

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ С ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬЮ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ*

Сулухан Кудайбердиевна Темирбекова¹, доктор биологических наук, профессор
Иван Михайлович Куликов², доктор экономических наук, академик РАН
Наталья Эрнестовна Ионова³, кандидат биологических наук
Юлия Владимировна Афанасьева², кандидат сельскохозяйственных наук
Елена Анатольевна Калашникова⁴, доктор биологических наук, профессор
Шолпан Оразовна Бастаубаева⁵, кандидат сельскохозяйственных наук
Ирина Игоревна Сардарова¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Московская обл., Россия

²ФГБНУ Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства,
г. Москва, Россия

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

⁴Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия

⁵Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,

Алматинская обл., Республика Казахстан

E-mail: sul20@yandex.ru

Аннотация. Засуха на значительной территории России в ближайшие десятилетия будет расти. Необходима селекция засухо- и температуроустойчивых культур и создание сортов для различных экологических и географических зон России на основе широкого использования Всемирной коллекции сельскохозяйственных растений. Представлены результаты изучения генофонда озимой пшеницы в период сильной атмосферной засухи, проявившейся дважды за 50 лет — в 1972 и 2010 годах. Основные задачи: мобилизация новых форм засухоустойчивых растений из засушливых зон России, а также из-за рубежа, расширение исследований по выявлению генетических источников и доноров устойчивости к засухе, создание и ускоренное внедрение в сельскохозяйственное производство новых засухоустойчивых сортов и гибридов озимой пшеницы.

Ключевые слова: озимая пшеница, генетические источники, устойчивость к засухе, селекция, производство

STUDY OF WINTER WHEAT GENETIC RESOURCES AND GENETIC SOURCES WITH DROUGHT RESISTANCE IDENTIFICATION FOR SELECTION AND PRODUCTION USAGE

S.K. Temirbekova¹, Grand PhD in Biological Sciences, Professor
I.M. Kulikov², Grand PhD in Economic Sciences, Academician of the RAS
N.E. Ionova³, PhD in Biological Sciences
Yu.V. Afanasyeva², PhD in Agricultural Sciences
E.A. Kalashnikova⁴, Grand PhD in Biological Sciences, Professor
Sh.O. Bastaubaeva⁵, PhD in Agricultural Sciences
I.I. Sardarova¹

¹All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow region, Russia

²Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

³Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

⁴Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

⁵Kazakh Scientific Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty region, Republic of Kazakhstan

E-mail: sul20@yandex.ru

Abstract. The problem of drought is acute in a large area of Russia, which will not decrease in the coming decades, but will grow. The most important measures to combat drought are the selection of drought- and heat-resistant crops and the creation of varieties for various

* Исследование проводили в рамках Правительственной задачи Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства № 0432-2021-0003 для сохранения, расширения и изучения генетических коллекций сельскохозяйственных растений и создания хранилища плодовоовощных и мелкплодных культур, свободных от опасных вирусов, а также в соответствии с тематическим планом Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии № 0598-2019-0005, официальный регистрационный номер EGISU R&D-AAAA-A19-1191212901090. Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжский) федерального университета ПРИОРИТЕТ-2030 / The study was carried out within the framework of the Government Task of the Federal Scientific Breeding and Technology Center for Horticulture and Nursery No. 0432-2021-0003 to preserve, expand and study genetic collections of agricultural plants and create a repository of fruit and vegetable and small-fruited crops free from dangerous viruses, as well as in accordance with the thematic plan of the All-Russian Research Institute of Phytopathology No. 0598-2019-0005, official registration number EGISU R&D-AAAA-A19-1191212901090. The work was carried out at the expense of the Strategic Academic Leadership Program of Kazan (Volga Region) Federal University PRIORITY-2030.

ecological and geographical zones of Russia based on the widespread use of the World Collections of Agricultural Plants. The results of the study of the gene pool of winter wheat during severe atmospheric drought, which manifested itself twice in 50 years of studying genetic resources from different countries in 1972 and 2010, are presented. The primary tasks were the mobilization of new forms of drought-resistant plants from the arid zones of Russia, as well as from abroad, the expansion of research on the identification of genetic sources and donors of drought resistance, the creation and accelerated introduction into agricultural production of new drought-resistant varieties and hybrids of winter wheat.

Keywords: winter wheat, genetic sources, drought resistance, breeding, production

Как показывают результаты исследований ученых-климатологов, проявления засухи на значительной территории России в ближайшие десятилетия будут нарастать. [1] Важнейшими мерами борьбы с засухой Н.И. Вавилов считал подбор засухо- и жароустойчивых культур и создание засухоустойчивых сортов для различных эколого-географических зон страны на основе широкого использования мировых коллекций сельскохозяйственных растений. Все разнообразие видов и родов растений с агро- и экологических позиций было разделено ученым на три группы. [2]

В первую вошли растения наиболее устойчивые к засухе и способные давать урожай даже в условиях острозасушливого лета. К ним относятся ксерофитные растения (кактусы и агавы), а также просо, сорго, нут, чечевица мелкозерная, разные виды чины, донник, житняк, могар, желтая люцерна, суданская трава, овсяница овечья, ряд плодовых и эфирномасличных культур.

Во вторую группу включены растения с промежуточной устойчивостью, обладающие большой амплитудой изменчивости и проявляющие относительную устойчивость к засухе, способные давать урожай при недостатке влаги. Растения этой группы в земледелии имеют наибольшее значение, занимая более 3/5 площадей посевов, — пшеница, ячмень, кукуруза, рожь, подсолнечник, хлопчатник, сахарная свекла, люцерна, вика и другие.

В третьей группе наименее стойкие к засухе растения, которые способны давать урожай только в условиях достаточного увлажнения. В нее входит большинство растений, возделываемых в пределах нашей страны.

Наиболее ценный засухоустойчивый исходный материал собран на территории России.

Цель работы — на основе форм засухоустойчивых растений из засушливых зон России и из-за рубежа выделить генетические источники и доноры засухоустойчивости для создания новых сортов и гибридов пшеницы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в бывшем МОВИР имени Н.И. Вавилова, ныне ФГБНУ ФНЦ садоводства (п. Михнево, Ступинский р-н, Московская обл.) с 1970 по 2020 год. Объект изучения — дублетная коллекция озимой мягкой пшеницы ВИР (2626 образцов), которая находится на хранении в отделе генофонда научного центра.

Климат Московской области умеренно влажный, умеренно континентальный. Среднегодовое количество осадков — 450...800 мм. Суммы температур более 10°C убывают от 2100°C на юго-востоке и востоке до 1900°C на северо-западе, вегетацион-

ный период (выше 10°C) укорачивается от 140...145 до 120...125 дней.

По влагообеспеченности и тепловым ресурсам климат Московской области благоприятен для возделывания почти всех сельскохозяйственных культур умеренного пояса. Ступинский район относится ко II агроклиматическому району, занимающему центральную часть области с дерново-подзолистыми суглинистыми почвами. [7] Почва промерзает до 50...75 см на открытых территориях и до 30...50 см на защищенных, оттаивает 21...29 апреля. Физическая спелость наступает у суглинистых почв в среднем 20 мая, супесчаных — 18. Безморозный период продолжается 120...135 дней, что достаточно для полного созревания возделываемых культур. Устойчивый снежный покров, который может продержаться до 137...143 дней, образуется к 25 ноября...2 декабря, а его средняя высота составляет 35 см. Гидротермический коэффициент — 1,3...1,4.

Посев озимой пшеницы (500 зерен/м²) проводили в оптимальные сроки (25...27 августа) в полевом научном севообороте по черному пару сеялкой ССФК-7М, площадь делянки — 2 м². Под предпосевную культивацию вносили НРК 68-60-30, в подкормку весной — N 50. Агротехника общепринятая для региона. Стандарты (Мироновская 808, Полумкарлик 3, Заря, Немчиновская 52, Московская 39) высевали через 10 и 50 образцов.

Через каждые пять лет проводили пересев коллекционных образцов озимой пшеницы, при этом семена хранили в специальной комнате при температуре 15...18°C и влажности воздуха 5...10%.

Работу выполняли согласно Методическим указаниям ВИР, использовали унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. [3, 5, 8]

РЕЗУЛЬТАТЫ

За 50 лет изучения генофонда озимой пшеницы из Мировой коллекции ВИР в Московской области сильная атмосферная засуха была в 1972 и 2010 годах.

В 1972 году налив зерна проходил в условиях исключительной атмосферной засухи. Со 2 мая по 24 сентября (145 дней) преобладала солнечная жаркая погода с длительными высокими температурами и острым дефицитом влаги.

Среднемесячная температура воздуха в мае (11,8°C) несущественно превышала норму, а количество осадков (28,6 мм) было значительно ниже нормы (50 мм). В сочетании с отсутствием осадков во II и III декадах апреля это отрицательно отразилось на дружности и скорости появления всходов яровых зерновых, зернобобовых культур и многолетних трав, их росте и развитии.

Содержание влаги в метровом слое почвы под пшеницей снизилось за май с 209 до 183. Семь дней

в течение месяца имели относительную влажность воздуха ниже 40%.

Среднемесячная температура июня — 18,7°C, на 3,3°C ниже среднемноголетней нормы. Абсолютный максимум достигал 32°C, минимум не опускался ниже 9°C.

Осадков за июнь выпало 16,4 мм при норме 72 мм, но вследствие их распыленности, биологическая эффективность была очень мала и запасы продуктивной влаги в почве продолжали снижаться и составили в метровом слое почвы под пшеницей 155 мм в I декаде июня, 135 и 126 мм — II и III декадах соответственно.

В июле наблюдали дальнейшее потепление — среднесуточная температура воздуха за месяц составила 22°C при норме 17,7°C. Абсолютный максимум в I декаде достигал 35,5°C, во II — 34°C, III — 32°C, а абсолютный минимум не опускался ниже 7°C. Температура на поверхности почвы — 45...50°C.

На высоком температурном фоне осадков выпало всего 14 мм при норме 99 мм. Нарастающий дефицит влаги создал сильную почвенную засуху. Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы под озимой пшеницей составил в I декаде 90 мм, II — 107 мм.

Три дня за месяц относительная влажность воздуха была не более 30% и 10 дней в пределах 31...40%.

Август по погодным условиям мало отличался от июля. Среднемесячная температура воздуха — 20,3°C, на 4,4°C выше нормы. Абсолютный максимум в I декаде достиг 34,5°C, II — 35,5°C, III — 36,0°C, превысив этот показатель за последние 92 года. Абсолютный минимум — 5,5°C. Осадков за месяц выпало 18,1 мм при норме 76 мм.

Нарастающий дефицит влаги способствовал усилению атмосферной засухи: в августе зафиксировано 12 дней с относительной влажностью воздуха 16...29% и 8 дней — 34...39%. В таких условиях возникли трудности с проведением сева озимых культур.

К концу августа сумма положительных температур воздуха от начала вегетационного периода составила 2381°C, при среднемноголетней норме 1932°C, сумма осадков соответственно 177 и 298 мм.

Температура воздуха в сентябре была равна среднемноголетней (10,3°C). Первые две декады были сухими, в III выпало 52,4 мм осадков. Это значительно улучшило условия для появления всходов озимых, но очень слабых и изреженных в течение месяца после посева. Коллекционные питомники пшеницы и ржи были политы во второй половине сентября. Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы под пшеницей составил по декадам сентября 145, 143 и 178 мм.

При оценке озимой пшеницы из Мировой коллекции ВИР на засухоустойчивость мы использовали агрономические показатели (урожайность сортов и ее снижение в условиях засухи по сравнению с контролем, масса 1000 зерен). Всего было изучено 500 образцов из разных стран.

В 1972 году налив зерна проходил в условиях исключительной почвенной и атмосферной засухи. Только благодаря двукратному рыхлению междурядий в почве сохранилось незначительное

количество доступной для растений влаги. У пшеницы к 26 июня почти полностью засохли листья, и дельнейшее накопление сухого вещества происходило только через корневую систему и стебель. В результате величина зерна оказалась на 30...40% меньше, чем в нормальные по погодным условиям годы. Масса 1000 зерен стандарта *Мироновская 808* в 1972 году составила 36,1 г, 49 из 300 образцов приближались по этому признаку к стандарту, 12 превзошли его (табл. 1).

В условиях 1972 года произошла естественная оценка образцов озимой пшеницы по уровню засухоустойчивости. Урожайность стандарта — 240 г/м² (1969 год — 372, 1970 год — 358 г). Большинство образцов из Германии по этому показателю уступали районированному сорту. Урожайность на уровне стандарта была у одного образца (*Steiners strusi* к-44858 — 246 г/м²), у четырех (*Golland* к-39583 — 228, *Frankensteiner Brauner* к-40914 — 220, *Goldene Aue* к-40477 — 216 и *Stiegler* 22 к-26353 — 216 г/м²) она была почти на уровне стандарта (*Мироновская 808* — 240 г/м²), у остальных (*Heines Feverson* к-185, *Shiriffs* к-1672, *Kujavischer weisser Kolben* к-6290, *St* 387650 к-43054, *Lohmanns Beseler III* к-26403, *Cimbals Grossherzog V.Sachz* к-26205, *Bensings Trotzkopf* к-26228, *Continental Dickkopf* к-26310, *Liessau* к-26354) — 204...214 г/м².

В острозасушливом 1972 году по уровню засухоустойчивости и комплексу признаков выделились образцы:

1. *Liessau* к-26354 — зимостойкий, продуктивный, созревает на один день позднее стандарта *Мироновская 808*.
2. *Heine Stamm* 3256 к-40864 — зимостойкий, созревает одновременно со стандартом, относительно низкорослый, устойчивый к полеганию, крупнозерный, урожайный.
3. *Lossdorfer President Hanisch* к-40894 — созревает одновременно со стандартом, низкорослый, слабо поражается мучнистой росой.
4. *Heines* 1751 к-41245 — зимостойкий, созревает одновременно со стандартом, низкорослый, устойчивый к полеганию, урожайный.
5. *Steiners Strusi* к-44858 — созревает одновременно со стандартом, относительно низкорослый, слабо

Таблица 1.
Наиболее крупнозерные сортообразцы озимой пшеницы из Германии, выделившиеся по засухоустойчивости

№ каталога ВИР	Сорт	Масса 1000 зерен, г
40469	<i>Heinnriebs von Heindenburg</i>	40
40476	<i>Konkurrenzen von Meyer Wageninger</i>	38
26208	<i>Hildebrandts Weissweizen</i>	39
40467	<i>Heinrichs Gelbkoerniger Dickkopf</i>	39
45029	<i>Dippes Triumph</i>	38
43034	<i>Fanal</i>	37
40468	<i>Hildebrandts Weisser Viktoria</i>	37
39737	<i>BiellersEdelepp</i>	38
44973	<i>Skumstall</i>	37
40487	<i>Hallets pedigree v. vilmorin</i>	37
44796	<i>Basta</i>	39
43920	<i>Мироновская 808</i>	36

поражается мучнистой росой, урожайный в засушливые годы.

6. *Bielers Edelepp* к-39737 — зимостойкий, крупнозерный, урожайный, слабо поражается мучнистой росой.

7. 38/120 к-40105 — низкорослый, устойчивый к полеганию, слабо поражается бурой ржавчиной.

8. *Neuzucht 14/14* к-40109 — низкорослый, устойчивый к полеганию, очень слабо поражается мучнистой росой и бурой ржавчиной, зимостойкий, продуктивный.

9. *Schindlers N.Z.* к-40472 — крупнозерный и урожайный.

10. *Russe 991* к-40858 — созревает одновременно со стандартом, короткостебельный, слабо поражается бурой ржавчиной.

11. *Stauderers Markus* к-35660 — зимостойкий, крупнозерный, спел позднее стандарта на один день.

12. к-39751 — зимостойкий, низкорослый, слабо поражается бурой ржавчиной, крупнозерный.

13. *Halle 1020* к-34063 — слабо поражается мучнистой росой, крупнозерный.

Сорта озимой пшеницы из Германии представляют интерес для практического использования в селекционном отборе на засухоустойчивость (табл. 2).

Засухоустойчивые образцы, выделенные из других стран в 1972 году: Местный к-25029 (Узбекистан) — позднеспелый, устойчивый к полеганию, высота растений 115 см, в средней степени поражается бурой и желтой ржавчиной, масса 1000 зерен — 32 г, урожайность — 130 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Местный к-36323 (Туркмения) — скороспелый, высота растений 120 см, устойчив к полеганию, поражение мучнистой и желтой ржавчиной среднее, масса 1000 зерен — 28 г, урожайность — 170 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Impeto к-40296 (Италия) — скороспелый, высота растений 90 см, поражение мучнистой и желтой ржавчиной среднее, масса 1000 зерен — 32 г, урожайность — 175 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Tepas к-44546 (Италия) — высота растений 80 см, устойчив к полеганию, бурой и желтой ржавчине, масса 1000 зерен — 30 г, урожайность — 190 г/м², у стандарта 210 г/м²;

Местный к-12757 (Афганистан) — скороспелый, высота растений 110 см, устойчив к ржавчинным болезням, масса 1000 зерен — 26 г, урожайность — 150 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Местный к-24084 (Индия) — скороспелый, высота растений 105 см, устойчив к полеганию, хорошая устойчивость к ржавчинным болезням, масса 1000 зерен — 20 г, урожайность — 120 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Monon к-44397 (США) — скороспелый, высота растений 100 см, устойчив к полеганию, масса 1000 зерен — 30 г, урожайность — 195 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Apache к-45079 (США) — скороспелый, высота 95 см, устойчив к полеганию, бурой и желтой ржавчине, масса 1000 зерен — 32 г, урожайность — 210 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Альбидум 11 к-46730 (Россия) — среднеспелый, создан с участием пшеницы из Калифорнии, высота

растений 90 см, устойчив к болезням, полеганию, масса 1000 зерен — 39 г, урожайность — 386 г/м², у стандарта 210 г/м²;

Безостая 1 к-42790 (Россия) — скороспелый, устойчив к полеганию, высота 105 см, поражение ржавчинными болезнями в средней степени, масса 1000 зерен — 37,8 г, урожайность — 200 г/м², у стандарта — 210 г/м²;

Одесская 3 к-38441 (Украина) — среднеспелый, высота 95 см, устойчив к полеганию, поражение ржавчинными болезнями в средней степени, масса 1000 зерен — 35,1 г, урожайность — 220 г/м², у стандарта — 210 г/м².

Таким образом, анализ на засухоустойчивость коллекционных образцов из Мировой коллекции ВИР выявил генотипы, имеющие высокую устойчивость к засухе из Германии (первое место), единичные образцы из Италии, США и России. Выделенные образцы представляют ценность для практического использования в селекции. На их основе созданы засухоустойчивые и высокопродуктивные сорта для Российской Федерации.

Еще одним острозасушливым годом с 1972 года стал 2010. Средняя температура вегетационного периода была на 6,5°C (22,9°C) выше нормы (16,4°C). В мае погодные условия благоприятствовали росту и развитию растений озимой пшеницы — температура воздуха соответствовала среднемуголетнему значению (14,2...14,5°C). С 18 июня до 3 сентября осадков не было. Температура воздуха в Московской области в июне составила 33°C, июле — до 38°C, августе — 39,7°C (средняя многолетняя — 18,2, 20,5 и 19,0 соответственно). Гидротермический коэффициент — 0,8. Отсутствие осадков, а также аномально высокая температура воздуха препятствовали нормальному развитию и наливу зерна пшеницы. Полная спелость коллекционных образцов наступила 10...15 июля, почти на месяц раньше оптимального срока. В условиях жесткой атмосферной засухи проводили оценку коллекции на засухоустойчивость. Всего проанализировано 500 образцов из разных стран. Отмечены 42 образца озимой

Таблица 2.
Наиболее урожайные сорта озимой пшеницы из Германии в 1972 году

№ каталога ВИР	Сорт	Урожай зерна с 2 м ² , г
43920	<i>Мироновская 808</i>	480
44858	<i>Steiners Strusi</i>	492
39583	<i>Golland</i>	456
40914	<i>Frankensteiner Brauner</i>	440
40477	<i>Goldene Aue</i>	432
26353	<i>Stiegler 22</i>	432
185	<i>Heines Feverson</i>	428
1672	<i>Shiriffs</i>	428
6290	<i>Kujavischer Weisses Kolben</i>	420
43054	<i>St 3876/50</i>	420
26403	<i>Lohmanns Beseler III</i>	412
26205	<i>Cimbals Grossherzog V.Sachz</i>	412
26228	<i>BensingsTrotzkopf</i>	408
26310	<i>Berkners Continental Dickkopf 95</i>	408
26354	<i>Liessau</i>	408

пшеницы, из них 14 характеризовались высоким урожаем (табл. 3).

Засуха — один из наиболее комплексных и разрушительных абиотических стрессоров земледелия во многих странах мира. В европейской части России за 50 лет изучения мирового генофонда озимой пшеницы засуха была в 1972 и 2010 годах. Длилась она с середины до конца вегетационного периода. Некоторые исследователи отмечали наступление засухи в начале, середине или конце вегетации и разную степень интенсивности. [4, 14, 10] Фотосинтез невозможен без воды и его чистая продуктивность лимитируется наличием доступной влаги в почве. На дефицит воды отрицательно реагируют любые сорта, в том числе засухоустойчивые.

Селекцию на устойчивость к засухе нельзя рассматривать отдельно от технологии растениеводства, главная задача которой — накопление и сбережение влаги в почве. В условиях долговременной засухи урожайность определяется и лимитируется ресурсами предпосевной воды в почве.

Засуха и жара влияют на урожайность, мукотомольные качества зерна и хлебопекарные свойства муки, а также крупность, выполненность и натурную массу зерна, выход муки. [10, 15] В засушливые годы содержание белка в зерне и муке повышалось до 17...19% и более, клейковины — 45...50%. Экстремальная температура воздуха более 34...35°C в период налива зерна влияет на экспрессию генов различных групп запасных белков между глютелинами и глиадинами. [12, 13, 15]

Глобальное потепление климата и экстремальная засуха 2010 года вызывают беспокойство за производство зерна и другой растениеводческой продукции. Для современных условий нужны сорта, более эффективно использующие воду не только в засушливые, но и влажные годы. Решение этой задачи невозможно без обогащения пшеницы генами местных стародавних сортов, контролирующей устойчивость к комплексу вредителей и фитопатогенам, толерантность к экстремальной температу-

ре, высокую урожайность и качество зерна, а также технологичность выращивания. Традиционная рекомбинационная селекция остается фундаментом для молекулярных технологий создания новых сортов и гибридов при использовании генофонда лучших генотипов из Мировой коллекции пшеницы ВИР.

Погодные условия 2010 года показали актуальность селекции озимой и яровой пшеницы на засухоустойчивость.

Ниже приводим особо ценные, выделившиеся по уровню засухоустойчивости, коллекционные образцы из Мировой коллекции ВИР. [6] В России они уже находятся в селекционном процессе.

1. **к-64061 Taroz** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 43,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 680 г/м² (68 ц/га), в процентах к стандарту — 141,8.

2. **к-64065 Taras** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 43,5 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 670 г/м² (67 ц/га), в процентах к стандарту — 139,6.

3. **к-64062 Tarmer** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 90 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 42,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 665 г/м² (66,5 ц/га), в процентах к стандарту — 138,5.

4. **к-64060 Tazit** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 85 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 42,7 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 660 г/м² (66 ц/га), в процентах к стандарту — 137,5.

5. **к-57008 TAW 7032/74** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 36,0 г. Поражение мучнистой

Таблица 3.

Засухоустойчивые и высокоурожайные образцы озимой пшеницы из генофонда ВИР, 2010 год

№ каталога ВИР	Происхождение	Сорт	Масса зерна с 1 м ² , г
Стандарт	Московская обл. НИИСХ ЦРНЗ	Московская 39	475
64065		Taras	670
62062	Германия	Gabo 54	665
57008		TAW 7032/74	655
54633	Московская обл.	Ферругинеум 737/76	640
64061	Германия	Taroz	630
54131	Швеция	SV 71536	630
55971	Курская обл.	Л-1749	620
57222	Германия	Severin	620
54635	Московская обл.	Лютесценс181/75	615
54689		Лютесценс12424/74	615
64054	Польша	Juma	615
55801	Курская обл.	Лютесценс 12	600
55315	Швеция	WW 71919	600
55246		Sture	600

Масса 1000 зерен — 43,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 590 г/м² (59 ц/га), в процентах к стандарту — 122,9.

19. **к-54657 *Erytrospermum* 543/75** (Московская обл.), разновидность — *erytrospermum*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 7 баллов. Масса 1000 зерен — 42,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 590 г/м² (59 ц/га), в процентах к стандарту — 122,9.

20. **к-58831 *Лютесценс* 398** (Воронежская обл.), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7+. Высота растений перед уборкой — 100 см. Устойчивость к полеганию — 7 баллов. Масса 1000 зерен — 46,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 585 г/м² (58,5 ц/га), в процентах к стандарту — 121,8.

21. **к-55233 *Maris Marksman*** (Англия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 90 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 34,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 580 г/м² (58 ц/га), в процентах к стандарту — 120,1.

22. **к-58188 *FAW* 34727/75** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 90 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 39,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 575 г/м² (57,5 ц/га), в процентах к стандарту — 119,9.

23. **к-54129 *Skjaldar*** (Норвегия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 100 см. Устойчивость к полеганию — 7 баллов. Масса 1000 зерен — 39,5 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 580 г/м² (58 ц/га), в процентах к стандарту — 120,1.

24. **к-57580 *Liwilla*** (Польша), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 39,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 575 г/м² (57,5 ц/га), в процентах к стандарту — 119,9.

25. **к-54668 *Лютесценс* 444/73** (Московская обл.), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 100 см. Устойчивость к полеганию — 7 баллов. Масса 1000 зерен — 40,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 570 г/м² (57 ц/га), в процентах к стандарту — 118,7%.

26. **к-64059 *Roti*** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7+. Высота растений перед уборкой — 75 см. Устойчивость к полеганию — 7 баллов. Масса 1000 зерен — 42,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 565 г/м² (56,5 ц/га), в процентах к стандарту — 117,7.

27. **к-64063 *Orbis*** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7+. Высота растений перед уборкой — 90 см. Устойчивость к полеганию — 7 баллов. Масса 1000 зерен — 44,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 565 г/м² (56,5 ц/га), в процентах к стандарту — 117,7.

28. **к-55337 *Carstacht*** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 37,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 565 г/м² (56,5 ц/га), в процентах к стандарту — 117,7.

29. **к-54705 *Maris Kinsman*** (Англия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7+. Высота растений перед уборкой — 110 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 46,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 555 г/м² (55,5 ц/га), в процентах к стандарту — 115,6.

30. **к-55322 *WW* 72074** (Швеция), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7+ баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 7+; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 110 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 39,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 550 г/м² (55 ц/га), в процентах к стандарту — 114,6.

31. **к-56289 *Hvede Sarah*** (Дания), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 7; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен —

40,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 550 г/м² (55 ц/га), в процентах к стандарту — 114,6.

32. **к-56872 Helge** (Швеция), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 100 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 38,7 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 550 г/м² (55 ц/га), в процентах к стандарту — 114,6.

33. **к-57235 Donata** (Нидерланды), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 65 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 38,1 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 550 г/м² (55 ц/га), в процентах к стандарту — 114,6.

34. **к-64027 Bussard** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 100 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 40,0 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 545 г/м² (54,5 ц/га), в процентах к стандарту — 113,5.

35. **к-64028 Faktor** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7+. Высота растений перед уборкой — 85 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 42,1 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 545 г/м² (54,5 ц/га), в процентах к стандарту — 113,5.

36. **к-55313 WW 71822** (Швеция), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 85 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 35,2 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 540 г/м² (54,0 ц/га), в процентах к стандарту — 112,5.

37. **к-64025 Muck** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 100 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 40,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 535 г/м² (53,5 ц/га), в процентах к стандарту — 111,5.

38. **к-54823 Linos** (Германия), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 105 см. Устойчивость к полеганию — 7+. Масса 1000 зерен — 43,7 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 535 г/м² (53,5 ц/га), в процентах к стандарту — 111,5.

39. **к-55218 C 975/69** (Польша), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7 баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 90 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 42,6 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 535 г/м² (53,5 ц/га), в процентах к стандарту — 111,5.

40. **к-54563 Лютеценс 755/76** (Московская обл.), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 9. Высота растений перед уборкой — 95 см. Устойчивость к полеганию — 7+ баллов. Масса 1000 зерен — 35,8 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 535 г/м² (53,5 ц/га), в процентах к стандарту — 111,4.

41. **к-55321 WW 72073** (Швеция), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 7+ баллов. Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7. Высота растений перед уборкой — 85 см. Устойчивость к полеганию — 9 баллов. Масса 1000 зерен — 39,4 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 530 г/м² (53,0 ц/га), в процентах к стандарту — 110,0.

42. **к-55306 Sp. 01750** (Швеция), разновидность — *lutescens*.

Зимостойкость — 9 баллов (высокая). Оценка состояния растений по фазам развития в баллах: перед уходом в зиму — 9; после перезимовки — 9; перед уборкой — 7-. Высота растений перед уборкой — 85 см. Устойчивость к полеганию — 9- баллов. Масса 1000 зерен — 34,5 г. Поражение мучнистой росой и бурой ржавчиной — сильное. Урожайность — 530 г/м² (53,0 ц/га), в процентах к стандарту — 110,0.

Урожайность перечисленных образцов приводится в сравнении со стандартом *Московская 39* (в среднем с 14 делянок по 2 м² — 48,0 ц/га).

Выводы. Любая селекционная программа, в том числе и создание засухоустойчивых сортов, требует разнообразного и хорошо изученного материала, который сосредоточен в Мировой коллекции ВИР. Успех может быть обеспечен при большом объеме гибридизационных работ, поэтому для скрещиваний следует привлекать разнообразный генетический материал и вести целенаправленный отбор на гомеостаз, на фоне которого будет идти объединение генов засухоустойчивости, урожайности, массы 1000 зерен, устойчивости к болезням. В наших исследованиях самый высокий процент устойчивых к засухе форм был найден среди пшеницы из Германии и России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 488 с.
2. Вавилов Н.И. Мировые ресурсы засухоустойчивых сортов / Доклады Всесоюзной конференции по борьбе с засухой. Л.: ВИР, бюл. № 2, 1931. С. 18–28.
3. Градчанинова О.Д., Филатенко А.А. и др. Изучение коллекции пшеницы / Методические указания. Л.: ВИР, 1985. 26 с.
4. Крупнов В.А. Засуха и селекция пшеницы: системный подход. Сельскохозяйственная биология. 2011. № 1. С. 12–23.
5. Мережко А.Ф., Удачин Р.А., Зуев Е.В. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания. СПб.: ВИР, 1999. 81 с.
6. Темирбекова С.К., Черемисова Т.Д., Куликов И.М. и др. Исходный материал озимой пшеницы для «идеала сорта» по Н.И. Вавилову на устойчивость к абиотическим и биотическим стрессовым факторам Центрального региона РФ. М.: ВСТИСП, 2020. С. 108.
7. Федорин Ю.В., Сотников В.П., Егоренков Л.И. Почвы сельскохозяйственных угодий СССР: научное издание. М.: Колос, 1981. 199 с.
8. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. Л.: 1989. 43 с.
9. Blumenthal C.S., Barlow E.W.R., Wrigley C.W. Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. J. Cereal Sciences. 1993. Vol. 18. PP. 3–21.
10. Chen J., Lin L., Lu G. An index of soil drought intensity and degree: An application on corn and a comparison with CWSI. Agric. Water Management. 2010. Vol. 97. PP. 865–871.
11. Guttieri M.J., Stark J.C., O'Brien K., Souza E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Sciences. 2001, Vol. 41. PP. 327–335.
12. Irmac S., Naaem H.A., Lookhart G.L., Mac Ritchele F. Effect of heat stress on wheat proteins during kernel development in wheat nearisogenic lines differing at Glu-D1. J. Cereal Sci. 2008. Vol. 48. PP. 513–516.
13. Krupnov V.A., Germantsev L.A., Krupnova O.V. The effect of a temperature increase on the grain weight of the spring wheat in the Volga Regions. Annual Wheat Newsletter (USA). 2001. Vol. 47. 145 p.
14. Passioura J.B. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. J. Exp. Bot. 2007. V. 58. PP. 113–117.
15. Tribol E., Martre P., Tribol-Blondel A.M. Environmentally induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. I. Exp. Bot. 2003. Vol. 54. PP. 1731–1742.

REFERENCES

1. Budyko M.I. Evolyuciya biosfery. L. Hidrometeoizdat 1984. 488 s.
2. Vavilov N.I. Mirovye resursy zasuxoustojchivyx sortov Doklady Vsesoyuznoj konferencii po borbe s zasuxoj. L. VIR byul. 2 1931. S. 18–28.
3. Gradchaninova O.D., Filatenko A.A. i dr. Izuchenie kolekcii pshenicy Metodicheskie ukazaniya. L. VIR 1985. 26 s.
4. Krupnov V.A. Zasuxa i selekciya pshenicy sistemnyj podxod. Selskoxozyajstvennaya biologiya. 2011. 1. S. 12–23.
5. Merezko A.F., Udachin R.A., Zuev E.V. i dr. Popolnenie soxranenie v zhivom vide i izuchenie mirovoj kolekcii pshenicy egilopsa i tritikale. Metodicheskie ukazaniya. SPb. VIR 1999. 81 s.
6. Temirbekova S.K., Cheremisova T.D., Kulikov I.M. i dr. Isxodnyj material ozimoy pshenicy dlya «ideala sorta» po N.I. Vavilovu na ustojchivost k abioticheskim i bioticheskim stressovym faktoram Centralnogo regiona RF. M VSTISP 2020. S. 108.
7. Fedorin Yu.V., Sotnikov V.P., Egorenkov L.I. Pochvy selskoxozyajstvennyx ugodij SSSR nauchnoe izdanie. M. Kolos 1981. 199 s.
8. Shirokij unificirovannyj klassifikator SEV roda *Triticum* L. L. 1989. 43 s.
9. Blumenthal C.S., Barlow E.W.R., Wrigley C.W. Growth environment and wheat quality the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. J. Cereal Sciences. 1993. Vol. 18. PP. 3–21.
10. Chen J., Lin L., Lu G. An index of soil drought intensity and degree An application on corn and a comparison with CWSI. Agric. Water Management. 2010. Vol. 97. PP. 865–871.
11. Guttieri M.J., Stark J.C., O'Brien K., Souza E. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Sciences. 2001 Vol. 41. PP. 327–335.
12. Irmac S., Naaem H.A., Lookhart G.L., Mac Ritchele F. Effect of heat stress on wheat proteins during kernel development in wheat nearisogenic lines differing at Glu-D1. J. Cereal Sci. 2008. Vol. 48. PP. 513–516.
13. Krupnov V.A., Germantsev L.A., Krupnova O.V. The effect of a temperature increase on the grain weight of the spring wheat in the Volga Regions. Annual Wheat Newsletter (USA). 2001. Vol. 47. 145 p.
14. Passioura J.B. The drought environment physical biological and agricultural perspectives. J. Exp. Bot. 2007. V. 58. PP. 113–117.
15. Tribol E., Martre P., Tribol-Blondel A.M. Environmentally induced changes in protein composition in developing grains of wheat are related to changes in total protein content. I. Exp. Bot. 2003. Vol. 54. PP. 1731–1742.

Поступила в редакцию 24.01.2023

Принята к публикации 07.02.2023