

УДК 633.112.1:547.979.7

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОБРАЗЦАХ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*T. DURUM DESF.*) И УСТОЙЧИВОСТЬ ИХ К БОЛЕЗНЯМ

Абышова Х.Ш., Алиев Р.Т., Абдуллаева Л.С., Садыгова С.Б., Керимова А.М.

*Институт генетических ресурсов Министерства науки и образования
Азербайджанской Республики, Баку, e-mail: abishova.xayala@mail.ru*

Проведенное исследование было осуществлено на 40 образцах твердой пшеницы с целью определения устойчивости различных генотипов к стрессам (засухе, засолению), а также изучения технологических, биохимических показателей, проламиновых белков, запасных белков глиадин и клейковины. Была проведена фитопатологическая оценка на устойчивость к грибковым заболеваниям. Среди изученных образцов твердой пшеницы (*T. durum Desf.*), 5 образцов – 018 к-64 v. *Melanopus*, 016 к-5 v. *Leucomelan*, 016 к-50 v. *Obscurum*, 014 к-12 v. *Hordeiforme*, 014 к-199 v. *Leucomelan* – были выбраны как обладающие высокой устойчивостью к засухе и засолению. По технологическим показателям (стекловидность, масса 1000 зерен, по количеству и качеству клейковины, количеству белка), 9 образцов: BBFS-016к-11 v. *Hordeiforme*, BBFS-018к-8 v. *Murciense*, BBFS-018к-14 v. *Obscurum*, BBFS-019к-42 v. *Affine*, BBFS-019к-90 v. *Murciense*, BBFS-014к-12 v. *Hordeiforme*, BBFS-014к-183 v. *Albo provinsale*, сорт Баракатлы-95 проявились высокоустойчивыми. У изученных образцов твердой пшеницы можно проследить связь между устойчивостью к болезням желтой и бурой ржавчины, содержанием хлорофилла в стрессовых условиях и технологическими показателями. Так, образец BBFS-018к-14 v. *Obscurum* по этим показателям проявил себя как устойчивый ко всем трем параметрам. Изучая устойчивость по технологическим и физиологическим показателям, обнаружили, что высокоустойчивым оказался образец BBFS-014к-12 v. *Hordeiforme*, который можно использовать в селекции на качество зерна. Образцы, устойчивые к стрессовым факторам (засухе, засолению), можно выращивать в подходящих регионах и использовать в качестве родительских форм в селекционных работах.

Ключевые слова: пшеница, стресс, засуха, засоление, клейковина, стекловидность, устойчивость к болезням, содержание белка

STUDY OF TECHNOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF HARD WHEAT (*T. DURUM DESF.*) SAMPLES AND THEIR RESISTANCE TO DISEASES

Abyshova Kh.Sh., Aliev R.T., Abdullaeva L.S., Sadygova S.B., Kerimova A.M.

ANAS Genetic Resources Institute, Baku, e-mail: abishova.xayala@mail.ru

The study was carried out on 40 samples of durum wheat. The purpose of the study was to determine the resistance of various durum wheat genotypes to stress (drought, salinity), determine technological, biochemical parameters, protein markers of prolamins, storage proteins gliadin and gluten. A phytopathological assessment was carried out for resistance to fungal, bacterial and viral diseases. Of the forty studied durum wheat (*T. durum Desf.*), five samples (018 k-64v.*Melanopus*, 016 k-5v. *Leucomelan*, 016 k-50 v.*Obscurum*, 014 k-12v. *Hordeiforme*, 014 k-199 v.*Leucomelan*) – selected as highly resistant to both drought and salt stress. According to technological indicators (vitreousness, weight of 1000 grains, quantity and quality of gluten, amount of protein), 9 samples: BBFS-016k-11 v. *Hordeiforme*, BBFS- 018k-8 v.*Murciense*, BBFS- 018k-14 v.*Obscurum*, BBFS- 019k-42 v.*Affine*, BBFS- 019k-90 v.*Murciense*, BBFS- 014k-12 v. *Hordeiforme*, BBFS-014k-183 v.*Albo provinsale*, Barakatly-95 is highly resistant. It is also possible to trace the connection between resistance to yellow and brown rust diseases, chlorophyll content under stressful conditions and technological indicators in the durum wheat samples we studied. Thus, the sample BBFS-018к-14 v.*Obscurum*, according to these indicators, proved to be resistant to all three parameters. In a study on stability in terms of technological and physiological indicators, the sample BBFS-014к-12 v *Hordeiforme* turned out to be highly resistant which can be used in breeding for grain quality. Samples that are resistant to stress factors (drought, heat and salinity) can be planted in suitable regions and used as parent forms in breeding work.

Keywords: wheat, stress, drought, salinity, gluten, vitreousness, protein content, disease resistance

В настоящее время в мире нарастает пищевой кризис. Население земного шара растет, и еще быстрее растет потребность в продуктах питания. В то же время глобальное потепление полностью изменило климат на Земле. Среди главных стрессов абиотической природы, испытываемой растениями, необходимо также отметить засоление, жару, засуху, которые наблюдаются во всех климатических зонах [1]. Волны

жары, засухи, наводнения, не по сезону холодная погода и пасмурное лето – все это причины плохой урожайности. Неблагоприятные условия влияют на все стадии жизненного цикла растений. Ответ растений на стресс – это очень сложный процесс, включающий в себя взаимодействие между различными молекулярными, биохимическими и физиологическими процессами, контролирующийся генетической системой

клеток растительного организма. Формирование устойчивости растений к стрессу, в частности к засухе, жаре, засолению, зависит от структуры и функции генетического аппарата растений и молекулярных механизмов их регулирования. Поэтому наиболее важным аспектом является раскрытие закономерностей стрессовых воздействий на уровне генома.

С этой точки зрения одной из актуальных проблем является поиск и изучение различных засухоустойчивых, солеустойчивых генотипов, что в сочетании с разработкой методов выявления молекулярно-генетического потенциала растительных ресурсов значительно ускорит селекционные работы в данном направлении [2].

Пшеница – одна из основных зерновых культур в мире. Постоянный рост потребности в ней требует дальнейшего повышения продуктивности. Однако генетический потенциал продуктивности в значительной степени исчерпан. Наряду с созданием более урожайных сортов необходимым является повышение их устойчивости к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам внешней среды [3].

Как известно, Азербайджан является одним из очагов происхождения зерновых, злаковых, бобовых и т.д. На повышение темпов сельскохозяйственного производства, обусловленного возрастающим потреблением населением продуктов питания, республика тратит около 130–140 млн долл. в год. Если иметь в виду ежегодный прирост населения и усиление стрессовых факторов в ближайшем будущем, наша республика может ощутить недостаток в зерне и других продуктах питания [4].

Поэтому необходимо увеличивать общие урожаи продовольственных культур, а также создавать новые устойчивые к действию стресса высокоурожайные сорта, улучшать и распространять существующие виды и разновидности пшеницы, веками создаваемые природой, народом и путем селекции, рационально использовать их на благо человечества. Важной задачей ученых является выявление засухоустойчивых, солеустойчивых генотипов сельскохозяйственных растений и изучение молекулярно-генетических основ устойчивости.

Цель исследования – определение технологических, биохимических показателей, белковых маркеров проламинов, запасных белков глиадина и клейковины, а также определение изменения в листьях количественного содержания хлорофилла *a* и *b* у различных сортов твердой пшеницы (*T. durum Desf.*) под действием стресса (засухи, засоления) и устойчивость их к болезням.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в 2023 г. в лаборатории физиологии растений. Объектами исследования служили 40 образцов твердой пшеницы (*T. durum Desf.*), взятые из коллекции генетического банка Института генетических ресурсов Министерства науки и образования Азербайджана. Для повышения оценки устойчивости растений к неблагоприятным факторам, в частности к засухе и солевому стрессу, было исследовано изменение в листьях количественного содержания хлорофилла *a* и *b*.

Исследования устойчивости растений к засухе проводили по степени стресс-депрессии фотосинтетического пигментного комплекса (содержание общей суммы хлорофилла) в растворе осмотика (сахарозы 20 атм, соли 14 атм). Оценку устойчивости растений к засухе, солевому стрессу, по величине снижения концентрации пигментов проводили, используя высечки листьев, помещенные в пробирки с раствором осмотика (сахарозы), с раствором осмотика (соли) и водой (контроль), после чего для экстракции пигментов материал помещали в пробирки с 10 мл 96% этанола. С помощью современного спектрофотометра (UV-3100РС, Япония) устанавливалась величина оптической плотности (*D*) хлорофилла *a* и *b* в общей смеси пигментов при двух длинах волны ($D_{665,649}$), соответствующих максимумам поглощения пигментов в данном растворе. По полученным данным было рассчитано отношение (в процентах) концентрации пигментов в высечках листьев на растворах осмотика (опыт) к концентрации их в воде (контроль). Это отношение и является мерой для определения относительной засухоустойчивости сравниваемых объектов – оно тем выше, чем больше засухоустойчивость и солеустойчивость растений [5].

Также были исследованы стекловидность зерна и масса 1000 зерен, количество и качество клейковины [6, с. 139–142]. Качество клейковины оценивали по устойчивости и растяжимости муки. Проводили изучение содержания общего азота, полиморфизм запасных белков глиадина. Также проводили экстракцию и электрофоретический анализ в полиакриламидном геле [6–8]. Кроме того, проведена фитопатологическая оценка на устойчивость к болезням [9].

Результаты исследования и их обсуждение

Пигментный комплекс относится к числу систем, отличающихся значительной чувствительностью к изменяющимся условиям среды. При ухудшении водообеспеченно-

сти, вызванном стрессами (засуха, засоление), происходит деструкция хлоропластов, повышается гидролитическая активность хлорофиллазы, нарушается синтез хлорофилла *a* и *b*, изменяется прочность связей в хлорофилл-белково-липоидном комплексе пластиды. Поэтому немаловажная роль в приспособлении устойчивости растений к неблагоприятным факторам принадлежит структурным элементам пластидного аппарата, в частности хлорофилла, обеспечивающей его функциональную активность в экстремальных условиях окружающей среды [10].

Были проведены физиологические, технологические и биохимические исследования на 40 образцах твердой пшеницы (*T. durum* Desf.). С этой целью изучены изменения количества хлорофилла и каротиноидов под действием абиотических стрессов (засуха, засоление). Были взяты растения, выращенные в полевых условиях, в фазе колошение. Как видно на рис. 1, шесть образцов – 018 к-64 v. *Melanopus*, 016 к-5 v. *Leucomelan*, 016 к-50 v. *Obscurum*, 014 к-12 v. *Hordeiforme*, 014 к-147, 014 к-199 v. *Leucomelan* – являются высокоустойчивыми к засухе. Так, изменение количества хлорофилла под влиянием засухи в этих образцах составило от 103,0 до 147,0%, степень стресс-депрессии хлорофилла составила 0%.

14 образцов: Сорт Карабах 273, 016 к-11 v. *Hordeiforme*, 016 к-49 v. *Niloticum*, 018 к-14 v. *Obscurum*, 019 к-103v. *Erythromelan*, 014 к-43 v. *Erythromelan*, 019 к-73v. *Mut. hordeiforme*, 019 к-23v. *Leucomelan*, 014 к-12 v. *Hordeiforme*, 017 к-64 v. *Murciencia*, 017 к-76v. *Melanopus*, 017 к-83 v. *Aegeptecum*, 014 к-108, 019 к-4 v. *Murciencia* – засухоустойчивые, остальные были отобраны как среднеустойчивые. Степень стресс-депрессии хлорофилла полностью отсутствовала.

21 образец – 016 к-5 v. *Leucomelan*, 016 к-50 v. *Obscurum*, 017 к-64 v. *Murciencia*, 017 к-76 v. *Melanopus*, 016 к-49 v. *Niloticum*, 018к-64v. *Melanopus*, 019к-33v. *Alboprovisale*, 014 к-108, 019 к-103v. *Erythromelan*, 019 к-4v. *Murciencia*, 019 к-73v. *Mut. Hordeiforme*, 014 к-12v. *Hordeiforme*, 019 к-42v. *Affine*, 019 к-90v. *Murciencia*, Сорт Баракатлы 95 275, 014 к-148v. *Melanopus*, 18к-8v. *Murciencia*, 018 к-14v. *Obscurum*, 014 к-149v. *Mut. melanopus*, 014 к-199v. *Leucomelan*, 014 к-43v. *Erythromelan* выбраны как высокоустойчивые к соли. Изменения количества хлорофилла под действием NaCl наблюдались от 100 до 131,0% (рис. 2).

11 образцов – 016 к-11 v. *Hordeiforme*, сорт Карабах 273, 017 к-5 v. *Hordeiforme*, 017 к-62 v. *Affine*, 017 к-83 v. *Vaegeptecum*, 018 к-26 v. *Niloticum*, 019 к-39 v. *Lyubicum*, 019к-40v. *Melonolucurum*, 019к-23v. *Leucomelan*, 014 к-147, 014 к-194 v. *Courulescence* – оцениваются как солеустойчивые. Семь образцов – 016к-63 v. *Albuprovisale*, 018к-73 v. *Mut. Apulicum*, 019к-38 v. *Vaegeptecum*, 019 к-100 v. *Murciencia*, 019 к-48(8) v. *Melanopus*, 014 к-183 v. *Albuprovisale*, 014 к-72 v. *Hordeiforme* – выбраны как умеренно устойчивые к стрессу засоления. Среди них никаких чувствительных образцов обнаружено не было.

Результатами исследования выявлено, что среди 40 образцов твердой пшеницы (*T. durum* Desf.) пять образцов – 018 к-64 v. *Melanopus*, 016 к-5 v. *Leucomelan*, 016 к-50 v. *Obscurum*, 014 к-12 v. *Hordeiforme*, 014 к-199 v. *Leucomelan* – выбраны как обладающие высокой устойчивостью и к засухе, и к солевому стрессу. Количество каротиноидов в листьях 40 образцов твердой пшеницы (*T. durum* Desf.), под воздействием стрессов (засуха и соль) были относительно высокими по сравнению с показателями содержания хлорофилла (рис. 3).

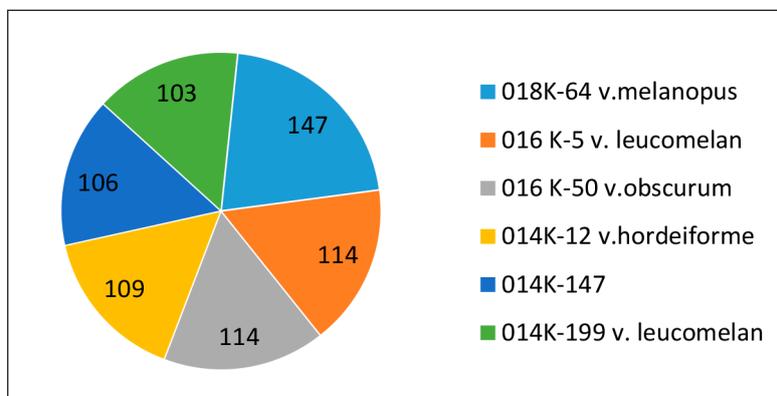


Рис. 1. Изменение в листьях содержания хлорофилла под действием стресса (засуха) у 6 образцов пшеницы

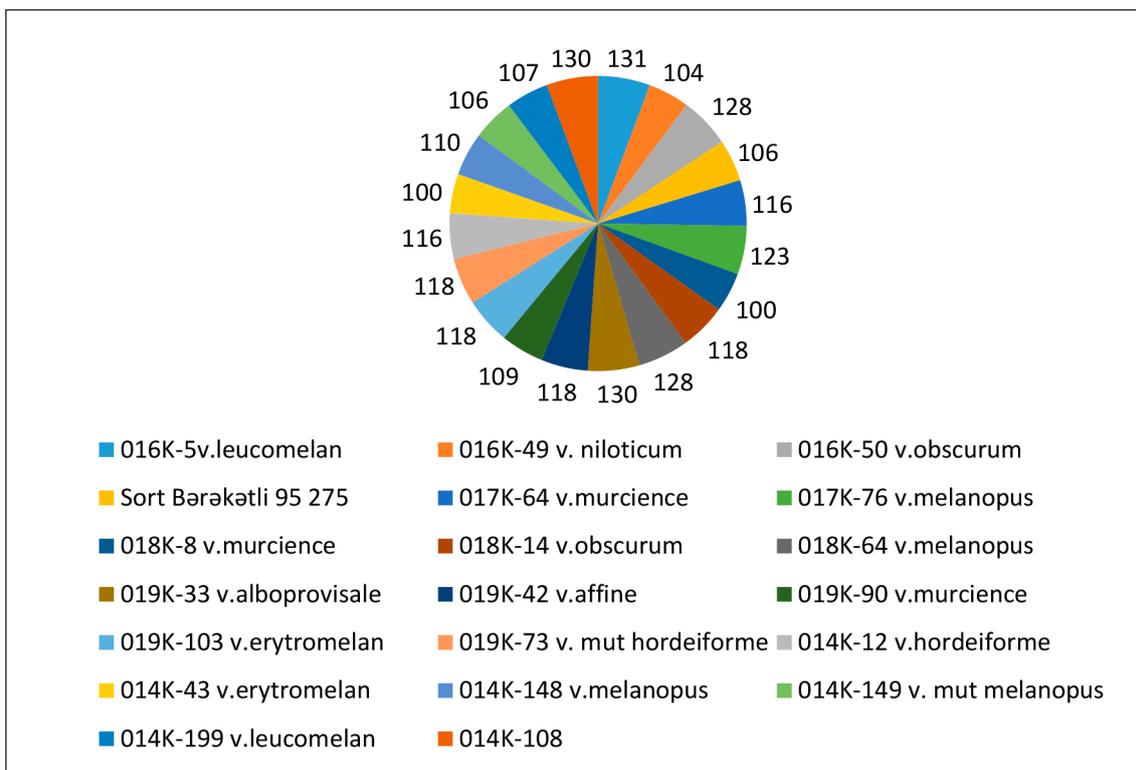


Рис. 2. Изменение в листьях содержание количество хлорофилла под действием стресса (засоление) у 21 образца пшеницы

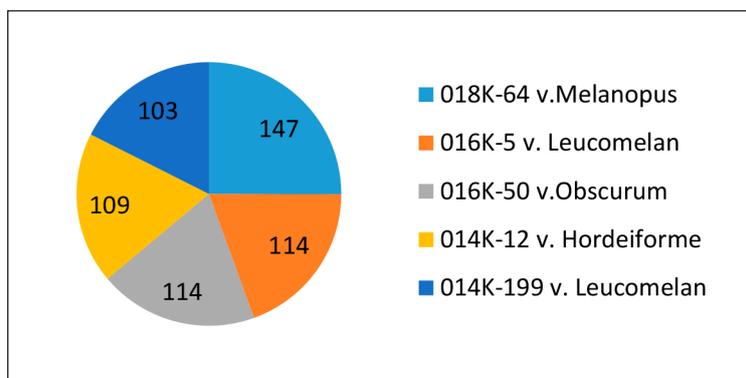


Рис. 3. Пять образцов, обладающих высокой устойчивостью как к засухе, так и к соли

В следующих исследованиях были изучены некоторые технологические показатели твердой пшеницы. Был проведен электрофоретический анализ физических показателей генотипов пшеницы, количества и качества клейковины, по признаку стекловидности, содержания общего азота, глина и резервных белков клейковины.

Из 40 изученных образцов твердой пшеницы только у 9 была зафиксирована 83–99%-ная стекловидность. По массе 1000 зерен этот показатель составил 42,0–50,0 г.

По результатам анализа количество клейковины в некоторых образцах: BBFS- 016k-11 v. *Hordeiforme*, BBFS-018k-8 v. *Murciense*, BBFS-018k-14 v. *Obscurum*, BBFS-019k-42 v. *Affine*, BBFS-019k-90 v. *Murciense*, BBFS-014k-12 v. *Hordeiforme*, BBFS- 014k-183 v. *Albo. provinsale*, сорт Баракатлы-95 находилось в пределах 26–42%. По растяжимости муки качество клейковины колеблется от 8 до 12 см, у некоторых образцов ниже на 5 см. Количество общего белка составило 12–18,9%.

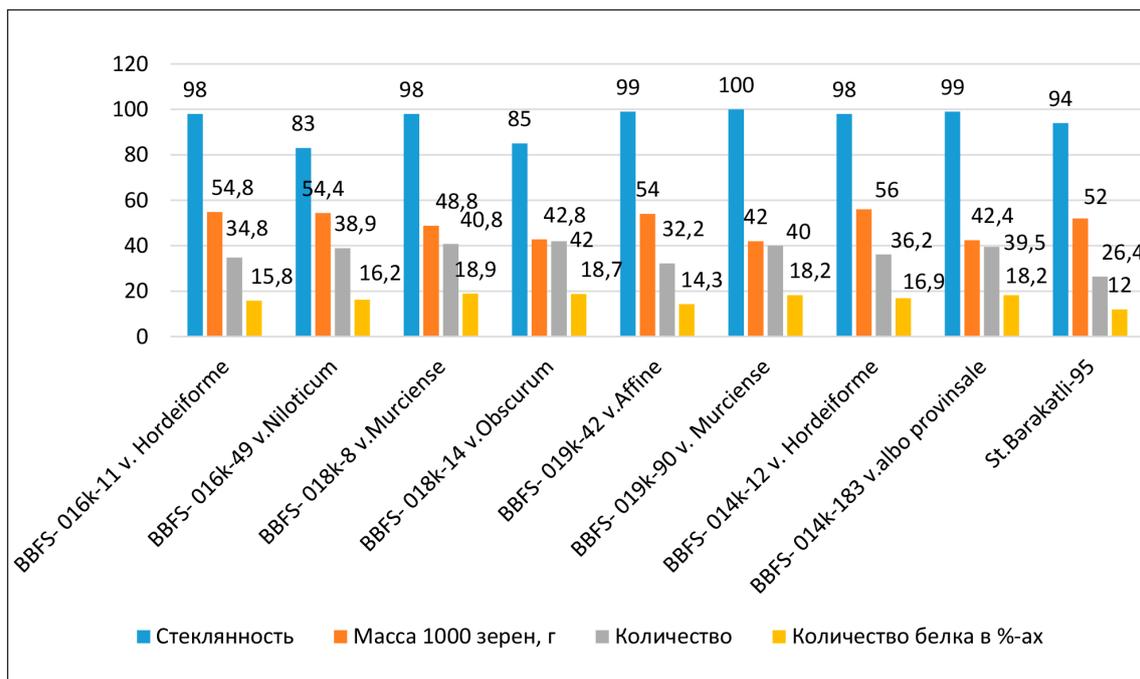


Рис. 4. Технологические показатели у 9 образцов твердой пшеницы

Также был проведен электрофоретический анализ зерен на 40 образцах твердой пшеницы. В результате электрофоретического анализа запасные белки проламина условно разделяют на четыре зоны – это ω -, γ -, β - и α -глиадины. В исследовании были изучены блоки аллельных компонентов по 4 локусам 40 образцов твердой пшеницы. Генетическая идентификация изученных образцов проводилась на основании стандартного каталога локусов Gli 1A, Gli 1B, Gli 6A и Gli 6B. По результатам электрофоретического анализа у образцов твердых пшениц идентифицированы известные блоки аллельных компонентов локусов, кодирующих глиадин. Каталог, составленный по классификации белков, дополняется, совершенствуется, что создает возможности для создания новых сортов. Кроме того, на основе технологического анализа определяется качество исследуемых образцов и значимость в сельском хозяйстве.

Из 40 образцов твердой пшеницы по технологическим показателям (стекловидность, масса 1000 зерен, по количеству и качеству клейковины, количеству белка), 9 образцов: BBFS- 016k-11 v. *Hordeiforme*, BBFS- 018k-8 v. *Murciense*, BBFS- 018k-14 v. *Obscurum*, BBFS-019k-42 v. *Affine*, BBFS-019k-90 v. *Murciense*, BBFS-014k-12 v. *Hordeiforme*, BBFS-014k-183 v. *Albo provinsale*, сорт Баракатлы-95 – являются высокоустойчивыми (рис. 4).

Также выявлена связь между устойчивостью к грибковым заболеваниям желтой и бурой ржавчины, содержанием количества хлорофилла в стрессовых условиях и технологическими показателями, у образцов твердой пшеницы (*T. durum Desf.*). Так, образец BBFS-018k-14 v. *Obscurum* проявил себя как устойчивый по комплексу этих признаков. По физиологическим и технологическим показателям образец BBFS-014k-12 v. *Hordeiforme* определен как высокоустойчивый, который можно использовать в селекции на качество зерна.

Заключение

Таким образом, выделенные в данной работе образцы твердой пшеницы 018 к-64 v. *Melanopus*, 016 к-5 v. *Leucomelan*, 016 к-50 v. *Obscurum*, 014 к-12 v. *Hordeiforme*, 014 к-199 v. *Leucomelan* представляет собой ценный исходный материал для селекции. Эти образцы, отобранные с высокой устойчивостью к стрессовым факторам, их можно высаживать в подходящих регионах и использовать в качестве доноров в селекционных работах на устойчивость к засухе и засолению.

Список литературы

1. Шихмурадов А.З. Характер наследования солеустойчивости у образцов твердой пшеницы (*Triticum durum Desf.*) Дагестанская ОС ВИР Россельхоз. Академии // Вестник социально-педагогического института. 2014. № 3 (11). С. 74-78.

2. Осипова С.В., Островская Р.М., Третьякова А.В. Генетические аспекты засухоустойчивости полиплоидных растений на примере пшеницы *Triticum aestivum* L. // Физиология растений. 2022. № 3. С. 272–285.
3. Белозерова А.А., Боме Н.А. Изучение реакции яровой пшеницы на засоление по изменчивости морфометрических параметров проростков // Фундаментальные исследования. 2014. № 12. С. 300–306.
4. Гаджиева Ш.И., Абышова Х.Ш., Рзаева С.П., Шейхзаманова Ф.А., Мамедова Г.А. Изменение количества хлорофилла и каротиноидов в образцах листьев твердой пшеницы (*T. durum* Desf) под действием стрессовых факторов (засуха, засоление): материалы VII Международной научно-практической конференции. Т. 2. Украина, 2023. С. 65–71.
5. Удовенко Г.В. Исследование физиологии устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Л., 1975. Т. 56. Вып. 1. С. 151–161.
6. Попереля Ф.А. Полиморфизм глиаина и его связь с качеством зерна, продуктивностью и адаптивными свойствами сортов мягкой озимой пшеницы. М.: Агропромиздат, 1989.
7. Панин В.М. Глиадины как генетические маркеры в генетике и селекции озимой твердой пшеницы // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 3. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=4680> (дата обращения: 30.04.2024).
8. Novoselskaya-Dragovich A.Yu., Bespalova L.A., Shishkina A.A., Melnik V.A., Upelnik V.P., Fisenko A.V., Dedova L.V., Kudryavtsev A.M. Genetic diversity of common wheat varieties at the gliadin-coding loci // Russ J Genet. 2015. № 51 (3). P. 324–333.
9. Клычников Е.С., Матвеева И.П., Волкова Г.В. Как желтая ржавчина поражает разные сорта пшеницы // Юный ученый. 2020. № 9 (39). С. 33–37.
10. Иванищев В.В., Жуков Н.Н. О взаимосвязи показателей водного обмена и фотосинтеза проростков тритикале при кратковременном действии хлорида натрия // Бултеровские сообщения. 2018. Т. 54. С. 134–139.