

Генетика и селекция

УДК 633.11:631.52

doi: 10.15389/agrobiology.2026.1.118rus

**О ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКЦИИ И ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ
ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА МЕЖВЕДОМСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ
«ДИАС» НА ПРИМЕРЕ СОЗДАНИЯ И МНОГОЛЕТНИХ ПОЛЕВЫХ
ИСПЫТАНИЙ СОРТА МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
(*Triticum aestivum* L.) ТЮМЕНСКАЯ 29***

**В.В. НОВОХАТИН, В.А. ДРАГАВЦЕВ, Т.В. ШЕЛОМЕНЦЕВА,
Н.В. ШАРАПОВА[✉]**

Глобальные изменения климата, снижение биоразнообразия, ухудшение почвенного плодородия, распространение болезней создают риски для возделывания пшеницы — одной из основных экономически и социально значимых зерновых культур. Необходимо ускоренное создание высокопродуктивных, толерантных к абиотическим и биотическим стрессам сортов пшеницы с высоким качеством зерна. В Северном Зауралье негативными лимитирующими факторами при выращивании пшеницы служат раннелетние засухи, довольно частые засухи в период формирования и налива зерна, июльские ливневые осадки, эпифитотии бурой ржавчины и септориоза, затяжные осенние дожди, ранних осенние заморозки. Для устойчивого возделывания регион нуждается в ранне- и среднеспелых сортах, адаптированных к местным условиям, с высокой потенциальной и реальной урожайностью. На основании эколого-генетической теории количественных признаков, разработанной при изучении 15 распространенных в Сибири сортов и 210 гибридов F₁ и F₂, для признаков продуктивности колоса выявлены генетические эффекты от промежуточного доминирования до сверхдоминирования и эпистаза (в основном за счет комплементарного и аддитивного действия генов). Как следствие, изученные образцы различались по селекционной значимости и сортообразующей способности. С их участием в рамках программы «ДИАС» («Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири») было создано 10 зарегистрированных распространенных сортов. С использованием гермоплазмы «ДИАС» — сортов первого поколения в разных регионах создано и зарегистрировано Государственной комиссией по сортоиспытанию 8 внучатых сортов. Из них впервые с участием обоих родительских сортов — Казахстанская раннеспелая и Лютеценс 70, созданных на селекционном материале эколого-генетической программы «ДИАС», получена гибридная популяция, из которой после ряда стабилизирующих пересевов отобрана линия Лютеценс 868, ставшая сортом Тюменская 29. Родительские формы сортов Казахстанская раннеспелая и Лютеценс 70 — экологически контрастные сорта Новосибирская 67, Омская 9 и Ранг, эволюционно относящиеся к Западно-Сибирской и Скандинавской экологическим группам. В их родословных присутствуют интенсивные сорта, созданные на основе озимой пшеницы Безостая 1 с широкой нормой реакции и генетически разнокачественной генеалогией. Родословная шведского сорта Ранг включает близкородственный сорт Ринг, местные галициские, голландские скверхеды и *Triticum persicum*, придавшие сорту Тюменская 29 интенсивный тип, устойчивость к полеганию, мучнистой росе, пыльной головне и предуборочному прорастанию зерна в колосе. Новосибирская 67 — единственный сорт пшеницы, созданный методом экспериментального мутагенеза на основе пшеницы Новосибирская 7 (получена на основе гибридного материала из Поволжья и французского сорта НОЭ, имеющего русское происхождение). Обе родительские формы сорта Тюменская 29 показывают хорошую засухоустойчивость (33,8 и 32,0 %), что сопоставимо с таковой у лучшего в этом отношении сорта Саратовская 29 (30,2 %). При этом они хорошо реагируют на улучшение условий среды (b_1 соответственно 0,82 и 0,94). Генеалогическое древо сорта Тюменская 29 включает 60 сортов различного эколого-географического и генетического происхождения, уходящих корнями в XIX век и первую половину XX века. Полная родословная создаваемых сортов позволяет теоретически обоснованно вести подбор родительских сортов для скрещивания с учетом рисков в отношении лим-факторов среды в зонах создания. Сорта с минимальным проявлением рисков, различающихся по этапам органогенеза, при гибридизации и последующем трансгрессивном расщеплении позволяют создавать интенсивные гибриды, хорошо адаптированные к местным агроклиматическим условиям с минимумом рисков. Созданный гибрид, ставший сортом Тюменская 29, обладает широкой нормой реакции, хорошей адаптивностью, выраженной пластичностью, характеризуется высокой урожайностью (потенциальная урожайность в пределах 7,0 т/га), устойчивостью к полеганию, выносливостью к предуборочному прорастанию зерна в колосе, высокими технологическими показателями зерна. Сорт включен Государственной комиссией по сортоиспытанию в список ценных.

Ключевые слова: мягкая яровая пшеница, сорт Тюменская 29, адаптивность, показатели

* Работа выполнена НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья ТюмНЦ СО РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FWRZ-2026-0028.

Пшеница — одна из тройки основных и наиболее распространенных зерновых культур в мире, играющая жизненно важную роль в пищевой безопасности, обеспечивая около 20 % глобальной потребности человечества в белке (1, 2). В условиях роста народонаселения планеты в обществе существует высокий спрос на экологичное и устойчивое производство зерна пшеницы высоко качества (3). В то же время изменения климата (повышение температуры, участвовавшие засухи, дефицит влагообеспечения и контрастирующие с этим обильные осадки) (1, 2, 4), снижение биоразнообразия в процессе доместикации и селекции (5-7), ухудшение почвенного плодородия (8), распространение болезней (9) создают риски для возделывания культуры.

Этим обусловлена необходимость ускоренного создания высокопродуктивных, толерантных к абиотическим и биотическим стрессам сортов с высоким качеством зерна, в том числе биофортифицированных (10). Современными инструментами служат геномная селекция (2, 11, 12), GWAS анализ (исследования полногеномных ассоциаций, genome-wide association studies) (3) с использованием различных молекулярных маркеров (3, 9, 12), технологии ускоренной селекции (13) и машинного обучения (11). Для реализации селекционных программ создаются и поддерживаются банки гермоплазмы и коллекции селекционного материала (5, 9). По мнению исследователей, эти теоретические разработки, будучи в той или иной степени реализованы в мировой селекционной практике, важны для ускоренного создания высокопродуктивных и толерантных к абиотическим и биотическим стрессам сортов для обеспечения устойчивого производства зерна пшеницы.

В Северном Зауралье — зоне интенсивного земледелия пшеница при возделывании испытывает негативное влияние лимитирующих факторов среды: раннелетней засухи, довольно частых засух в период формирования и налива зерна, июльских ливневых осадков, эпифитотии бурой ржавчины и септориоза, затяжных осенних дождей, ранних осенних заморозков, недостаток азотно-фосфорного питания, кислых серых и темно-серых почв и щелочных черноземов. Сумма активных температур в зоне, по данным Гидрометеообсерватории г. Тюмени, — 1843 °С, среднее годовое значение ГТК — 1,31 (увлажненно), но в частые засушливые периоды снижается до 0,3-0,5-0,7 (сухо—засушливо). Регион нуждается в ранне- и среднеспелых сортах, адаптированных к местным условиям, с высокой потенциальной урожайностью.

Успех селекционной работы во многом зависит от исходного материала, вовлеченного в гибридизацию (6-8, 14, 15). При этом родительские сорта подбирают на основе их эколого-географического происхождения и генетической дивергенции (14) с учетом максимальной протяженности их генеалогических древ (15) и смены лим-факторов среды по фазам онтогенеза в зонах, где они создавались (16). Важное значение в селекционном процессе имеют характеристики наследования и наследуемости количественных признаков продуктивности (17-19), что позволяет обоснованно вести направленный отбор нужных генотипов.

Один из распространенных методов изучения генетики количественных признаков — диаллельный анализ, который, несмотря на определенные сложности при его выполнении, дает самую полную и надежную информацию об эколого-генетическом наследовании признаков продуктивности (20-22). Из-за нежелательных эффектов доминирования, сверхдоминирования и

гетерозиготного эпистаза (17) в ранних поколениях гибридов отбор по признакам продуктивности результативнее вести в более поздних генерациях (19), где накапливаются аддитивные гены адаптивных свойств с хорошо выраженным синергизмом (15). В довольно благоприятных условиях Северного Зауралья в популяциях появляются продуктивные генетические формы с умеренным развитием колоса, хорошим наливом и выполненностью зерна (15, 23, 24). Феномен взаимодействия генотип—среда проявляется как мощный фактор повышения урожайности (1, 3, 9, 10, 19).

Разработанные в России и успешно применяемые инновационные технологии селекции основаны на оригинальной теории эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП) (15, 24, 25), которая была сформулирована следующим образом: механизм эффектов взаимодействия генотип—среда (ВГС) — это смена набора продуктов генов, имеющих у сортов и детерминирующих признак продуктивности при смене лим-фактора среды.

Суть инноваций заключается в следующем: подбор родительских пар осуществляется особым способом на основе глубокого анализа максимально протяженных родословных древ у сортов-родителей, взятых в скрещивания; для группы самых урожайных сортов коллекционного питомника выполняется фенотипирование (phenotyping) по семи генетико-физиологическим системам (ГФС) (15, 25). В рамках Межведомственной программы «ДИАС» (ДИАлельные Скрещивания — изучение генетики признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири, 1973-1984 годы) с помощью этого подхода был целенаправленно получен селекционный материал и создан банк гермоплазмы для продолжения селекционной работы на основе принципов программы «ДИАС». В результате изучения 15 сортов мягкой яровой пшеницы, 210 гибридов F₁ и 210 гибридов F₂ в рамках программы «ДИАС» в экологических условиях территорий от Предуралья до Монголии (Новосибирск, Омск, Барнаул, Тюмень, Красноуфимск, Тара, Усть-Каменогорск) у образцов отмечали широкий диапазон проявлений генетического контроля продуктивности колоса от промежуточного доминирования, сверхдоминирования и эпистаза (в основном за счет комплементарного взаимовлияния) до аддитивного действия продуктов генов.

Как следствие, селекционная ценность и сортообразующая способность форм оказалась неодинаковой. Так, среди созданных из селекционного материала программы «ДИАС» сортов в Сибири, Зауралье и Казахстане Государственно комиссией по сортоиспытанию было зарегистрировано 10 сортов: ДИАС-2 (Новосибирская 67 × Ранг), Лютесценс 70 (Новосибирская 67 × Ранг), Алтайская 88 (Уральская 52 × Омская 9), Алтайская 92 (Новосибирская 67 × Лютесценс 4029), Алтайский простор (Уральская 52 × Омская 9), Казахстанская раннеспелая (Новосибирская 67 × Омская 9), Казахстанская 17 (Ранг × Грекум 114), Баганская 93 (Пиротрикс 28 × Уральская 52), Кантегирская 89 (Новосибирская 67, Мильтурум 553, Омская 9), Страда Сибири (Ранг × Гибрид 21) × (К-54049 × Лютесценс 16333/617) (18). Анализ их родословных показал, что Новосибирская 67 в качестве материнской формы участвует в пяти сортах; Ранг — в четырех, из них в трех в качестве материнского сорта; Омская 9 — в четырех в качестве ♂; Уральская 52 — в трех, из них в двух как ♀; по одному сорту создано с участием сортов Пиротрикс 28 (♀), Лютесценс 4029 (♂) и Гибрид 21 (♂). Из них Новосибирская 67, Ранг и Омская 9 хорошо адаптированы к сибирским и североказахстанским агроклиматическим условиям. На Урале в селекционном процессе активно участвует сорт Стрела. С его участием созданы и зарегистрированы три сорта, и в трех сорт Стрела присутствует в родословной.

Отметим, что с участием гермоплазмы, полученной при выполнении программы «ДИАС», создано восемь внучатых сортов: Рикс (Карабалыкская 84 × Казахстанская 17); Лютесценс 90 (Жница × Старт); Икар (озимая Богарная 56 × Казахстанская 10); Гренада [(Казахстанская раннеспелая × Тулунская 12) × Тулунская 12]; Башкирская 26 (Жница × Казахстанская 10); Уялочка (Р-1-3 × Казахстанская 10); Курагинская 2 (КС-817 × Казахстанская 10) (26), в том числе сорт Тюменская 29 (форма сорта Казахстанская раннеспелая, полученная *in vitro* × Лютесценс 70).

При создании сорта Тюменская 29, целенаправленно используя скрещивание родительские формы, полученные по программе «ДИАС», — получили конкурентоспособный селекционный материал, после стабилизирующих пересевов которого была отобрана урожайная линия Лютесценс 868 интенсивного типа, адаптированная к местным агроклиматическим условиям. После 10-шаговой селекционной проверки (по питомникам) и государственного сортоиспытания она зарегистрирована как сорт Тюменская 29.

В настоящей работе впервые представлена генеалогия сорта Тюменская 29, описаны принципы его создания на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП), показаны хозяйственно ценные свойства, определяющие адаптивность сорта как основы его стабильно высокой урожайности в условиях варьирующих лим-факторов вегетации.

Цель исследования — с использованием сортов, полученных в рамках программы «ДИАС», и инновационных технологий селекции, основанных на ТЭГОКП, получить новый высокоурожайный сорт мягкой пшеницы, адаптированный к агроклиматическим условиям Северного Зауралья, и охарактеризовать его по многолетним показателям продуктивности, качества и устойчивости к абиотическим и биотическим факторам.

Методика. Исследования выполняли в НИИ Северного Зауралья (г. Тюмень) в 1970-1980, 2010-2023 годах и в Казахском НИИ земледелия (КазНИИЗ, пос. Алмалыбак, Каскеленский р-н, Алма-Атинская обл.) в 1981-1994 годах.

Материнской формой сорта Тюменской 29 служила клональная линия БТ-34, репродуцированная из пыльника растения сорта Казахстанская раннеспелая, отцовской — сорт Лютесценс 70, оба родителя созданы нами при выполнении региональной программы «ДИАС».

Опыление проводили свободно-ограниченным методом (твел-метод). Элитное растение — родоначальник сорта Тюменской 29 отбирали в популяции третьего поколения в достаточно благоприятных почвенно-климатических условиях Северного Зауралья. Отобранная селекционная линия Лютесценс 568 успешно прошла все этапы селекционного процесса.

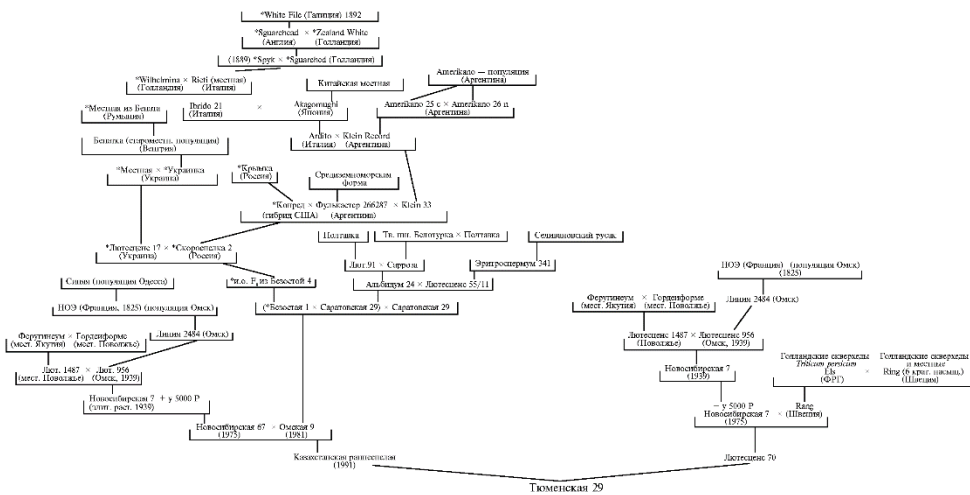
Изучение в питомниках проводили в северной лесостепи на темно-серых почвах по черному удобренному ($N_{30}P_{30}K_{30}$ кг д.в./га) пару по общепринятой методике. Опыты конкурсного испытания закладывали по черному удобренному пару и по неудобренной зяби. Учетная площадь делянки — соответственно 20 и 10 м², повторность четырехкратная, посев сеялкой СКС-6-10 (Россия), норма высева — 600 всхожих зерен/м². Учеты и наблюдения осуществляли по методике Государственного сортоиспытания (ГСИ, 1989) (27). Реакции сортов на условия среды (ΣP) определяли по алгоритму Э.Г. Иваненко с соавт. (28) в интерпретации В.В. Новохатина (15, 23, 24). Также рассчитывали индексы условий среды (I_i), пластичности (b_i) и стабильности (S^2d_i) генотипов (29), размах урожайности (d , %) (30), гомеостаз (Hom) (31), засухоустойчивость (32). Индекс гомеостатичности (H-st, предложен нами) определяли по отношению величины разброса ($\max-\min$) к

минимальной урожайности.

Устойчивость к листовым патогенам (33, 34), пыльной головне (35), качество зерна (36) и устойчивость к предуборочному прорастанию зерна (37) определяли в лабораторных и полевых условиях (Казахстан и Северное Зауралье).

Экспериментальные данные обрабатывали по Б.А. Доспехову (38).

Результаты. Материнская форма сорта Тюменская 29 — сорт Казахстанская раннеспелая получен отбором из F₅ гибридной комбинации Новосибирская 67 × Омская 9. Генеалогическое древо этого гибрида включает 48 сортов. Из них на материнскую форму приходится 9 сортов, на отцовскую — 39, из которых 19 озимого происхождения (рис.). Описанные сорта представлены пятью ветвями эволюционного развития культуры и характеризуются эколого-географической отдаленностью и выраженной генетической дивергенцией (23).



Родословная сорта мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Тюменская 29, созданного с использованием теоретически обоснованных технологий селекции и селекционного материала в рамках Межведомственной программы «ДИАС». Звездочкой отмечены озимые сорта (формы).

У обоих родителей сорта Тюменской 29 в качестве материнской формы был взят сорт Новосибирская 67, хорошо адаптированный к сибирским агроклиматическим условиям и характеризующийся выраженным интенсивным типом продуктивности, пластичностью, устойчивостью к полеганию, осыпанию зерна и пониканию колоса. Сорт Новосибирская 67 выделяется активным наливом и ускоренным созреванием зерна, формирует зерно высокого качества (включен Госкомиссией в список сильных сортов). Его основные недостатки — невысокая устойчивость к раннелетней засухе и сильное (до 76 %) прорастание зерна в колосе осенью при повышенной влажности, которая типична для Северного Зауралья. В течение 20 лет сорт Новосибирская 67 широко возделывался в Сибири.

Отличительная особенность пшеницы Омская 9 (отцовская форма сорта Казахстанская раннеспелая) — позднеспелость с удлиненным периодом кущения, что позволяет хорошо переносить сибирскую раннелетнюю засуху. Сорт характеризовался высокой интенсивностью, отзывчивостью на улучшение агрофона, хорошей устойчивостью к полеганию, осыпанию зерна и пониканию колоса. У пшеницы Омская 9 крупный, средней плотности, хорошо озерненный, с крупным зерном колос. Сорт устойчив к предуборочному прорастанию зерна в колосе и поражению пыльной головней.

Внесен в список сильных сортов.

Лютесценс 70 — отцовская форма сорта Тюменская 29 был получен отбором из F₅ Новосибирская 67 × Ранг. В родословной сорта Лютесценс 70 представлены 12 генотипов (см. рис.) с довольно значительными различиями в зависимости от эколого-географических условий возделывания и контрастным проявлением хозяйственно ценных признаков и свойств. Материнская форма сорта Лютесценс 70 — пшеница Новосибирская 67, получившая широкое распространение, имела в родословной большое число генетически разнокачественных форм.

Отцовская форма сорта Лютесценс 70 сорт Ранг из Швеции в родословной имел близкие в экологическом отношении формы. При этом материнская форма сорта Ранг — сорт Els немецкого происхождения имел в родословной местную галицийскую форму, давшую сорту Ранг интенсивность, и *Triticum persicum* как источник устойчивости к мучнистой росе, пыльной головне, пониженным температурам и полеганию. Он хорошо переносит увлажнение в период созревания. Шестикратное насыщение местной отцовской формы шведским сортом Ring, в родословной которого также присутствуют голландские скверхеды, обусловило выравненный продуктивный стеблестой с ограниченной продуктивной кустистостью, хорошо озерненный, средней плотности, непонижающийся, цилиндрический колос у сорта Ранг. Биотипный состав сорта довольно однообразен, что в значительной степени ограничило его пластичность. В то же время это придало ему хорошие технологические показатели зерна (он внесен в список ценных сортов) и обеспечило устойчивость к предуборочному прорастанию в колосе в условиях с недостатком активных температур и повышенной влажностью (в провокационных лабораторных условиях частота прорастания всего 6 %). Сорт Ранг устойчив к пыльной головне, а также к полеганию (за счет укороченных нижних междоузлий). У растений сорта Ранг длина опорного нижнего второго междоузлия составляет 6-8 см, что на 2-3 см меньше, чем у других сравниваемых сортов, при диаметре 3,0-3,2 мм и повышенном числе сосудисто-волокнистых пучков (44-46 шт.) диаметром 116-118 мкм с выраженным склеренхимным кольцом толщиной до 72 мкм, что в значительной степени повышает устойчивость к полеганию.

В целом, генеалогическое древо сорта Тюменская 29 представлено 60 сортами различного эколого-географического и генетического происхождения, уходящими корнями в начало и середину XIX века и первую половину XX века, что придало созданному гибриду широкую норму реакции и выраженную адаптивность. Подтверждением этого был ответ материнской и отцовской форм сорта Тюменской 29 на условия возделывания в ряде контрастных агроклиматических зон. Такие различия отражает индекс условий среды (I_i), который у родительских сортов в засушливых и сухостепных условиях имел отрицательные значения (от -2,25 до -17,83), а в более благоприятных для возделывания культуры условиях — положительные значения (7,23-19,66) (табл. 1).

1. Эффекты реакции (Θ_p) у сортов пшеницы (*Triticum aestivum* L.), использованных при создании сорта Тюменская 29, на различные условия среды (1984-1986 годы)

Сорт	Полуобеспеченная богара ¹	Необеспеченная богара ¹	Сухая степь ²	Орошение ³	Южная лесостепь ⁴
Лютесценс 70	3,99	3,97	0,34	-0,33	1,21
Казахстанская ранняя	0,99	4,37	-3,32	-0,43	-0,39

Саратовская 29	-2,81	1,17	-1,13	-5,42	-5,39
Омская 9	-3,31	-3,43	1,86	-1,13	2,41
И (индекс среды)	-2,25	-17,83	19,66	-6,83	7,23

Примечание. ¹ — предгорье Ала-Тау, Казахский НИИ земледелия, ² — Семипалатинская СХОС, ³ — полубеспеченная богара (Казахский НИИ земледелия) + 2 полива напуском по 1000 м³ каждый — по кушению и колошению, ⁴ — Карабалыкская СХОС, Кустанай.

При этом детерминацию урожая лим-факторами среды отражают эффекты реакции сортов на условия среды (\mathcal{E}_p), которые были ранжированы по агроклиматическим зонам. Положительное значение \mathcal{E}_p указывало на выраженную адаптивность сорта к условиям среды, отрицательное — на снижение урожайности.

Из таблицы 1 видно, что для засухоустойчивого сорта Саратовская 29 более приемлемыми оказались необеспеченная богара и сухостепные условия Северо-Востока Казахстана (\mathcal{E}_p соответственно 1,17 и -1,13). Сорт интенсивного типа Омская 9 хорошо проявил себя при орошении и на севере Казахстана (значения \mathcal{E}_p соответственно 1,86 и 2,41). Он длительное время был основным интенсивным сортом в Сибири и в Северном Казахстане. Сорт Казахстанская раннеспелая из-за склонности к полеганию на высоких агрофонах оказался плохо адаптированным к условиям орошения ($\mathcal{E}_p = -3,32$), но для него были приемлемы засушливые богарные условия (полубеспеченная и необеспеченная богара, \mathcal{E}_p соответственно 0,99 и 4,37), благодаря чему он получил широкое распространение на Севере Казахстана ($\mathcal{E}_p = -0,39$), где возделывается на больших площадях и в настоящее время. Сорт Лютесценс 70 хорошо показал себя во всех экологических зонах. Благодаря интенсивному типу, устойчивости к полеганию и кратковременным засухам он длительное время возделывался на обширных площадях в Зауралье.

Обе родительские формы сорта Тюменская 29 (Казахстанская раннеспелая и Лютесценс 70) показали хорошую засухоустойчивость — соответственно 35,8 и 32,0 %, что было сопоставимо с показателями у лучшего в этом отношении сорта Саратовская 29 (30,2 %). Оба сорта хорошо реагировали на улучшение условий среды (b_i соответственно 0,82 и 0,94) и отличались от сорта Саратовская 29 более выраженной стабильностью ($S^2 d_i$ 1,67 и 3,96 против 1,09). Показатель размаха урожайности по зонам (d , %), в определенной мере отражающий сортовую адаптивность, оказался меньше у засухоустойчивых сортов: у сорта Саратовская 29 — 69,7 %, Казахстанская раннеспелая — 64,2 %, Лютесценс 70 — 67,9 %. При этом у сравниваемого сорта Омская 9 $d = 82,4$ %. Показатель гомеостатичности (Hom), указывающий на меньшую изменчивость урожайности при разных условиях возделывания, был ниже у сортов локального распространения и выше у сортов с широким ареалом. Так, у сорта Саратовская 29 $Hom = 22,2$, у сорта Казахстанская раннеспелая $Hom = 18,3$, Лютесценс 70 $Hom = 7,9$, Омская 9 $Hom = 6,1$.

Родительские формы сорта Тюменская 29 в Северном Зауралье наследовали продуктивность колоса в зависимости от условий года по типу комплементарного эпистаза, с неполным доминированием и сверхдоминированием, с близким соотношением рецессивных и доминантных генов. Обе родительские формы характеризовались хорошей комбинационной и сортообразующей способностью. Объединение их генов позволило получить популяцию с широкой нормой реакции.

Морфологическое описание сорта Тюменская 29 следующее. Куст прямостоячий; колос среднего размера, белый, пирамидальный, средней

плотности (21,4), в верхней части колоса имеются грубые заустья длиной до 1 см. Колосковая чешуя яйцевидная, длиной 9 мм, шириной 4 мм, со средним по размеру хорошо выраженным рисунком и слабым опушением верхней внутренней части. Нервация слабо выражена по всей длине. Зубец колосковой чешуи прямой, короткий, выдержанный; плечо средних размеров, приподнятое; киль сильно выражен по всей длине. Верхняя цветковая чешуя яйцевидная, длиной 11 мм, шириной 3,7 мм, длина заостьев — до 1 см. Сегмент оси колоса слабо сужается к основанию, длиной 6 мм, шириной 3 мм; выпуклая часть сегмента слабо опушена, по бокам имеются очень мелкие волоски, у основания небольшие пучки волосков. Стебель длиной 78 см, диаметр I нижнего междоузлия 2,75 мм, II — 3,25 мм, длина соответственно 6,4 и 11 см. Верхний узел слабо опушен. Листья темно-зеленые, полугрубые, с войлочным опушением и восковым налетом, средних размеров, свисающие на $\frac{1}{3}$, долго вегетирующие. Зерно красное, крупное (35,6 г), овально-округло-удлиненное, длина зерновки 6,5 мм, ширина 3,3 мм, фенол дает темное окрашивание, бороздка неглубокая, хохолок среднего размера. Продуктивная кустистость — 1,24; устойчивость к предуборочному прорастанию зерна в колосе (провокационные условия) высокая (табл. 2). Средняя урожайность в конкурсном сортоиспытании 3,67 т/га, на 0,62 т/га больше, чем у стандарта Лютеценс 70 (+17 %); по зяби — 2,3 т/га против стандарта 1,74 т/га (+0,56 т/га). Сорт формирует ценное по качеству зерно: натура — 757 г/л, масса 1000 зерен — 35,6 г, клейковина — 31,6 %, сырой протеин — 14,9 %, сила муки — 388 е.а., оценка хлеба — 4,9 балла. Наибольшая урожайность в конкурсном сортоиспытании по пару — 5,12 т/га.

2. Хозяйственные и биологические показатели сорта пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Тюменская 29 в сравнении со стандартом (конкурсное сортоиспытание, 2006-2009 годы)

Показатель	Тюменская 29	Лютеценс 70 (стандарт)	Отклонение от стандарта
Урожайность, т/га:			
НИИСХ Северного Зауралья			
пар	3,67	3,05	+0,62
НСР ₀₅	0,22		
зябь	2,30	1,74	+0,56
НСР ₀₅	0,17		
Ишимский опорный пункт			
пар	3,61	3,07	+0,54
НСР ₀₅	0,17		
Период вегетации, сут	81	81	0
Высота растений, см	78	76	+2
Устойчивость, балл:			
к полеганию	4,5	3,5	+1,0
к засухе	5,0	4,5	+0,5
к пониканию	1	1	0
Прорастание в колосе (провокационный фон), %	0,90	0,23	+0,67
Масса 1000 зерен, г	35,6	33,5	+2,1
Продуктивная кустистость (число продуктивных стеблей на растение)	1,24	1,21	+0,03
Натура зерна, г/л	757	752	+5
Стекловидность, %	42	52	-10
Содержание, %:			
протеина	14,9	14,1	+0,8
клейковины	31,6	30,8	+0,8
Сила муки (W), е.а.	388	334	+54
Объем хлеба без добавок, мл	725	605	+120
Оценка хлеба, балл	4,9	4,7	+0,2
P/L (реологические свойства)	1,7	1,9	-0,2
Валориметрическая оценка, е.а.	46	53	-7
Разжижение, е.ф.	102	142	-40
Индекс деформации клейковины (ИДК), ед.	82	82	0

Поражение, тип/% листовой поверхности:			
бурой ржавчиной (искусственный фон)	1/10-3/50	3/40-3/50	Нет различий
пыльной головней (искусственный фон)	0,00	0,00	Не поражаются
септориоз (естественная нагрузка)	1/5-2/40	2/30-2/40	Толерантность
внутристеблевые вредители (естественная нагрузка)	1/10	1/5-1/10	Выносливость

Примечание. Сорта-индикаторы поражения: бурая ржавчина — Саратовская 29 (3/60-4/80), пыльная головня — Казахстанская 10 (15,4-28,8 %), септориоз — Стрела (3/40-3/60). Типы поражения (1, 2, 3) отражают степень развития патогена.

В провокационных условиях сорт устойчив к пыльной головне, в меньшей степени, чем сорт-стандарт, поражается септориозом, слабо — мучнистой росой, устойчив к поражению зерновой блошкой, красногрудой пьявицей и внутристеблевым вредителям.

В таблице 3 приведена сравнительная характеристика сорта Тюменская 29 и ранее распространенных в регионе сортов. Максимальная урожайность у пшеницы Тюменская 29 составляла 550 г/м², что выше, чем у других сортов. Средняя урожайность в опыте также оказалась выше по сравнению с остальными сортами — 471 г/м². Индекс гомеостатичности $H-st = 0,54$ был сопоставим с таковым у хорошо адаптированных к условиям региона сортов Стрела и Омская 36 ($H-st$ соответственно 0,60 и 0,61), но оказался ниже, чем у Саратовской 29 ($H-st = 0,78$), довольно приспособленной к сибирским условиям. Сорт Тюменская 29 имел среднерослый (96 см) устойчивый к полеганию (4 балла) стебель, хорошо озерненный колос (29 зерен), был устойчив к предуборочному прорастанию зерна в колосе. У сорта было крупное зерно с довольно высокими технологическими показателями.

В течение 12 лет сорт Тюменская 29 (оригинатор — Тюменский научный центр СО РАН, АС № 61343, Патент РФ № 7346 от 15.12.2009 года) проходил испытания на сортоучастках Тюменской области, где в 2011, 2014, 2018, 2019 годах на Ишимском, Омутинском и Нижнетавдинском госсортоучастке (ГСУ) урожайность составила от 5,50 до 7,05 т/га, что выше, чем у стандарта Омская 36 соответственно на 11, 16, 19, 26 % при хорошей устойчивости к полеганию. Максимальную урожайность у сорта зафиксировали в 2011 году на Ишимском ГСУ по пару — 6,94 т/га. По результатам Государственного сортоиспытания сорт Тюменская 29 отнесен к группе среднеспелых, с 2014 года зарегистрирован по 10-му региону (Западная Сибирь) и внесен в список ценных сортов. На сортоучастках Тюменской области Тюменская 29 служит стандартом в группе среднеспелых сортов.

Таким образом, с 1930 по 2024 год в Северном Зауралье (Тюменская обл.) прошло пять сортосмен (I-V порядки, соответственно 1930-1950; 1951-1970; 1971-1990; 1991-2012 и 2013-2025 годы). Широкое распространение в регионе получили следующие сорта: Тюменская 29 (год регистрации — 2013, порядок сортосмены — V), Казахстанская ранняя (1991 год), Лютесценс 70 (1993 год, IV), Новосибирская 67 (1974 год, III), Омская 36 (2008 год, V), Саратовская 29 (1957 год, II), Тюменская 80 (1985 год, III), Стрела (1962 год, II). Видно, что после 2012 года сроки сортосмен сократились, что стало следствием увеличения частоты погодных флуктуаций. В целом, в мире возрастает необходимость в адаптированных продуктивных сортах, способных обеспечить устойчивое производство зерна (2, 3, 12, 13).

3. Урожайность и хозяйственно ценные признаки сортов пшеницы (*Triticum aestivum* L.), распространенных в Зауралье (НИИСХ Северного Зауралья, 2018-2024 годы)

Сорт	Урожайность зерна, г/м ²			Индекс гомеостатичности	Высота растений, см	Полега-ние, балл	Прорастание зерна в колосе (лабораторный провокационный фон), %	Белок, %	Клейко-вина, %	Число зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г
	min-max	разброс	среднее								
Тюменская 29	356-550	194	471	0,54	96	4	5,6-7,8	14,4	33	29	40,3
Казахстанская ранняя	380-520	140	457	0,37	105	4	11,9-39,3	13,6	32	30	40,2
Лютесценс 70	335-472	137	397	0,41	97	3	1,8-7,4	14,0	32	30	38,6
Новосибирская 67	223-323	100	289	0,45	100	4	20,8-52,4	13,9	32	29	40,1
Омская 36	317-508	191	394	0,60	104	3	5,6-27,5	13,9	30	27	42,4
Саратовская 29	225-402	177	329	0,78	117	3	6,2-12,3	14,3	34	26	42,0
Тюменская 80	347-482	135	417	0,39	105	3	19,0-43,9	13,9	30	31	41,7
Стрела	260-420	160	348	0,61	110	3	3,6-14,4	13,5	29	32	41,4
S \bar{x} (отклонение от среднего)	12-26										

Примечание. min-max — показатели соответственно в засушливый и благоприятный годы.

При создании сортов важное значение имеет подбор родительских форм и характер наследования нужных признаков (15, 16, 18). При создании сорта Тюменская 29 родительские формы, полученные в рамках программы «ДИАС», в Северном Зауралье в зависимости от условий года наследовали продуктивность колоса по типу комплементарного эпистаза, с неполным доминированием и сверхдоминированием, с близким соотношением рецессивных и доминантных генов. Все указанные формы характеризовались хорошей комбинационной и сортообразующей способностью. На основе целенаправленно подобранного селекционного материала, полученного по программе «ДИАС», уже создано несколько высокопродуктивных и адаптированных к местным условиям сортов (15, 23), в том числе сорт Тюменская 29.

Известно, что одна из проблем современного промышленного растениеводства — сокращение биоразнообразия культур (5-7). Использование разработанной в рамках программы «ДИАС» технологии подбора родительских форм и селекции позволяет создавать сорта с широкой генеалогической базой (см. рис.).

Созданный сорт Тюменская 29 по результатам многолетних испытаний в годы с различающимися погодными условиями показал высокую адаптивность, пластичность, стабильность. По урожайности и показателям качества зерна он был близок к стандарту — сорту Саратовская 29, а в отдельные годы превосходил стандарт (см. табл. 3). Важное требование к современным сортам — устойчивость к патогенам (9, 39). Сорт Тюменская 29 обладает устойчивостью к бурой ржавчине, пыльной головне, септориозу (см. табл. 2).

С 2009 год сорт районирован и успешно возделывается. В Тюменской области сорт Тюменская 29 служит стандартом и используется в этом качестве в генетико-селекционных исследованиях (40). Создание производных (внучатых) сортов на основе форм, полученных из селекционного материала в рамках межведомственного проекта «ДИАС» в Северном Зауралья, продолжается при выполнении ряда селекционных программ.

Итак, впервые с участием обоих родительских сортов из селекционного материала программы «ДИАС» — Казахстанская раннеспелая и Лютеценс 70 создан среднеспелый, интенсивный, устойчивый к абиотическим факторам среды сорт Тюменская 29. Генеалогическое древо Тюменской 29 охватывает 60 сортов различного эколого-географического и генетического происхождения, что обеспечило подбор родительских форм с минимальными рисками при воздействии лим-факторов среды. Объединение их генетического материала и дальнейшее трансгрессивное расщепление популяции позволило отобрать из нее сорт Тюменская 29, хорошо адаптированный к местным условиям, с потенциальной урожайностью до 7,0 т/га, с высокими технологическими показателями (в списке ценных). Положительная особенность сорта состоит в его интенсивности, адаптивности, стабильности формирования высококачественного зерна.

Авторы благодарят главного редактора журнала «Сельскохозяйственная биология» к.б.н. Л.М. Федорову за помощь в научном обсуждении экспериментальных данных и редакционную подготовку статьи к публикации.

*НИИ сельского хозяйства Северного Зауралья — филиал
ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН,
625501 Россия, Тюменская обл., Тюменский р-н, п. Московский,
ул. Бурлаки, 2,
e-mail: novokhatin@bk.ru, dravial@mail.ru, Tatyuna-1963@mail.ru,
natalya_sharapov@bk.ru ✉*

*Поступила в редакцию
18 апреля 2025 года
Принята к публикации
7 июля 2025 года*

ABOUT BREEDING TECHNIQUE AND GENETIC VALUE OF THE SELECTION MATERIAL DERIVED FROM THE DIAS PROGRAM ON THE EXAMPLE OF CREATING A VARIETY OF SOFT SPRING WHEAT (*Triticum aestivum* L.) TYUMENSKAYA 29

V.V. Novokhatin, V.A. Dragavtsev, T.V. Shelomentseva, N.V. Sharapova[✉]

Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Ural Region — a Branch of Federal Research Centre the Tyumen Scientific Center SB RAS, 2, ul. Burlaki, p. Moskovsky, Tyumen District, Tyumen Province, 625501 Russia, e-mail novokhatin@bk.ru, dravial@mail.ru, Tatyuna-1963@mail.ru, natalya_sharapov@bk.ru (✉ corresponding author)

ORCID:

Novokhatin V.V. orcid.org/0000-0002-2191-0420

Shelomentseva T.V. orcid.org/0000-0003-4855-6182

Dragavtsev V.A. orcid.org/0000-0002-0934-020X

Sharapova N.V. orcid.org/0009-0007-2214-2789

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

The authors thank L.M. Fedorova, PhD, the editor-in-chief of the journal *Agricultural Biology*, for her assistance in the scientific discussion of the experimental data and editorial preparation of the manuscript for publication.

Carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FWRZ-2026-0028

Final revision received April 18, 2025

doi: 10.15389/agrobiology.2025.5.118eng

Accepted July 07, 2025

Abstract

Global climate change, declining biodiversity, declining soil fertility, and the spread of diseases pose risks to the cultivation of wheat, one of the most important economically and socially significant grain crops. Accelerated development of high-yielding wheat varieties with high grain quality and tolerance to abiotic and biotic stress is essential. In the Northern Trans-Urals, negative limiting factors for wheat cultivation include early summer droughts, frequent droughts during grain formation and filling, July heavy rainfall, leaf rust and septoria blight outbreaks, prolonged autumn rains, and early autumn frosts. For sustainable cultivation, the region requires early- and mid-season varieties adapted to local conditions with high potential and actual yields. Based on the ecogenetic theory of quantitative traits developed during the study of 15 varieties common in Siberia and 210 F₁ and F₂ hybrids, genetic effects ranging from intermediate dominance to overdominance and epistasis (primarily due to the complementary and additive effects of genes) were identified for ear productivity traits. Consequently, the studied accessions varied in their breeding significance and cultivar-forming potential. With their participation, 10 registered common varieties were developed within the DIAS program (Genetics of productivity traits of spring wheat in Western Siberia). Using the DIAS genetic germplasm first-generation varieties—eight granddaughter varieties were created in various regions and registered by the State Variety Testing Commission. For the first time, a hybrid population was generated using both parent varieties, the Kazakhstanskaya rannespelaya and Lutescens 70 created using breeding material from the DIAS eco-genetic program. From this population, after a series of stabilizing reseeds, the Lutescens 868 line was selected which became the Tyumenskaya 29 variety. The parent forms of the Kazakhstanskaya rannespelaya and Lutescens 70 are the ecologically contrasting varieties Novosibirskaya 67, Omskaya 9, and Rang, evolutionarily belonging to the West Siberian and Scandinavian ecological groups. Their pedigrees include intensive varieties created based of the Bezostaya 1 winter wheat variety with a broad reaction range and genetically diverse genealogy. The Swedish variety Rang's pedigree includes the closely related variety Ring, local Galician and Dutch squareheads, and *Triticum persicum*, which impart to the Tyumenskaya 29 variety an intensive type, resistance to lodging, powdery mildew, loose smut, and pre-harvest sprouting of grain in the ear. Novosibirskaya 67 is the only wheat variety created by experimental mutagenesis based on Novosibirskaya 7 wheat (obtained from hybrid material from the Volga region and the French variety NOE, which is of Russian origin). Both parental forms of the Tyumenskaya 29 variety exhibit good drought tolerance (33.8 and 32.0 %) which is comparable to that of the best variety in this regard, Saratovskaya 29 (30.2 %). They also respond well to improved environmental conditions (b_i 0.82 and 0.94, respectively). The genealogical tree of the Tyumenskaya 29 includes 60 varieties of varying ecological, geographical, and genetic origins, dating back to the 19th century and the first half of the 20th century. The complete pedigree of the varieties being developed allows for a theoretically sound selection of parental varieties for crossbreeding, taking into account the risks associated with environmental factors in the areas where they were developed. Varieties with minimal risk, differing in the stages of organogenesis, through hybridization and subsequent transgressive segregation allow for the creation of intensive hybrids well adapted to local agro-climatic conditions with minimal risks. The created hybrid, which became the Tyumenskaya 29 variety, exhibits a broad response range, good adaptability, pronounced plasticity, and is characterized by high yield (potential yield within 7.0 t/ha), lodging resistance, tolerance to pre-harvest germination of grain in the ear, and high technological indicators of grain. The variety is included in the state list of valuable ones.

Keywords: soft spring wheat, Tyumenskaya 29 variety, adaptability, plasticity indicators, grain quality.

REFERENCES

1. Maçrs B., Costa R., Gomes C., Bagulho A.S., Pinheiro N., Moreira J., Costa A., Patanita M., Dorez J., Rodrigo S. Breeding in bread-making wheat varieties for Mediterranean climate: the need to get resilient varieties. *Front. Nutr.*, 2024, 11: 1393076 (doi: 10.3389/fnut.2024.1393076).
2. Yannam V.R.R., Lopes M.S., Soriano J.M. Optimizing genomic selection models for wheat breeding under contrasting water regimes in a Mediterranean environment. *Plant Methods*, 2025, 21(1): 155 (doi: 10.1186/s13007-025-01467-5).
3. Paux E., Lafarge S., Balfourier F., Derory J., Charmet G., Alaux M., Perchet G., Bondoux M., Baret F., Barillot R., Ravel C., Sourdille P., Le Gouis J., On Behalf Of The Breedwheat Consortium. Breeding for economically and environmentally sustainable wheat varieties: an integrated approach from genomics to selection. *Biology (Basel)*, 2022, 11(1): 149 (doi: 10.3390/biology11010149).
4. Nikolaev M.V. Identification of grain-producing areas vulnerable to moisture deficiency under climate change based on meso-zoning of the dry farming cropland in European Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2024, 59(3): 473-491 (doi: 10.15389/agrobiology.2024.3.473rus).
5. Reif J.C., Zhang P., Dreisigacker S., Warburton M.L., van Ginkel M., Hoisington D., Bohn M., Melchinger A.E. Wheat genetic diversity trends during domestication and breeding. *Theor. Appl. Genet.*, 2005, 110(5): 859-864 (doi: 10.1007/s00122-004-1881-8).
6. Badaeva E.D., Konovalov F.A., Knüpfner H., Fricano A., Ruban A.S., Kehel Z., Zoshchuk S.A., Surzhikov S.A., Neumann K., Graner A., Hammer K., Filatenko A., Boggaard A., Jones G., Özkan H., Kilian B. Genetic diversity, distribution and domestication history of the neglected GGA^{1A} gene pool of wheat. *Theor. Appl. Genet.*, 2022, 135(3): 755-776 (doi: 10.1007/s00122-021-03912-0).
7. Sindhu A. Wheat genetic diversity trends as a result of domestication and plant breeding. *Pharma Innovation*, 2022, 11(6): 427-433.
8. Irfan Ullah M., Mahpara S., Bibi R., Ullah Shah R., Ullah R., Abbas S., Ihsan Ullah M., Hassan A.M., El-Shehawi A.M., Brestic M., Zivcak M., Ifnan Khan M. Grain yield and correlated traits of bread wheat lines: Implications for yield improvement. *Saudi J. Biol. Sci.*, 2021, 28(10): 5714-5719 (doi: 10.1016/j.sjbs.2021.06.006).
9. Sertse D., Kassa M.T., McCallum B.D., von Wettberg E.J.B., McCartney C.A. Enhancing the breeding gene pool of wheat using accessions in gene banks as demonstrated by the Watkins collection. *Theor. Appl. Genet.*, 2025, 138(6): 109 (doi: 10.1007/s00122-025-04898-9).
10. Hakeem S., Ali Z., Saddique M.A.B., Habib-Ur-Rahman M., Wiehle M. Harnessing genetic diversity in wheat to enhance grain nutrition and yield for biofortification breeding. *Biol. Res.*, 2025, 58(1): 33 (doi: 10.1186/s40659-025-00606-5).
11. Sandhu K.S., Aoun M., Morris C.F., Carter A.H. Genomic selection for end-use quality and processing traits in soft white winter wheat breeding program with machine and deep learning models. *Biology (Basel)*, 2021, 10(7): 689 (doi: 10.3390/biology10070689).
12. Plavšin I., Gunjača J., Šatović Z., Šarčević H., Ivić M., Dvojković K., Novoselović D. An overview of key factors affecting genomic selection for wheat quality traits. *Plants (Basel)*, 2021, 10(4): 745 (doi: 10.3390/plants10040745).
13. Cha J.K., Park H., Choi C., Kwon Y., Lee S.M., Oh K.W., Ko J.M., Kwon S.W., Lee J.H. Acceleration of wheat breeding: enhancing efficiency and practical application of the speed breeding system. *Plant Methods*, 2023, 19(1): 118 (doi: 10.1186/s13007-023-01083-1).
14. Vavilov N.I. *Teoreticheskie osnovi seleksii* [Theoretical foundations of selection]. Moscow, 1987 (in Russ.).
15. Novokhatin V.V., Dragavtsev V.A., Leonova T.A., Shelomentseva T.V. Creation of a spring soft wheat variety grenada with the use of innovative breeding technologies based on the original theory of eco-genetic arrangement of quantitative traits. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2019, 54(5): 905-919 (doi: 10.15389/agrobiology.2019.5.905rus).
16. Kocherina N.V., Dragavtsev V.A. *Vvedenie v teoriyu ekologo-geneticheskoy organizatsii poligennikh priznakov i teoriyu selektsionnikh indeksov* [Introduction to the theory of ecological-genetic organization of polygenic traits and the theory of selection indices]. St. Petersburg, 2008 (in Russ.).
17. Gao Y., Dhillon G.S., Joshi P., Wheeler J., Kaur A., Chen J. Enhancing genomic predictive ability of yield and yield-related traits in spring wheat by integrating major plant adaptation genes as a fixed effect. *Theor. Appl. Genet.*, 2025, 138(11): 290 (doi: 10.1007/s00122-025-05075-8).
18. Al-Naggar AMM, Al-Azab KF, Younis ASM, Hassan IO, Basyouny MAE, Ayaad M. Genetic parameters controlling the inheritance of glaucousness and yield traits in bread wheat. *Braz. J. Biol.*, 2021, 82: e253864 (doi: 10.1590/1519-6984.253864).
19. Zhuchenko A.A. *Adaptivnyy potentsial kul'turnikh rasteniy (ekologicheskies osnovi)* [Adaptive potential of cultivated plants (ecological principles)]. Kishinev, 1988 (in Russ.).

20. Dragavtsev V.A., Tsil'ke R.A., Reyter B.G., Vorob'ev V.A., Dubrovskaya A.G., Korobeynikov N.I., Novokhatin V.V., Maksimenko V.P., Babakishiev A.G., Ilyushchenko V.G., Kalashnik N.A., Zuykov Yu.I., Fedotov A.M. *Genetika priznakov produktivnosti yarovoy pshenitsi v Zapadnoy Sibiri* [Genetics of spring wheat productivity traits in Western Siberia]. Novosibirsk, 1984 (in Russ.).
21. Owusu E.Y., Mohammed H., Manigben K.A., Adjebeng-Danquah J., Kusi F., Karikari B., Sie E.K. Diallel analysis and heritability of grain yield, yield components, and maturity traits in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Scientific World Journal*, 2020, 2020: 9390287 (doi: 10.1155/2020/9390287).
22. Maričević M., Španić V., Bukan M., Rajković B., Šarčević H. Diallel analysis of wheat resistance to Fusarium head blight and mycotoxin accumulation under conditions of artificial inoculation and natural infection. *Plants (Basel)*, 2024, 13(7): 1022 (doi: 10.3390/plants13071022).
23. Novokhatin V.V., Dragavtsev V.A. Theoretical, methodological, and breeding results of the DIAS program in increasing grain production using the example of creation of a soft spring wheat variety Kazakhstanskaya rannespelaya (origin, characteristics, economic value). *BIO Web of Conferences*, 2023, 66(International Scientific and Practical Conference "Agrarian Science-2023"): 05007 (doi: 10.1051/bioconf/20236605007).
24. Novokhatin V.V., Shelomentseva T.V., Dragavtsev V.A. A novel integrative approach to study the dynamics of an increase in common spring wheat adaptivity and homeostaticity (on the example of breeding programs in the Northern Trans-Ural). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2022, 57(1): 81-97 (doi: 10.15389/agrobiol.2022.1.81rus).
25. Dragavtsev V.A., Litun P.P., Shkel' N.M., Nechiporenko N.N. *Doklady AN SSSR*, 1984, 274(3): 720-723 (in Russ.).
26. Novokhatin V.V., Dragavtsev V.A. V sbornike: *Innovatsii v nauke i praktike: sbornik nauchnikov statey po materialam KhII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (5 maya 2023 g., g. Ufa) v 3 chastyakh* [In: Innovations in science and practice: a collection of scientific articles based on the materials of the XII International scientific and practical conference (May 5, 2023, Ufa) in 3 parts]. Ufa, 2023, part 1: 204-233 (in Russ.).
27. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, vipusk vtoroy* [Methodology of state variety testing of agricultural crops, second edition]. Moscow, 1989 (in Russ.).
28. Ivanenko E.G., Vol'f V.G., Litun P.P. *K metodike izucheniya plastichnosti sortov. Seleksiya i semenovodstvo* [Towards a methodology for studying varietal plasticity. Breeding and seed production]. Kiev, 1978, vip. 40: 16-25 (in Russ.).
29. Eberhart S.A., Rassel W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.*, 1966, 6(1): 36-40.
30. Zikin V.A., Belan I.A., Rosev V.M., Pashkov S.V. *Doklady RASKhN*, 2000, 2: 5-7 (in Russ.).
31. Khangil'din V.G. V sbornike: *Fiziologicheskie i biokhicheskie aspekti geterozisa i gomeostaza rasteniy* [In: Physiological and biochemical aspects of heterosis and homeostasis in plants]. Ufa, 1976: 210-230 (in Russ.).
32. Udol'skaya N. L. *Zasukhoustoychivost' sortov yarovoy pshenitsi* [Drought resistance of spring wheat varieties]. Omsk, 1936 (in Russ.).
33. Strakhov T.D. *Mekhanizm fiziologicheskogo immuniteta rasteniy k infektsionnim zabolevaniyam* [Mechanism of physiological immunity of plants to infectious diseases]. Khar'kov, 1959 (in Russ.).
34. Mains E.B., Jackson H.S. Physiological specialization in the leaf rust of wheat. *Puccinia triticina* Erikss. *Phytopathology*, 1926, 16(2): 89-120.
35. Kravchenko V.I., Myagkova D.V., Zhukova A.E., Khokhlova A.P. *Izuchenie golovnevoustoychivosti zernovikh kolosovikh kul'tur: metodicheskie ukazaniya* [Study of smut resistance in cereal crops: guidelines]. Leningrad, 1987 (in Russ.).
36. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke kachestva zerna* [Methodological recommendations for assessing grain quality]. Moscow, 1977 (in Russ.).
37. Sinitin S.S., Biryukov A.I. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten' SO VASKhNIL*, 1981, 13: 38-44 (in Russ.).
38. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field trials (with basics of statistical processing of research results)]. Moscow, 2012 (in Russ.).
39. Gulyaeva E.I., Shaydayuk E.L., Zuev E.V. The potential of modern Russian winter and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties for genetic protection against leaf and yellow rust. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2025, 60(3): 485-502 (doi: 10.15389/agrobiol.2025.3.485rus).
40. Bome N.A., Salekh S., Utebayev M.U., Korolev K.P., Weisfeld L.I. Analysis of the *Triticum aestivum* L. genetic diversity induced by the chemical mutagen phosphemide. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2024, 59(1): 92-105 (doi: 10.15389/agrobiol.2024.1.92rus).