Тасқарова ҚОЙДЫҢ ТӨСЕНІШТІ КӨҢІНІҢ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ БОЙЫНША СЫНАҚ ЖҮРГІЗУ ӘДІСТЕМЕСІ	248

СОДЕРЖАНИЕ ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

Б.И. Абилов, С.Ж. Асылбекова, С.Ю. Долгополова, А.А. Мукатай БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОБЛЫ <i>Rutilus caspicus</i> (Yakovlev, 1870) В КАСПИЙСКОМ МОРЕ	8
С.К. Аbugалиев, Л.К. Бунбаева, Е.А. Бабич ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ВОСПРОИЗВОДСТВА В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ КОСТНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ	23
М.Б. Калмагамбетов, А.Т. Берикбаева, Л.Б. Муканова, А.А. Байсабырова РЕПРОДУКТИВНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТЕЛОК И НЕТЕЛЕЙ ПРИ РАЗНОЙ ДОСТУПНОСТИ ПРОТЕИНА РАЦИОНА ФЕРМЕНТАЦИИ В РУБЦЕ.....	38
К.Ж. Сыман, А.А. Киргизбаева, Ж.А. Абдукадирова ИССЛЕДОВАНИЕ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ ВЕРБЛЮЖЬЕГО МОЛОКА МЕТОДОМ SDS-PAGE	51

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, КОРМОПРОИЗВОДСТВО, АГРОЭКОЛОГИЯ Г.Е. Асылбекова, Б.К.

Жумабекова, А.С. Акмуллаева, Б.Т. Раймбекова, А. Гадимов ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЧАБРЕЦА (<i>THYMUS SERPYLLUM</i> L.) НА ТЕРРИТОРИИ БАЯНАУЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКАПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ	62
А. Досжанова, Ж. Оспанбаев, А. Сембаева, Ш. Абдухаимова ИЗУЧЕНИЯ СПОСОБОВ ПОСЕВА САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ ПОДПОЧВЕННОМ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ.....	71
В.И. Коберницкий, В.А. Волобаева, И.А. Жирнова ДИНАМИКА ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПШЕНИЦЫ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КАЗАХСТАНА	84
М.Т.Сембеков, М.А. Кайгермазова, Е.А. Шаденова БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ КОРМОВЫХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ МИКРОКЛОНАЛЬНОЙ БИОМАССЫ <i>PAULOWNIA TOMENTOSA</i> ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ	94
А.И.Харіпжанова, А.А. Болатбекова, М.Т.Кумарбаева, А.М. Кохметова, Ю.В. Зеленева ПОЛЕВОЙ И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ К PTR В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ ...	106
Н.Ж. Шисенбаева, А.Әділханқызы, Г.Б. Берден, А.А. Касымов, Н.Е. Ташигул ДОЗАЗАВИСИМАЯ СМЕРТНОСТЬ ПАУТИННОГО КЛЕЩА <i>TETRANYCHUS TURKESTANI</i> ПРИ ОБРАБОТКЕ РАЗЛИЧНЫМИ ДЕЙСТВУЮЩИМИ ВЕЩЕСТВАМИ АКАРИЦИДОВ	121

ВОДНЫЕ, ЗЕМЕЛЬНЫЕ И ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ

О.С. Баймаханов, М.Н. Абдукадирова, К.И. Акылбаев, А.Т. Шегенбаев, А.О. Олжабаева НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КЫЗЫЛОРДЫ	136
Н.Б. Жумабай, А.С. Егизбаева, К.В. Константинова, Н.Э. Бекмухамедов ВЛИЯНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА (НА ПРИМЕРЕ СУБ-БАССЕЙНА КУРАГАТЫ)	147
М.С. Қалиева, Г.К. Серикбаева., Г.Е. Ахметкеримова ОРГАНИЗАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ.....	160
К.Т. Нарбаева, А.З. Таиров, Г.К. Исмаилова, Ф.Б. Маденова, А.В. Толстиков АНАЛИЗ ВОДНОГО БАЛАНСА ВОДОХРАНИЛИЩ РЕКИ СЫРДАРЬЯ В УСЛОВИЯХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРЕССА	169
А.А. Нургазиева, Ә.Т. Токтар ОЦЕНКА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА И КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ОБВОДНЕНИЯ ПАСТБИЩ АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ	180
М.С. Толгамбаев, М.К. Байбатшанов, А.Т. Жубанышова, В.О. Саловаров ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ САЙГАКОВ.....	194

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Д.К. Абулхаиров, И.К. Сагынганова, М.Т. Усербаев, С.И. Мендалиева, Б.М. Смаилова ОБОСНОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПОГРУЗКИ СЕНА В СБОРОЧНУЮ КАМЕРУ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА	203
А.С. Рзалиев, С. Бекбосынов, В.П. Голобородко, И. Мизанбеков СЕЯЛКА ТОЧНОГО ВЫСЕВА ДЛЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ, АДАПТИРОВАННАЯ К ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ЮЖНОЙ ЗОНЫ КАЗАХСТАНА	216
А.З. Сапаков, С.З. Сапакова, А.Р. Карасаева ВАКУУМНАЯ СУБЛИМАЦИОННАЯ СУШИЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИНВЕРТОРНЫМ КОМПРЕССОРОМ	231
Б.Д. Сарбалина, А.Н. Уразгалиева, А.А. Таскаирова МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПОДСТИЛОЧНОГО ОВЕЧЬЕГО НАВОЗА НА ВЛАЖНОСТЬ.....	248



**A.I. Kharipzhanova^{1*}, A.A. Bolatbekova^{1,2}, M.T. Kumarbayeva¹, A.M. Kokhmetova¹,
Y.V. Zeleneva³**

¹Institute of Plant Biology and Biotechnology, Almaty, Kazakhstan;

²Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan;

³All-Russian Research Institute for Plant Protection”, St. Petersburg, Russia.

E-mail: aidankastar@gmail.com

FIELD AND MOLECULAR SCREENING OF WHEAT RESISTANCE TO PTR IN SOUTH-EASTERN KAZAKHSTAN

Kharipzhanova Aidana Isenbaikyzy, PhD in Agricultural Sciences, Researcher, Laboratory of Genetics and Selection, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, 050040, Almaty, Timiryazev St., 45
E-mail: aidankastar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7329-1449>;

Bolatbekova Ardashka Aidynovna, Doctoral student, Junior researcher, Laboratory of Genetics and Selection, Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, 050040, Almaty, st. Timiryazev 45
E-mail: ardashka1984@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4694-9214>;

Kumarbayeva Madina Talgarovna, PhD of Agricultural Sciences, Senior researcher of Genetics and Breeding Laboratory, Institute of Plant Biology and Biotechnology (IPBB). Kazakhstan, 050040, Almaty, st. Timiryazev, 45
E-mail: madina_kumar90@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5588-6772>;

Kokhmetova Alma Myrzabekovna, Doctor of Biological Sciences, Academician. Head of the Laboratory of Genetics and Selection of the Institute of Plant Biology and Biotechnology, Kazakhstan, 050040, Almaty, st. Timiryazev, 45

E-mail: gen_kalma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0186-7832>;

Zeleneva Yulia Vitalievna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Laboratory of Mycology and Phytopathology, Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Plant Protection”, Russia, St. Petersburg, 196608, Pushkin, Podbelskogo Highway, 3.

E-mail: zelenewa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9716-288X>.

Abstract. Tan spot is one of the most economically significant diseases of wheat (*Triticum aestivum*) in southeastern Kazakhstan, where infection levels can reach up to 70% in epiphytotic years due to the combined effects of favorable factors such as high humidity, crop residues, and monoculture. 60 wheat lines were evaluated for resistance under field conditions at the adult plant stage. Disease severity was assessed using Saari and Prescott’s (1975) scale modified by Kremeneva (2007), and disease dynamics were quantified using the AUDPC index (Wilcoxson et al., 1974). PCR amplification was performed following Faris et al. (2010) to identify *Tsn1/tsn1* alleles. The genotypes exhibited substantial variability in plant height (80–126 cm) and NDVI (0.51–0.65), reflecting differences in physiological status and productivity. Field evaluation revealed clear differentiation: 33 accessions showed complete resistance (AUDPC = 0), whereas susceptible genotypes had AUDPC values ranging from 88 to 455. Molecular screening identified a high frequency (70%) of the recessive *tsn1* allele associated with insensitivity to the PtrToxA toxin of PTR. Carriers of *tsn1* showed lower disease severity and reduced AUDPC values, while genotypes carrying *Tsn1* exhibited more pronounced disease development. Integration of molecular and field data demonstrated strong concordance and confirmed the reliability of the *Xfcp623* marker. The practical significance lies in identifying promising resistance donors, including 25-ICARDA-IPBB-2013 × D.588 ma F7 Bermet × RWKLDN9, D.22-ICARDA-IPBB-2013, 1060

D.5353 [(CWARTN) Super KAUZ $\times$ D.1017 F7 (Yr15 $\times$ Yuzhnaya-12)], Morocco $\times$ Steklovodnaya 24, П138 D.906 F5 (Almaly $\times$ 29266) $\times$ D.5357 Pastor, and D.1055 (DIAMONDBIRD/GALLYA-ARAL1//TAM200/KAUZ) $\times$ D.305 Roughrider, combining *tsn1* allele with adaptability and productivity.

Keywords: tan spot, wheat, phenotyping, biomass index, AUDPC, molecular screening, resistance, markers

For citation: Kharipzhanova A.I., Bolatbekova A.A., Kumarbayeva M.T., Kokhmetova A.M., Zeleneva Y.V. (2026). Field and molecular screening of wheat resistance to PTR in South-eastern Kazakhstan // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 3. Number 111. Pp. 106–120. <https://doi.org/10.37884/3-2026/09> [in Eng.].

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgements. This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP22787867).

**A.I. Харіпжанова^{1*}, А.А. Болатбекова^{1,2}, М.Т. Құмарбаева¹, А.М. Кохметова¹,
Ю.В. Зеленева³**

¹Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Алматы, Қазақстан;

²Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан;

³Бүкілресейлік өсімдіктерді қорғау ғылыми-зерттеу институты, г. Санкт-Петербург.

E-mail: aidankastar@gmail.com

ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАНДА БИДАЙДЫҢ PTR-ГЕ ТӨЗІМДІЛІГІН ДАЛАЛЫҚ ЖӘНЕ МОЛЕКУЛАЛЫҚ СКРИНИНГТЕУ

Харіпжанова Айдана Ісенбайқызы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының PhD докторы, ғылыми қызметкер, Генетика және селекция зертханасы, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, 050040, Алматы, Тимирязев к-сі, 45

E-mail: aidankastar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7329-1449>;

Болатбекова Ардақ Айдыновна, PhD докторант, кіші ғылыми қызметкер, Генетика және селекция зертханасы, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, 050040, Алматы, Тимирязев к-сі, 45

E-mail: ardashka1984@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4694-9214>;

Құмарбаева Мадина Талғаровна, ауыл шаруашылығы ғылымдарының PhD докторы, аға ғылыми қызметкер, Генетика және селекция зертханасы, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институты, Қазақстан, 050040, Алматы, Тимирязев к-сі, 45

E-mail: madina_kumar90@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5588-6772>;

Кохметова Алма Мырзабекқызы, биология ғылымдарының докторы, академик, Өсімдіктер биологиясы және биотехнологиясы институтының Генетика және селекция зертханасының меңгерушісі, Қазақстан, 050040, Алматы, Тимирязев к-сі, 45

E-mail: gen_kalma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0186-7832>;

Зеленева Юлия Витальевна, биология ғылымдарының докторы, доцент, аға ғылыми қызметкер, «Бүкілресейлік өсімдіктерді қорғау ғылыми-зерттеу институты» Федералдық мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекемесінің микология және фитопатология зертханасы, Ресей, Санкт-Петербург, 196608, Пушкин, Подбельский тас жолы, 3

E-mail: zelenewa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9716-288X>.

Аннотация. Жапырақтың сары дақ ауруы (tan spot) Оңтүстік-Шығыс Қазақстан жағдайында бидайдың (*Triticum aestivum*) ең экономикалық маңызды ауруларының бірі болып табылады. Эпифитотиялық жылдары зақымдану деңгейі жоғары ылғалдылық, өсімдік қалдықтарының болуы және монокультура сияқты қолайлы факторлардың үйлесуіне байланысты 70 %-ға дейін жетуі мүмкін. Зерттеуде 60 бидай линиясы ересек өсімдік кезеңінде далалық жағдайда төзімділікке бағаланды. Аурудың даму деңгейі Saari және Prescott (1975), Кременёва (2007) модификацияланған шкалаларымен анықталды, ал ауру динамикасы AUDPC көрсеткішімен (Wilcoxson et al., 1974) бағаланды. ПТР-амплификация Faris et al. (2010) әдісімен жүргізіліп, *Tsn1/tsn1* аллельдері анықталды.

Генотиптер өсімдік биіктігі (80–126 см) және NDVI (0,51–0,65) бойынша айтарлықтай өзгергіштік көрсетті, бұл олардың физиологиялық жағдайы мен өнімділігіндегі айырмашылықтарды көрсетеді. Далалық бағалау нәтижесінде 33 үлгі толық төзімділік көрсетті (AUDPC = 0), ал сезімтал формаларда AUDPC мәндері 88–455 аралығында болды. Молекулалық скрининг нәтижесінде PtrToxA токсиніне сезімталдықтың болмауымен байланысты tsn1 рецессивті аллелінің жоғары жиілігі (70 %) анықталды. tsn1 тасымалдаушылары төмен зақымдану деңгейімен және төмен AUDPC мәндерімен сипатталды, ал Tsn1 аллелі бар генотиптерде ауру айқынырақ дамыды. Молекулалық және далалық деректердің интеграциясы нәтижелердің жоғары сәйкестігін көрсетті және Xfcr623 маркерінің сенімділігін растады. Практикалық маңызы зерттеу барысында анықталған линиялардың селекциялық процесте бастапқы материал ретінде жоғары құндылығында жатыр. Атап айтқанда, 25-ICARDA-IPBB-2013 × D.588 ma F7 Bermet × RWKLDN9, D.22-ICARDA-IPBB-2013, 1060 D.5353 [(CWARTN) Super KAUZ × D.1017 F7 (Yr15 × Yuzhnaya-12)], Morocco × Steklovidnaya 24, 1138 D.906 F5 (Almaly×29266) × D.5357 Pastor және D.1055 (DIAMONDBIRD/GALLYA-ARAL1//TAM200/KAUZ) × D.305 Roughrider линиялары tsn1 аллелінің болуымен сипатталып, Pyrenophora tritici-repentis қоздырғышының PtrToxA токсиніне төзімділік көрсетеді. Сонымен қатар, бұл генотиптер жоғары бейімделгіштікпен және өнімділік көрсеткіштерімен ерекшеленеді.

Түйін сөздер: сары дақ (пиренофороз) ауруы, бидай, фенотиптеу, биомасса индексі, AUDPC, молекулалық скрининг, төзімділік, маркерлер

Дәйексөз үшін: Харіпжанова А.І., Болатбекова А.А., Кумарбаева М.Т., Кохметова А.М., Зеленева Ю.В. (2026). Оңтүстік-шығыс Қазақстанда бидайдың PTR-ге төзімділігін далалық және молекулалық скринингтеу // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 3. Number 111. Pp. 106–120. <https://doi.org/10.37884/3-2026/09> [In Eng.]

Мүдделер қақтығысы: авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

А.І. Харіпжанова^{1}, А.А. Болатбекова^{1,2}, М.Т. Кумарбаева¹, А.М. Кохметова¹,
Ю.В. Зеленева³*

¹Институт биологии и биотехнологии растений, Алматы, Казахстан;

²Казахский национальный аграрный научно-исследовательский университет, Алматы, Казахстан;

³Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: aidankastar@gmail.com

ПОЛЕВОЙ И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СКРИНИНГ УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ К PTR В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КАЗАХСТАНЕ

Харіпжанова Айдана Ісенбайқызы, PhD сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, лаборатория генетики и селекции, Институт биологии и биотехнологии растений. Казахстан, 050040, Алматы, ул. Тимирязева, 45

E-mail: aidankastar@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7329-1449>;

Болатбекова Ардак Айдыновна, PhD докторант, младший научный сотрудник, лаборатория генетики и селекции, Институт биологии и биотехнологии растений. Казахстан, 050040, Алматы, ул. Тимирязева, 45

E-mail: ardashka1984@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4694-921>;

Кумарбаева Мадина Талгаровна, PhD доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и селекции, Институт биологии и биотехнологии растений. Казахстан, 050040, Алматы, ул. Тимирязева, 45

E-mail: madina_kumar90@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5588-6772>;

Кохметова Алма Мырзабековна, доктор биологических наук, академик, заведующая лабораторией генетики и селекции Института биологии и биотехнологии растений. Казахстан, 050040, г. Алматы, ул. Тимирязева, 45

E-mail: gen_kalma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0186-7832>;

Зеленева Юлия Витальевна, доктор биологических наук., доцент, старший научный сотрудник лаборатории микологии и фитопатологии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», Россия, г.

Санкт-Петербург, 196608, г. Пушкин, ш. Подбельского, д. 3.

E-mail: zelenewa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9716-288X>.

Аннотация. Пиренофороз (жёлтая пятнистость) является одним из наиболее экономически значимых заболеваний пшеницы (*Triticum aestivum*) в Юго-Восточном Казахстане, где в эпифитотийные годы уровень поражения может достигать 70% вследствие сочетания благоприятных факторов, включая повышенную влажность, наличие растительных остатков и монокультуру. В исследовании изучено 60 линий пшеницы с оценкой устойчивости в полевых условиях на стадии взрослого растения. Степень поражения определяли по шкале Saari и Prescott (1975) в модификации Кременевой (2007), динамику болезни — по показателю AUDPC (Wilcoxson et al., 1974). ПЦР-амплификация проводилась по методике Faris et al. (2010) с идентификацией аллелей *Tsn1/tsn1*. Генотипы продемонстрировали значительную вариабельность по высоте растений (80–126 см) и NDVI (0,51–0,65), отражающую различия в физиологическом состоянии и продуктивности. Полевые оценки выявили чёткую дифференциацию: 33 образца проявили полную устойчивость (AUDPC = 0), тогда как восприимчивые формы характеризовались значениями AUDPC 88–455. Молекулярный скрининг выявил высокую частоту рецессивного аллеля *tsn1* (70 %), ассоциированного с нечувствительностью к токсину PtrToxA возбудителя *Pyrenophora tritici-repentis*. Носители *tsn1* характеризовались сниженной степенью поражения и более низкими значениями AUDPC, тогда как генотипы с аллелем *Tsn1* демонстрировали более выраженное развитие заболевания. Интеграция молекулярных и полевых данных показала высокую согласованность результатов и подтвердила надёжность маркера Xfcp623. Практическая значимость заключается в выделении перспективных доноров устойчивости, включая 25-ICARDA-IPBB-2013 × D.588 ma F7 Bermet × RWKLDN9, D.22-ICARDA-IPBB-2013, 1060 D.5353 [(CWARTN) Super KAUZ × D.1017 F7 (Yr15 × Yuzhnaya-12)], Morocco × Steklovidnaya 24, 1138 D.906 F5 (Almaly × 29266) × D.5357 Pastor, D.1055 (DIAMONDBIRD/GALLYA-ARAL1//TAM200/KAUZ) × D.305 Roughrider и другие, которые сочетают наличие аллеля *tsn1* с адаптивностью и продуктивностью. Их использование позволит ускорить создание устойчивых сортов пшеницы.

Ключевые слова: жёлтая пятнистость пшеницы, фенотипирование, индекс биомассы, AUDPC, молекулярный скрининг, устойчивость, маркеры

Для цитирования: Харіпжанова А.І., Болатбекова А.А., Кумарбаева М.Т., Кохметова А.М., Зеленева Ю.В. (2026). Полевой и молекулярный скрининг устойчивости пшеницы к PTR в Юго-восточном Казахстане // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 3. Number 111. Pp. 0–00. <https://doi.org/10.37884/3-2026/09> [In Eng.]

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction.

Wheat ranks among the world's most critical staple food crops, however, its production faces persistent limitations from both biological and environmental stresses, with fungal diseases like tan spot caused by *Pyrenophora tritici-repentis* being particularly problematic [Andersen et al., 2021]. These fungal pathogens not only cause immediate reductions in grain yield and quality but also compromise the plant's resistance mechanisms, making wheat crops increasingly vulnerable to additional biological and environmental stressors, thereby amplifying total production losses [Robles-Zazueta et al., 2024].

The ability of the pathogen to evolve and overcome host resistance genes complicates disease control, highlighting the need for continuous field evaluation and the identification of resistant germplasm [Taylor et al., 2023]. Across major wheat-growing regions of Europe, the Americas, and Central Asia, tan spot causes average yield losses of 10–20 %, which may increase to 30–50 % under epiphytotic conditions depending on climate, pathogen virulence, and host susceptibility [Duveiller et al., 2007; Kader et al., 2022].

Recent field surveys in Kazakhstan have revealed strong regional and genotype-dependent variation in tan spot development. In 2024, high disease incidence and severity were recorded in the Akmola region, whereas several resistant lines were identified in the Kostanay region. Moderate disease pressure was recorded in the Turkestan region of southern Kazakhstan, while several districts within the Almaty region experienced extensive pathogen spread and elevated disease severity [Keishilov et al., 2025]. These findings emphasize the importance of accurate field-based assessment of disease progression using integrative metrics such as the Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC), which summarizes disease development over time by combining incidence and severity [Laribi et al., 2023]. These findings are important for the detection of re-

sistant wheat germplasm and for improving strategies aimed at reducing disease impact [Phuke et al., 2020].

Traditional approaches for evaluating plant vigor and disease resistance are often labor-intensive, prompting increased adoption of advanced phenotyping technologies to accelerate breeding efforts [Maulana et al., 2020]. High-throughput phenotyping and remote sensing tools, including spectral reflectance indices such as the NDVI, provide rapid and non-destructive evaluation of crop growth, biomass, and productivity, facilitating efficient identification of resistant genotypes [Volpato et al., 2021; Beres et al., 2020; Rahman et al., 2021]. These advanced phenomics technologies are engineered to capture comprehensive information about plant development, biomass accumulation, structural characteristics, and photosynthetic performance across numerous plants on a daily basis, delivering enhanced precision and minimized manual effort via automated and remotely operated systems [John et al., 2023].

The effectiveness of QTL mapping and genome-wide association studies can be further enhanced by integrating advanced statistical methods to identify stable resistance loci [Jin et al., 2020; Nguyen et al., 2025]. Molecular markers such as *Xfcp623* and *XBE444541* have proven effective in detecting allelic variants of the *Tsn1* and *Tsc2* genes associated with wheat responses to PtrToxA and PtrToxB toxins, confirming their role in tan spot resistance [Kokhmetova et al., 2020; Kumarbayeva et al., 2022]. Overall, combining agronomic, phytopathological, and molecular genetic evaluations provides a robust framework for identifying promising wheat genotypes for breeding programs [Kumarbayeva et al., 2025].

The objective of this study was to conduct a comprehensive phytopathological assessment of tan spot development and to perform a molecular analysis of wheat resistance to *Pyrenophora tritici-repentis* under the conditions of South-East Kazakhstan.

Material and methods

The research methodology was based on an integrated approach that combined breeding, disease-assessment, and molecular techniques. The study focused on promising wheat lines that are either currently cultivated or proposed as candidate varieties for the agro-ecological conditions of South-Eastern Kazakhstan.

Field experiments were conducted in 2024 under the conditions of the Almaty region. The growing season was characterized by a continental climate with alternating dry and moderately humid periods. The spring period (April–May) was marked by elevated temperatures and limited precipitation, whereas at the beginning of the summer period (June), episodic rainfall events were observed, creating favorable conditions for the development of foliar diseases, including tan spot. The experiment was established under rainfed field conditions (without artificial irrigation), ensuring a natural infection background. The experimental design included plots with a row spacing of 30 cm; the area of each plot was 1 m². The experiment was conducted with three replications.

Field phytopathological assessments of *Pyrenophora tritici-repentis* (tan spot) were conducted by estimating the percentage of leaf area affected by the disease. Disease severity was evaluated using the Saari and Prescott scale (1975) [Saari et al., 1975], initially developed for septoria, with later modifications proposed by O.Yu. Kremneva (2007) [Kremneva et al., 2007]. According to this scale, wheat genotypes were categorized into the following resistance classes: 0 %—very high resistance; 1–5 %—high resistance; 6–20 %—resistant; 21–30 %—susceptible; 31–50 %—moderately susceptible; 51–80 %—highly susceptible; and 81–100 %—very highly susceptible.

Disease development over time was quantified using the area under the disease progress curve (AUDPC), calculated according to the method described by Wilcoxson et al. (1974). This metric provides a robust quantitative measure of disease dynamics and allows for a comprehensive comparison of resistance levels among wheat genotypes.

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \times (t_{i+1} - t_i)$$

where y_i represents the mean infection coefficient at the i -th assessment, y_{i+1} is the mean infection coefficient at the $(i+1)$ -th assessment, $(t_{i+1} - t_i)$ denotes the time interval in days between two consecutive assessments, and n corresponds to the total number of observations.

The PCR reaction was performed in a total volume of 25 µl, containing 2.5 µl of genomic DNA, 1 µl of each primer (1 pM/µl) (SigmaAldrich, USA), 2.5 µl of dNTP mixture (2.5 mM each of dCTP, dGTP, dTTP, and dATP) (ZAO Sileks, Russia), 2.5 µl of MgCl₂ (25 mM), 0.2 µl of Taq DNA polymerase (5 U/µl) (ZAO Sileks, Russia), 2.5 µl of 10× PCR buffer, and 12.8 µl of double-distilled water (ddH₂O). PCR amplification

was conducted using a Mastercycler thermal cycler (Eppendorf, Germany). Amplified products were resolved by electrophoresis on a 2% agarose gel prepared in TBE buffer (45 mM Tris-borate, 1 mM EDTA, pH 8) with the addition of ethidium bromide [Chen et al., 1998]. Fragment sizes were estimated using a 100-bp DNA ladder (Fermentas, Lithuania). Visualization and documentation of PCR products were carried out using a Gel Doc XR+ imaging system (BIO-RAD, Hercules, USA). Leaf tissue samples from all tested entries, including two reference cultivars, were genotyped using the SSR marker *Xfcp623*, which is specific for identifying allelic variants of the *Tsn1* gene. Primer sequences and PCR cycling conditions were applied according to the protocol described by Faris et al. (2010) [Faris et al., 2010]. This marker discriminates two allelic forms: a 380-bp amplicon corresponding to the dominant *Tsn1* allele associated with sensitivity, and the absence of amplification, corresponding to the recessive *tsn1* allele associated with insensitivity to PtrToxA [Zhang et al., 2009]. The primer sequences used for the *Xfcp623* marker (5'–3') were: F – CTATTCGTAATCGTGCCTTC-CG and R – CCTTCTCTCTCACCGCTATCTCATC.

The plant biomass index (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) was measured using a portable GreenSeeker sensor (Trimble Navigation Limited, USA). NDVI values range from 0.00 to 1.00, where higher readings reflect greater plant vigor and enhanced resistance to diseases [Chu et al., 2007]. The GreenSeeker device functions by emitting short pulses of red and near-infrared light toward the crop canopy and recording the reflected signals. Elevated NDVI values are typically associated with higher productivity, improved disease tolerance, and lower nitrogen demand.

Statistical analysis was performed using Microsoft Excel. Mean values (Mean) and standard deviation (SD) were calculated for all traits. Pearson's correlation coefficient (r) was used to assess relationships between NDVI, PTR, and AUDPC. Statistical significance was determined using p -values, with $p < 0.05$ considered significant.

Results.

Phytopathological screening and phenological observations of a wheat collection were carried out at the adult plant stage under field conditions in the Almaty region. Phenological observations and evaluation of wheat lines were performed based on the main yield components. Plant height showed a wide range of variation, from 80 to 126 cm. Nineteen wheat accessions were classified as tall-growing, with plant heights ranging from 115 to 126 cm. For the preliminary assessment of promising wheat lines, the plant biomass index (NDVI) was measured. NDVI evaluation was conducted for 60 wheat lines. Significant variation in NDVI values was observed depending on genotype origin as well as plant growth and developmental stages. NDVI values among the 60 wheat samples ranged from 0.51 to 0.65 (Table 1).

The results of the field evaluation of resistance of different wheat lines to *P. tritici-repentis* were based on three disease severity assessments and the calculation of the area under the disease progress curve (AUDPC). Of the 60 tested samples, 33 lines exhibited complete resistance, showing immune reactions with AUDPC values equal to 0, indicating the absence of pathogen infection. The remaining samples demonstrated varying levels of susceptibility, with AUDPC values ranging from 88 to 455, reflecting the presence of both resistant and susceptible genotypes. The promising line GF_20_CP showed the highest level of disease development, with an AUDPC value of 455, indicating severe plant infection. Lines 634_SP2 (AUDPC = 368), GF_18_CP, and GF_21_CP (AUDPC = 350) also exhibited high susceptibility. Several lines, including 603_SP2 (AUDPC = 298), GF_5_CP (AUDPC = 315), 606_SP2, and GF_23_CP (AUDPC = 333), showed moderate levels of infection, which may require attention in breeding programs. In contrast, promising lines such as 605_SP2, 633_SP2, GF_22_CP (AUDPC = 228), 612_SP2, and 629_SP2 (AUDPC = 245) demonstrated low levels of disease severity, indicating a certain degree of resistance. Overall, the results reveal a wide range of resistance responses among the tested wheat lines to PTR, with some genotypes exhibiting high resistance and others showing pronounced susceptibility (Table 1).

Correlation analysis revealed a moderate negative relationship between NDVI and PTR ($r = -0.36$, $p < 0.01$), suggesting that higher vegetation index values are associated with lower disease severity. In contrast, a very strong positive correlation was observed between PTR and AUDPC ($r = 0.998$, $p < 0.001$), indicating that both parameters consistently reflect disease progression (Table 1).

Table 1 – Genetic characterization and breeding evaluation of selected wheat lines in southeastern Kazakhstan

№	Sample name	Agronomic parameters						Field-based assessment					AUD-PC	Presence of a gene
		Days to heading	Plant height	NDVI-1	NDVI-2	NDVI avg.	SD	PTR-1	PTR-2	PTR-3	PTR avg.	SD		
1	F1d.1049 D.767 F5 (Naz × GF55) × Arap × Arap, No.43/No.1107, 23-ICARDA-IPBB-2013 (Yr5)	221	108	0,81	0,67	0,74	0,10	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
2	F4 (F1D.1302 D.95.SIL-VERSTAR/4/338-K1-1// ANB/BUC/3/GS50A/5/TAM200/KAUZ × Naz) × Naz, No.40/No.35, Moro (Yr10)	214	105	0,77	0,61	0,69	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
3	1. F4 (F1D.1347 D.141.NGDA146/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA/5/F130L1.12/6/GALLYA-ARAL1/7/TAM200/KAUZ) × Mereke, No.70/No.1103, 19-ICARDA-IPBB-2013 (Yr17)	217	106	0,77	0,56	0,67	0,15	10	20	35	21,7	12,6	298	<i>tsn1</i>
4	282/SP-2-2012 F7 (Naz × GF66) × Ulugbek, No.276, <i>Triticum spelta</i> (Japan-2013), (Yr5)	212	110	0,72	0,51	0,62	0,15	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
5	1677 D.1051 D.783 F5 (Naz × Immun78) × Arap × Arap, No.290, Clement (W; Yr9 + Yr2)	219	110	0,78	0,48	0,63	0,21	10	15	25	16,7	7,6	228	<i>tsn1</i>
6	F6 (D.1030 D.620 F4 Ulugbek × Yr4) × Mereke, No.41, Bezostaya 1 (Yr18)	212	115	0,72	0,46	0,59	0,18	20	30	15	21,7	7,6	333	<i>Tsn1</i>
7	F4 (D.1008 (D.90 F3 (Almaly (225) × 5353 Super Kraws)) × Naz), No.1103, ICAR-DA-IPBB-2013 (Yr17)	213	126	0,71	0,52	0,62	0,13	10	15	20	15,0	5,0	210	<i>Tsn1</i>
8	F4 (D.1051 D.783 F5 (Naz × Immun78) × Arap) × Arap, No.53, Mereke (Yr10)	215	88	0,77	0,45	0,61	0,23	5	10	20	11,7	7,6	158	<i>tsn1</i>
9	F4 (D.1010 (D.93 F3 (N23 × Kupava)) × Mereke), No.293, Moro (W; Yr10)	212	90	0,7	0,47	0,59	0,16	5	15	10	10,0	5,0	158	<i>tsn1</i>
10	D.1777 Darya × No.1724 F11581 × (D.807 F4 (Naz × Umanka) × Almaly) × Zimorodok, No.78 × D.42 Almaly/ No.29 Almaly	213	104	0,78	0,53	0,66	0,18	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
11	D. Sabina × D.74 Pallada, No.57 Pallada	216	100	0,71	0,58	0,65	0,09	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
12	D.1777 Darya × No.72 Tungysh × D.133 Darya, No.68 Darya	219	115	0,72	0,47	0,6	0,18	10	15	30	18,3	10,4	245	<i>tsn1</i>
13	D.1286 D.79 (ARDEAL/BOEMA//F135U2-1/5/TX69A5092//BBY2/FOX/3/PKL70/LIRA/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA × Naz) × D.367 Lapochkina 113/DO-4 DS (Sr46), No.379 Pavon 76 (Sr2, Ug99 complex)	216	95	0,74	0,49	0,62	0,18	5	15	25	15,0	10,0	210	<i>tsn1</i>

14	D.1300 D.93 (AUS 4930.7/2PAS-TOR/4/338-K1-1// ANB/BUC/3/GS50A/5/TAM200/KAUZ × Naz)* × D.367 Lapochkina 113/DO-4 DS (Sr46), No.366 RL 6099 (1995) Dyck (Sr35, Ug99)	214	85	0,73	0,47	0,6	0,18	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
15	D.No.23 × Kupava × 1774, D.23-ICARDA-IPBB-2013	223	116	0,77	0,68	0,73	0,06	0	5	15	6,7	7,6	88	tsn1
16	D. F5 No.20 × Umanka × 1773, D.22-ICARDA-IPBB-2013	216	113	0,75	0,52	0,64	0,16	5	10	20	11,7	7,6	158	Tsn1
17	D. No.23 × Kupava × 1773, D.22-ICARDA-IPBB-2013	219	118	0,75	0,52	0,64	0,16	5	10	15	10,0	5,0	140	Tsn1
18	D.179-KV-IPBBR-2012 × D.1760, 9-ICARDA-IPBB-2013	218	115	0,74	0,6	0,67	0,10	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
19	D.179-KV-IPBBR-2012 × D.586 MA F7 Bermet × RWKLDN9	216	122	0,77	0,58	0,68	0,13	10	20	30	20,0	10,0	280	tsn1
20	I. D.1770 Ramin × No.1736, F11594 (F1 D.1013 (D.97 F3 (N20 × Umanka) × Egemen) × Brundage 96 × D.23 Brundage 96, APR)	220	117	0,69	0,48	0,59	0,15	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
21	D.1777 Darya × No. 1724, F11581 × (D.807 F4 (Naz × Umanka) × Almaly) × Zimorodok, No.78 × D.42 Almaly	219	95	0,79	0,63	0,71	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
22	D.1777 Darya × No. 1737, F1 D.1014 (D.99 F3 (No.25 Madsen × Cm.24) × Arap) × Brundage 96 (APR) × D.23 Brundage 96 (APR)	219	107	0,78	0,65	0,72	0,09	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
23	D.1772 Viza × No.42 Almaly × D.131 Viza	213	112	0,78	0,63	0,71	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
24	D.35-ICARDA-IPBB-2013 × DYr9	213	103	0,84	0,61	0,73	0,16	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
25	D.845 F5 No.23 × Kupava × No.1659, D.1030 D.620 F4 (Ulugbek × Yr4 × Mereke × 197) (Yr15)	212	93	0,71	0,67	0,69	0,03	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
26	D.1320 (D.113.338-K1 1//ANB/BUC/3/GS50A/4/TREGO/JGR 8W/5/TX69A5092// BBY2/FOX/3/PKL70/LIRA/4/YMH/TOB// MCD/3/LIRA) × Tungush × D.323 (Sr27), Coorong (Triticale)	212	118	0,7	0,58	0,64	0,08	10	15	30	18,3	10,4	245	tsn1
27	D.867 F5 No.23/Kupava/22 × D.74 Pallada	217	125	0,79	0,63	0,71	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
28	D.89 E-99 × No.270 RL 6088 (Sr40) × D.74 Pallada	215	110	0,78	0,61	0,7	0,12	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
9	F1d.1049 D.767 F5 (Naz × GF55) × Arap × Arap, No.43/No.1107, 23-ICARDA-IPBB-2013 (Yr5)	221	108	0,81	0,67	0,74	0,10	0	0	0	0,0	0,0	0	tsn1
10	F4 (F1D.1302 D.95.SIL-VERSTAR/4/338-K1-1// ANB/BUC/3/GS50A/5/TAM200/KAUZ × Naz) × Naz, No.40/No.35, Moro (Yr10)	214	105	0,77	0,61	0,69	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	Tsn1

11	1. F4 (F1D.1347 D.141.NGDA146/4/ YMH/TOB//MCD/3/ LIRA/5/F130L1.12/6/ GALLYA-ARAL1/7/ TAM200/KAUZ) × Mereke, No.70/No.1103, 19-ICARDA-IPBB-2013 (Yr17)	217	106	0,77	0,56	0,67	0,15	10	20	35	21,7	12,6	298	<i>tsn1</i>
12	282/SP-2-2012 F7 (Naz × GF66) × Ulugbek, No.276, <i>Triticum spelta</i> (Japan-2013), (Yr5)	212	110	0,72	0,51	0, 62	0,15	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
13	1677 D.1051 D.783 F5 (Naz × Immun78) × Arap × Arap, No.290, Clement (W; Yr9 + Yr2)	219	110	0,78	0,48	0,63	0,21	10	15	25	16,7	7,6	228	<i>tsn1</i>
14	F6 (D.1030 D.620 F4 Ulugbek × Yr4) × Mer-eke, No.41, Bezostaya 1 (Yr18)	212	115	0,72	0,46	0,59	0,18	20	30	15	21,7	7,6	333	<i>Tsn1</i>
15	F4 (D.1008 (D.90 F3 (Almaly (225) × 5353 Super Kraws)) × Naz), No.1103, ICAR-DA-IPBB-2013 (Yr17)	213	126	0,71	0,52	0,62	0,13	10	15	20	15,0	5,0	210	<i>Tsn1</i>
16	F4 (D.1051 D.783 F5 (Naz × Immun78) × Arap) × Arap, No.53, Mereke (Yr10)	215	88	0,77	0,45	0,61	0,23	5	10	20	11,7	7,6	158	<i>tsn1</i>
17	F4 (D.1010 (D.93 F3 (N23 × Kupava)) × Mereke), No.293, Moro (W; Yr10)	212	90	0,7	0,47	0,59	0,16	5	15	10	10,0	5,0	158	<i>tsn1</i>
18	D.1777 Darya × No.1724 F11581 × (D.807 F4 (Naz × Umanka) × Almaly) × Zimorodok, No.78 × D.42 Almaly/ No.29 Almaly	213	104	0,78	0,53	0,66	0,18	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
19	D. Sabina × D.74 Pallada, No.57 Pallada	216	100	0,71	0,58	0, 65	0,09	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
20	D.1777 Darya × No.72 Tungysh × D.133 Darya, No.68 Darya	219	115	0,72	0,47	0,6	0,18	10	15	30	18,3	10,4	245	<i>tsn1</i>
21	D.1286 D.79 (ARDEAL/ BOEMA//F135U2-1/5/ TX69A5092//BBY2/ FOX/3/PKL70/LIRA/4/ YMH/TOB//MCD/3/ LIRA × Naz) × D.367 Lapochkina 113/DO-4 DS (Sr46), No.379 Pavon 76 (Sr2, Ug99 complex)	216	95	0,74	0,49	0, 62	0,18	5	15	25	15,0	10,0	210	<i>tsn1</i>
22	D.1300 D.93 (AUS 4930.7/2PAS-TOR/4/338-K1-1// ANB/BUC/3/GS50A/5/ TAM200/KAUZ × Naz)* × D.367 Lapochkina 113/DO-4 DS (Sr46), No.366 RL 6099 (1995) Dyck (Sr35, Ug99)	214	85	0,73	0,47	0,6	0,18	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
23	D.No.23 × Kupava × 1774, D.23-ICARDA-IPBB-2013	223	116	0,77	0,68	0,73	0,06	0	5	15	6,7	7,6	88	<i>tsn1</i>
24	D. F5 No.20 × Umanka × 1773, D.22-ICARDA-IPBB-2013	216	113	0,75	0,52	0, 64	0,16	5	10	20	11,7	7,6	158	<i>Tsn1</i>
25	D. No.23 × Kupava × 1773, D.22-ICARDA-IPBB-2013	219	118	0,75	0,52	0,64	0,16	5	10	15	10,0	5,0	140	<i>Tsn1</i>
26	D.179-KV-IPBBR-2012 × D.1760, 9-ICAR-DA-IPBB-2013	218	115	0,74	0,6	0,67	0,10	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>

27	D.179-KV-IPBBR-2012 × D.586 MA F7 Bermet × RWKLDN9	216	122	0,77	0,58	0,68	0,13	10	20	30	20,0	10,0	280	<i>tsn1</i>
28	1. D.1770 Ramin × No.1736, F11594 (F1 D.1013 (D.97 F3 (N20 × Umanka) × Egemen) × Brundage 96 × D.23 Brundage 96, APR)	220	117	0,69	0,48	0,59	0,15	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
29	D.1134(TAM200 3 F60314.76 MRL C NO79 4 84.40 (Turkey)× Tungush × D.72 Tungysh	216	123	0,77	0,62	0,7	0,11	5	20	35	20,0	15,0	280	<i>Tsn1</i>
30	D.1320 (D.113.338-K11//ANB/ BUC/3/GS50A/4/ TREGO/JGR 8W/5/ TX69A5092//BBY2/ FOX/3/PKL70/LIRA/4/ YMH/TOB//MCD/3/ LIRA) × Tungush× D.72 Tungysh	213	113	0,67	0,64	0,66	0,02	10	15	25	16,7	7,6	228	<i>Tsn1</i>
31	D.1214 D.5(MV102000/4/AGRI/ NAC//KAUZ/3/1D13.1/ MLT) × Tungush × D.71 Egemen	217	112	0,78	0,56	0,67	0,16	15	25	40	26,7	12,6	368	<i>Tsn1</i>
32	D.11 Fielder × No.269 RL6082 (<i>Sr39</i>) × D.88 E-60	212	100	0,71	0,48	0,56	0,16	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
33	D.867 × No.1657, D.1027 × Egemen × D.71 Egemen	212	124	0,73	0,57	0,65	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
34	F1 D.1302 D.95 (SIL- VERSTAR/4/338-K1-1// ANB/BUC/3/GS50A/5/ TAM200/KAUZ) × Naz × Naz No.40 × D.345 T.mono.deriv.	214	122	0,75	0,54	0,65	0,15	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
35	D (1231 D.22 (KALYOZ-18//8229/ OK81306/4/AGRI/ NAC//KAUZ/3/1D13.1/ MLT × Egemen) × D.271 W2691*2/ Khapstein	213	90	0,73	0,38	0,56	0,25	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
36	D.1055 (DIA- MONDBIRD/GAL- LYA-ARAL1//TAM200/ KAUZ) × D.305 Roughrider	213	124	0,77	0,58	0,68	0,13	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
37	D.1046(DALNITS- KAYA/4/AGRI/NAC// KAUZ/3/1D13.1/MLT/5/ F10S-1//ATAY/GAL- VEZ87) × No.1740, F1 D.1017 D.103 F3 (N91 × 5353) × Buck Buck (<i>Lr16</i> , slow rust.); < <i>Sr</i> according to Rsaliev), No.234 × D.306 Sisson	219	85	0,79	0,66	0,73	0,09	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
38	D. No.23 × Kupava × 1773, D.22-ICARDA- IPBB-2013	219	83	0,82	0,67	0,75	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
39	D. U11AGEC-17 × D. <i>Yr18</i>	215	105	0,79	0,53	0,66	0,18	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
40	D.1768 Opax-70 × D.307 Fleming	217	115	0,83	0,7	0,77	0,09	10	20	30	20,0	10,0	280	<i>tsn1</i>
41	D.897 F5 (No. 25 Mad- sen × Almaly) × No.254 GENARO 81 (<i>Lr26</i> , + slow rusting) × D.42 Almaly	222	90	0,81	0,47	0,64	0,24	10	30	20	20,0	10,0	315	<i>tsn1</i>

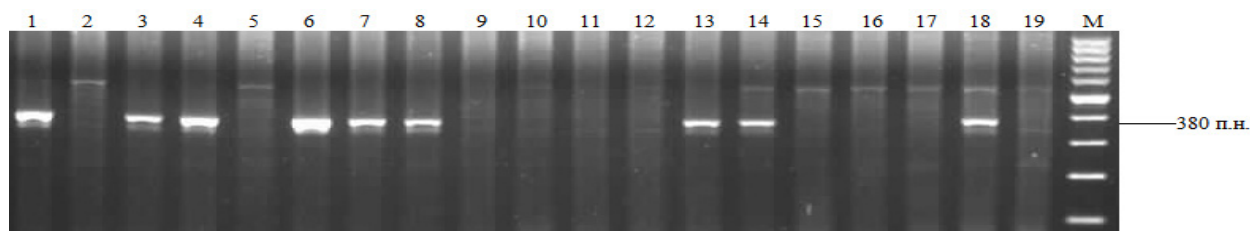
42	F5 D.1046 (DALNITS-KAYA/4/AGRI/NAC//KAUZ/3/1D13.1/MLT/5/F10S-1//ATAY/GAL-VEZ87) × D.303 Amigo	223	115	0,82	0,72	0,77	0,07	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
43	F1 (D.845 F5 No.23 × Kupava × No.1654, D.1022 (D.108 F3 (Babakh 1 (5351) × 133-3-2006) × Arap) × D.40 Arap), No.43 Arap	216	126	0,78	0,72	0,75	0,04	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
44	D. F1 D.1286 D.79 (ARDEAL/BOE-MA//F135U2-1/5/TX69A5092//BBY2/FOX/3/PKL70/LIRA/4/YMH/TOB//MCD/3/LIRA × Naz) × Naz, No.40 × 296 W2691 S/Tt-1 CI 17385	227	80	0,78	0,5	0,64	0,20	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
45	F1 D.1031 D.628 F4 (Naz × Obriy) Kupava × Kalyansona (Yr2), No.171 × D.48 Ulugbek 600	216	105	0,77	0,63	0,7	0,10	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
46	D.72 Tungysh × D.23 Brundage 96 (APR)	216	111	0,79	0,54	0,67	0,18	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
47	D.23 Brundage 96 (APR) × No.40 Naz × D.70 Mereke	214	126	0,76	0,6	0,68	0,11	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
48	F3587 Morocco × No.41 Oktyabrina × D.46 Knyazhna	218	96	0,79	0,61	0,7	0,13	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
49	25-ICARDA-IPBB-2013 × D.588 MA F7 Bermet × RWKLDN9	213	105	0,78	0,56	0,67	0,16	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>tsn1</i>
50	U11AGEC-10 × D.46 Knyazhna	219	110	0,77	0,62	0,7	0,11	10	25	15	16,7	7,6	262,5	<i>Tsn1</i>
51	D.1770 Ramin × No.42 Almaly	219	101	0,76	0,55	0,66	0,15	0	0	0	0,0	0,0	0	<i>Tsn1</i>
52	D.36 Toma × 57 Akmola	213	117	0,74	0,47	0,61	0,19	10	20	30	20,0	10,0	0	<i>Tsn1</i>
53	F6 Sanzar × Arap	215	101	0,72	0,47	0,6	0,18	10	25	40	25,0	15,0	280	<i>Tsn1</i>
54	1060 D.5353 [(CWARTN) Super KAUZ (Lr26, Lr34)] × D.1017 F7 (Yr15 × Yuzhnaya-12)	215	104	0,65	0,44	0,55	0,15	20	40	30	30,0	10,0	350	<i>tsn1</i>
55	587 Morocco × No.31 Steklovidnaya 24	215	108	0,67	0,35	0,51	0,23	10	30	30	23,3	11,5	0	<i>tsn1</i>
56	1138 D.906 F5 (Almaly × 29266) × D.5357 (CWARTN) Pastor (Lr3, Lr10, Lr23 +Sl.Rust.)	215	107	0,68	0,41	0,55	0,19	10	15	25	16,7	7,6	455	<i>tsn1</i>
57	F8 Bermet × MK 3797	214	108	0,74	0,49	0,62	0,18	10	25	35	23,3	12,6	350	<i>tsn1</i>
58	F5 Almaly × Umanka/1 (Lr29 – 900 bp; Lr29 F18/R18)	215	112	0,71	0,48	0,6	0,16	0	0	0	0,0	0,0	227,5	<i>Tsn1</i>
59	F5 Parula 5355 × 293 a.2006	221	112	0,79	0,6	0,7	0,13	10	15	15	13,3	2,9	332,5	<i>Tsn1</i>
60	D.1034 D.659 F4 Arap × Yr26 × Yrym	221	107	0,8	0,63	0,72	0,12	10	25	15	16,7	7,6	0	<i>tsn1</i>
P-value		r = -0.36, p < 0.01						r = 0,9976, p < 0,001						

Figure 1 shows PCR amplification profiles of wheat genotypes generated with the *Xfcp623* marker associated with the *Tsn1/tsn1* locus governing sensitivity or insensitivity to the PtrToxA toxin produced by *P. tritici-repentis*. The diagnostic amplicon is approximately 380 base pairs (bp).

Under the adopted scoring scheme, the presence of the 380 bp fragment indicates the dominant *Tsn1* allele (PtrToxA-sensitive), whereas the absence of the diagnostic band indicates the recessive *tsn1* allele (PtrToxA-insensitive). Accordingly, the recessive *tsn1* allele (no band) was identified in samples 2, 5, 9, 10, 11, 12, 15, 16, and 17, while samples 1, 3, 4, 6, 7, 8, 13, and 14 displayed the 380 bp fragment and were classified as carriers of the *Tsn1* allele.

The susceptible check Glenlea (lane 18) produced the expected 380 bp (*Tsn1*), whereas the resistant/

insensitive check Salamouni (lane 19) showed no amplification product (*tsn1*), supporting the reliability of allele calling. Lane M contains the molecular weight marker (GeneRuler 100 bp DNA Ladder).



1 – F3587 Morocco×No.41 Oktyabrina×D.46 Knyazhna; 2 – 25-icarda-ipbb-2013×d.588 ma f7 bermet×rwkldn9; 3 – U11AGEC-10×D.46 Knyazhna; 4 – D.1770 Ramin×No.42 Almaly; 5 – D.No. 23×Kupava×1773, D.22-ICARDA-IPBB-2013; 6 – D.36 Toma×57 Akmola; 7 – F6 Sanzar×Arap; 8 – D. U11AGEC-17×D. Yr18; 9 – 1060 D.5353 [(CWARTN) Super KAUZ (*Lr26*, *Lr34*)]×D.1017 F7 (*Yr15*×*Yuzhnaya-12*); 10 – 587 Morocco×No.31 Steklovodnaya 24; 11 – 1138 D.906 F5 (Almaly×29266)×D.5357 (CWARTN) Pastor (*Lr3*, *Lr10*, *Lr23* +Sl.Rust.); 12 – F8 Bermet×MK 3797; 13 – F5 Almaly×Umanka/1 (*Lr29* – 900 bp; *Lr29F18/R18*); 14 – F5 Parula 5355×293 a.2006; 15 – D.1034 D.659 F4 Arap×*Yr26*×*Yrym*; 16–D.1055 (DIAMONDBIRD/GALLYA-ARAL1//TAM200/KAUZ)×D.305Roughrider; 17 D.1046 (DALNITSKAYA/4/AGRI/NAC//KAUZ/3/1D13.1/MLT/5/F10S-1//ATAY/GALVEZ87)×No.1740,F1D.1017D.103F3 (N91×5353)×BuckBuck(*Lr16*,slowrust.); <S according to Rsaliev), No.234×D.306 Sisson; 18 - Glenlea (negative control); 19 - Salamouni (positive control); M -molecular weight marker (Gene Ruler 100bp DNA Ladder)

Fig. 1. PCR amplification profiles of wheat genotypes using the *Xfcp623* marker for detection of the *tsn1* allele associated with Ptr-ToxA insensitivity

Results of molecular screening using the *Xfcp623* marker revealed a high frequency of the *tsn1* allele among the analyzed wheat genotypes (Table 1). Of the 60 genotypes evaluated, 41 lines carried the recessive *tsn1* allele associated with insensitivity to the PtrToxA toxin, accounting for 70.0 % of the studied material. These genotypes were predominantly characterized by low disease severity scores across three field assessments (PTR-1–PTR-3) and low AUDPC values, indicating reduced disease development and enhanced field resistance to *P. tritici-repentis*. In contrast, genotypes carrying the dominant *Tsn1* allele generally exhibited higher disease severity and increased AUDPC values.

The distribution histograms of the biomass index (NDVI), mean field value of *Pyrenophora tritici* (PTR), plant height, and area under the disease development curve (AUDPC) are shown in Figure 2. The histograms reflect the variability of key agronomic traits and resistance indicators among the studied wheat genotypes. NDVI and plant height values are characterized by a relatively normal distribution, while PTR and AUDPC indicators exhibit an asymmetric distribution with a predominance of genotypes with low and moderate infestation, indicating the presence of forms with increased resistance to *P. tritici-repentis*.

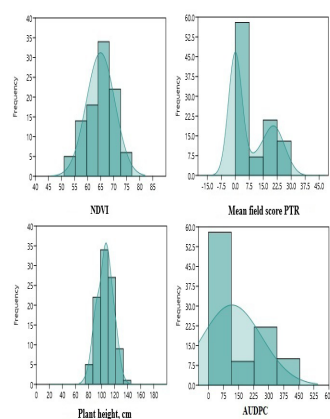


Fig. 2. Distribution of agronomic traits and resistance indicators of wheat genotypes

A comprehensive field study was conducted in South-East Kazakhstan to evaluate wheat genotypes at the adult plant stage through phytopathological screening, phenological observations, and molecular analysis. Sixty wheat lines and lines were assessed for key agronomic traits, including plant height and biomass index (NDVI), as well as for resistance to *P. tritici-repentis* using multiple field evaluations and AUDPC calculations. Disease responses ranged from complete resistance to high susceptibility, allowing the identification of contrasting genotypes. In parallel, molecular screening with the *Xfcp623* marker was used to detect the *Tsn1/tsn1* alleles associated with sensitivity or insensitivity to the PtrToxA toxin, revealing a high frequency of the resistant *tsn1* allele. Integration of phenotypic, phytopathological, and molecular data demonstrated substantial variability among genotypes and enabled the identification of wheat lines with enhanced resistance and favorable agronomic performance.

Discussion.

Screening using the *Xfcp623F/Xfcp623R* primers demonstrated that race 3, producing the PtrToxC toxin, predominates in the *Pyrenophora tritici-repentis* population in the Tambov region, whereas races producing PtrToxA occur less frequently. At the same time, the studied winter bread wheat cultivars carrying the recessive *tsn1* allele exhibited high resistance to the PtrToxA toxin and can serve as a valuable source material for breeding resistant forms (Kovalenko et al., 2023). Our studies conducted under the agroclimatic conditions of South-Eastern Kazakhstan are consistent with these findings and confirm the high efficiency of the molecular marker *Xfcp623* in identifying allelic variants of the *Tsn1/tsn1* locus, which controls the response of wheat plants to the phytotoxin PtrToxA produced by *P. tritici-repentis*.

Assessment of resistance in winter and spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and the identification of dominant (*Tsn1*) and recessive (*tsn1*) alleles in plants cultivated in the Lower Volga region showed that a considerable proportion of genotypes exhibited resistance to *Pyrenophora tritici-repentis*, whereas only 15 % demonstrated moderate resistance to *Bipolaris sorokiniana*. At the same time, genotypes carrying the recessive *tsn1* allele, which confers insensitivity to the PtrToxA toxin, were identified and represent valuable material for breeding programs (Konkova et al., 2023). In agreement with our results, 70 % of the studied wheat genotypes were carriers of the recessive *tsn1* allele associated with resistance to PtrToxA.

Field experiments conducted in 2016–2017 across two climatic zones of south-eastern Australia demonstrated that increased severity of tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) in wheat cultivars leads to reduced yield and deterioration of grain quality. Disease severity parameters (%LAA and AUDPC) showed a negative correlation with yield and grain output (Cook et al., 2024).

However, in our data, genotypes carrying the *tsn1* allele consistently exhibited lower disease severity and reduced AUDPC values. Disease-related parameters (PTR and AUDPC) displayed a skewed distribution toward lower values, indicating a high frequency of resistant genotypes within the studied collection.

Conclusion.

This comprehensive study successfully integrated molecular marker analysis with extensive field evaluations to characterize wheat genotype responses to *Pyrenophora tritici-repentis* infection in South-East Kazakhstan. The molecular screening using the *Xfcp623* marker proved highly effective in identifying allelic variants at the *Tsn1/tsn1* locus, with clear discrimination between PtrToxA-sensitive (*Tsn1*) and insensitive (*tsn1*) genotypes based on the presence or absence of the diagnostic 380 bp amplicon.

The results revealed a promising genetic landscape for tan spot resistance, with 70 % of the evaluated wheat genotypes carrying the recessive *tsn1* allele associated with PtrToxA insensitivity. This high frequency of resistance alleles suggests favorable genetic potential within the studied germplasm for developing tan spot-resistant varieties. The strong correlation between molecular marker profiles and field resistance phenotypes validates the reliability of marker-assisted selection approaches for this trait, as evidenced by the concordant results between susceptible check Glenlea (*Tsn1*-positive) and resistant check Salamouni (*tsn1*-positive).

Field evaluation data demonstrated clear phenotypic differentiation among genotypes, with *tsn1* carriers consistently exhibiting lower disease severity scores and reduced AUDPC values across multiple assessment periods. The distribution patterns observed in agronomic traits (NDVI and plant height) showed relatively normal distributions, while disease-related parameters (PTR scores and AUDPC) displayed asymmetric distributions skewed toward lower values, further confirming the predominance of resistant genotypes within the collection.

REFERENCES

- Andersen E.J., Nepal M.P., Ali, S. (2021). Necrotrophic fungus *Pyrenophora tritici-repentis* triggers expression of multiple resistance components in resistant and susceptible wheat cultivars. The plant pathology journal, 37(2), 99.
- Beres B.L., Rahmani E., Clarke J.M., Grassini P., Pozniak C.J., Geddes C.M., Ransom J.K. (2020). A systematic review of durum wheat: enhancing production systems by exploring genotype × environment × management synergies. Frontiers in Plant Science. Vol. 11. DOI: 10.3389/fpls.2020.568657 [in Eng.]
- Chen X., Line R., Leung H. (1998). Genome scanning for resistance-gene analogs in rice, barley, and wheat by high-resolution electrophoresis. Theoretical and Applied Genetics. Vol. 97. Pp. 345–355. DOI: 10.1007/s001220050905 [in Eng.]
- Chu Ch.D., Lu L., Zhang T. (2007). Sensitivity of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to seasonal and interannual climate conditions in the Lhasa area. Arctic, Antarctic, and Alpine Research. Vol. 39. №4. Pp. 635–641. DOI: 10.1657/1523-0430(07-501) [CHU]2.0.CO;2 [in Eng.]
- Cook M.J., Edwards J., Rodoni B., McLean M.S., Santa I.M., Hollaway G.J. (2024). Grain yield and quality losses caused by tan spot in wheat cultivars in Australia. PhytoFrontiers™, 4(2). 223–235 <https://doi.org/10.1094/PHYTOFR-05-23-0063-R>. [in Eng.]
- Duveiller E., Singh R.P., Nicol J.M. 2007. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. Euphytica. Vol. 157. №3. Pp. 417–430. DOI: 10.1007/s10681-007-9380-z. [in Eng.]
- Faris J.D., Zhang Z., Lu H., Lu S., Reddy L., Cloutier S., Fellers J.P., Meinhardt S.W., Rasmussen J.B., Xu S.S., Oliver R.P., Simons K.J., Friesen T.L. (2010). A unique wheat disease resistance-like gene governs effector-triggered susceptibility to necrotrophic pathogens. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. Vol. 107. Pp. 13544–13549. <https://doi.org/10.1073/pnas.1004090107> [in Eng.]
- Jin X., Zarco-Tejada P., Schmidhalter U., Reynolds M.P., Hawkesford M.J., Varshney R.K., Li S. (2020). High-throughput estimation of crop traits: a review of ground and aerial phenotyping platforms. IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine. DOI: 10.1109/MGRS.2020.2998816. [in Eng.]
- John M. A., Bankole I., Ajayi-Moses O., Ijila T., Jeje T., Lalit, P. (2023). Relevance of advanced plant disease detection techniques in disease and Pest Management for Ensuring Food Security and Their Implication: A review. Am. J. Plant Science, 14(11), 1260–1295. [in Eng.]
- Kader K.A., Hunger R.M., Sreedharan A., Marek S.M. (2022). Races, disease symptoms and genetic variability in *Pyrenophora tritici-repentis* isolates from Oklahoma that cause tan spot of winter wheat. Cereal Research Communications. Vol. 50, №2. Pp. 273–280. DOI: 10.1007/s42976-021-00175-9. [in Eng.]
- Keishilov Zh., Kokhmetova A., Kumarbayeva M., Nurzhuma M., Bakhytuly K. (2025). Monitoring of distribution and development of tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) of spring wheat in the northern regions of Kazakhstan. Research, Results. Vol. 2, №106. Pp. 121–131. DOI <https://doi.org/10.37884/2-2025/12> [in Kaz].
- Kokhmetova A., Atishova M. (2020). Identification of wheat genotypes resistant to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. №2. Pp. 29–35. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1467.38> [in Eng.]
- Kremneva O.Yu., Volkova G.V. (2007). Diagnosis and methods for evaluating wheat resistance to leaf spot diseases. Methodological guidelines. -M.- Printing House of the Russian Agricultural Academy, [in Rus].
- Kumarbayeva M., Kokhmetova A., Kovalenko N., Atishova M., Keishilov Z., Aitymbetova K. (2022). Characterization of *Pyrenophora tritici-repentis* (tan spot of wheat) races in Kazakhstan. Phytopathologia Mediterranea. Vol. 61. №2. Pp. 243–257. DOI: <https://doi.org/10.36253/phyto-13178> [in Eng.]
- Kumarbayeva M., Kokhmetova A., Keishilov Zh., Bolatbekova A., Bakhytuly K., Kovalenko N. (2025). Identification of new sources of wheat resistance to multiple diseases. Izdenister Natigeler. №3 (107). Pp. 314–324. DOI: 10.37884/3-2025/30. [in Eng.]
- Kovalenko N.M., Zeleneva Yu.V., Sudnikova V.P. (2023). Resistance of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties cultivated in the Tambov region. Agricultural Biology. V. 58. Iss. 5. Pp. 915–926. to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) DOI: 10.15389/agrobiol.2023.5.915rus. [In Rus].
- Kon'kova E.A., Lyascheva S.V., Zeleneva Y.V., Kovalenko N.M. (2023). Characteristics of perspective wheat cultivars, admitted to cultivation in the lower Volga region of the Russian Federation, based on resistance to perynophorosis and tan spot pathogens. Agricultural Biology. V. 58. Iss. 5. Pp. 852–863. DOI: 10.15389/agrobiol.2023.5.852rus. [In Rus].
- Kader K.A., Hunger R.M., Sreedharan A., Marek S.M. (2022). Races, disease symptoms and genetic variability in *Pyrenophora tritici-repentis* isolates from Oklahoma that cause tan spot of winter wheat. Cereal Research Communications. Vol. 50, №2. Pp. 273–280. <https://doi.org/10.1007/>

s42976-021-00175-9 [in Eng.]

Laribi M., Fredua-Agyeman R., Ben M'Barek S., Sansaloni C.P., Dreisigacker S., Gamba F.M., Strelkov S.E. (2023). Genome-wide association analysis of tan spot disease resistance in durum wheat accessions from Tunisia. *Frontiers in Genetics*. – Vol. 14. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1231027> [in Eng.]

Maulana F., Anderson J.D., Butler T.J., Ma X.F. (2020). Improving dual-purpose winter wheat Recent Advances in Grain Crops Research. Vol. 73. [in Eng.]

Nguyen H.T., Khan M.A.R., Nguyen T.T., Pham N.T., Nguyen T.T.B., Anik T.R. (2025). Ha C.V. Advancing crop resilience through high-throughput phenotyping for crop improvement under climate change *Plants*. – Vol. 14, №6. <https://doi.org/10.3390/plants14060907> [in Eng.]

Phuke R.M., He X., Juliana P., Bishnoi S.K., Singh G. P., Kabir M.R., Roy K.K., Joshi A.K., Singh, P.K. (2020). Association mapping of seedling resistance to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis* race 1) in CIMMYT and South Asian wheat germplasm. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1309. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01309> [in Eng.]

Rahman M.M., Crain J., Haghighattalab A., Singh R.P., Poland J. (2021). Improving wheat yield prediction using secondary traits and high-density phenotyping under heat-stressed environments *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12. <https://doi.org/10.5061/dryad.vdncjsxrz>. [in Eng.]

Robles-Zazueta C.A., Crespo-Herrera L.A., Piñera-Chavez F.J., Rivera-Amado, C., Aradottir, G.I. (2024). Climate change impacts on crop breeding: Targeting interacting biotic and abiotic stresses for wheat improvement. *The Plant Genome*, 17(1), e20365.

Saari E.E., Prescott J.M. 1975. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease Reporter*. Vol. 59. – P. 377–380. [in Eng.]

Taylor J., Jorgensen D., Moffat C.S., Chalmers K.J., Fox R., Hollaway G.J., Shankar M. (2023). An international wheat diversity panel reveals novel sources of genetic resistance to tan spot in Australia. *Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 136. №3. DOI: 10.1007/s00122-023-04332-y [in Eng.]

Volpato L., Pinto F., González-Pérez L., Thompson I.G., Borém A., Reynolds M., Rodrigues Jr. F.A. (2021). High throughput field phenotyping for plant height using UAV-based RGB imagery in wheat breeding lines. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 12. DOI:10.3389/fpls.2021.591587 [in Eng.]

Zhang Z., Friesen T.L., Simons K.J., Xu S.S., Faris J.D. (2009). Development, identification, and validation of markers for marker-assisted selection against the *Stagonospora nodorum* toxin sensitivity genes *Tsn1* and *Snn2* in wheat. *Molecular Breeding*. Vol. 23. Pp. 35–49. DOI: 10.1007/s11032-008-9211-5 [in Eng.]

Authors' contributions

Kharipzhanova Aidana – Data curation; Formal analysis; Roles/Writing – original draft; and Writing – review& editing.

Bolatbekova Ardak – Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing – original draft; and Writing – review&editing.

Kumarbayeva Madina – Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Investigation; Methodology; Roles/Writing – original draft; and Writing – review&editing.

Kokhmetova Alma – conceptualization; Data curation; Formal analysis; Investigation; Methodology; Roles/Writing – original draft; and Writing – review&editing.

RESEARCH, RESULTS

SCIENTIFIC JOURNAL

ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Құрылтайшысы және баспагері:

«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ «Қазақстан Республикасы
Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық Ғылым академиясы»
КЕАҚ

Бас редактор

Күрішбаев Ақылбек Қажығұлұлы

Жауапты редактор

Мрзабаева Раушан Жалиевна

Компьютерде беттеген

Асанова Жадыра Миримхановна

Редакция мен баспаның мекен-жайы:

050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай даңғылы, 8

Журнал сайты: <https://journal.kaznaru.edu.kz/>

30.06.2026 ж.