**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ
К ЗАСУШЛИВЫМ УСЛОВИЯМ ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО КAVKAZA**

*И. Р. Манукян, канд. биол. наук; М. А. Басиева, канд. с.-х. наук;
Е. С. Мирошникова, канд. с.-х. наук; В. И. Гасиев, канд. с.-х. наук;
Т. С. Абиева, канд. биол. наук*

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказского научного центра Российской академии наук, РСО-Алания, Россия, т. (88672) 23-04-20, e-mail: miririna.61@mail.ru

Северо-Кавказский регион производит пятую часть зерна в России. Получать стабильные высокие урожаи озимой тритикале в этом регионе не позволяют частые засухи. Их вероятность составляет 25-50 %. Кроме того, почти ежегодно, во второй половине вегетации посевы озимых зерновых в той или иной степени испытывают отрицательное воздействие дефицита влаги. Основным условием преодоления отрицательного влияния неблагоприятных факторов среды является создание и внедрение в производство высокопродуктивных и адаптированных к местным условиям сортов. В статье приведены результаты лабораторных и полевых исследований селекционного материала озимой тритикале на засухоустойчивость и продуктивность. Определение устойчивости растений к дефициту влаги проводили по способности семян прорасти на высокоосмотических растворах сахарозы. Оценка засухоустойчивости в полевых условиях проводилась по продуктивности сортов, в разные по влагообеспеченности годы, с использованием различных статистических методов. По результатам проведенных исследований относительной засухоустойчивостью и стабильной продуктивностью характеризовались сортообразцы: Гренадо, Гор, ПРАГ 506. Рекомендуются наиболее информативные и объективные методы оценки селекционного материала на засухоустойчивость. К ним относятся: лабораторный метод проращивания семян на осмотических растворах сахарозы и прямой способ расчета засухоустойчивости по индексу продуктивности растений.

Ключевые слова: озимая тритикале, селекционные индексы, засухоустойчивость, адаптивность, стрессоустойчивость.

Введение

В процессе селекции озимой тритикале на адаптивность к условиям предгорной зоны Северного Кавказа важно выделить засухоустойчивые генотипы растений, способные на первых этапах развития экономно использовать влагу в условиях ее недостатка, формировать высокую зерновую продуктивность во время почвенной и воздушной засухи.

Существует целая группа показателей, позволяющая напрямую оценить степень засухоустойчивости: по площади листового аппарата в период формирования и налива зерна, водоудерживающей способности листьев, длине coleoptilia, интенсивности транспирации и др. [1, 20]. К косвенным методам оценки относительной засухоустойчивости относится метод определения прорастания семян в растворе с повышенным осмотическим давлением, имитирующим недостаток воды (например, раствор сахарозы). Сорта, способные прорасти в условиях осмотического стресса и форми-

рующие мощную первичную корневую систему, в дальнейшем могут быть более засухоустойчивыми в естественных полевых условиях. Данный метод позволяет выделить перспективный материал с устойчивостью к засухе на ранних этапах органогенеза, что важно при селекции сортов озимых культур, устойчивых к осенней засухе [3, 6, 16, 19].

Методы и материалы

Опыты проводили на полях СКНИИГПСХ ВНИЦ РАН. Почва опытного участка представлена выщелоченным черноземом, подстилаемым галечником, который в большей степени способствует почвенной засухе.

Для оценки полевой засухоустойчивости была исследована структура продуктивности селекционного материала, полученного в засушливых 2017 и 2018 годах (ГТК 0,7; 1,1 соответственно), когда влагообеспеченность посевов в начале марта-апреля была ниже обычной, запасы продуктивной влаги в почве составляли 11-18 мм и составляли 65 и 78 % от нормы.

Материалом для исследований послужили пять образцов озимой тритикале. Фенологические наблюдения проводили по методике Госсортоиспытания [8]. Статистическую обработку результатов проводили по методике Б. А. Доспехова [4]. Генетическую гибкость $((Y_{\max} + Y_{\min})/2)$ определяли по А. А. Rossielle, J. Hemblin в изложении А. А. Гончаренко [2]. Индекс засухоустойчивости рассчитывали по формуле Фишера и Маурера (цит. по Янченко и др.) [12, 14, 18]:

$$DSI = (1 - Y/Y_p) / (1 - X/X_p),$$

где DSI – индекс засухоустойчивости; Y – урожайность сорта в засушливый год; Y_p – урожайность сорта в благоприятный год; X – средняя урожайность по всем сортам в засушливый год; X_p – средняя урожайность по всем сортам в благоприятный год.

При оценке генотип-средового взаимодействия по количественным показателям продуктивности использовали индекс продуктивности растений (ИПР) [7, 15, 17]:

$$ИПР = (ЧЗ \times ВЗ) / ДК,$$

где ЧЗ – число зерен, шт., ВЗ – вес зерна с колоса, г, ДК – длина колоса, см.

Оценку на засухоустойчивость проводили в лабораторных условиях по способности семян прорасти на высокоосмотических растворах сахарозы (10 %, 15 %, 20 %) [5, 9].

Результаты

Для оценки селекционного материала на засухоустойчивость нами был выбран метод проращивания семян на осмотических растворах сахарозы. Преимущество данного метода в его информативности.

В таблице 1 приведены результаты опыта по проращиванию семян озимой тритикале на растворах сахарозы концентрацией 10 % и 15 % с осмотическим давлением соответственно 600, 1000 кПа, имитирующих условия физиологической почвенной засухи. Метод позволяет на ранних этапах онтогенеза установить относительную засухоустойчивость селекционных образцов озимой тритикале по количеству проросших семян на растворах с высоким осмотическим давлением, а также количеству и длине корешков.

Семена исследуемых образцов на растворах сахарозы 10 % и 15 % не сформировали полноценных корешков и ростков, а лишь только проросли (наклюнулись). Всхожесть выше 60 % на растворе сахарозы 10 % показали образцы: Гренадо, Гор, ПРАГ 506. Длина корешков в контроле составила: 13,5; 12,6; 10,7 см соответствен-

но. Всхожесть выше 40 % показали образцы Самурай и Горка. Длина корешков в контрольном варианте составила: 12,1 и 10,6 см соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Оценка селекционных образцов озимой тритикале на относительную засухоустойчивость по способности семян прорасти на высокоосмотических растворах сахарозы

Сорто-образец	Контроль		10 %	15 %
	Всхожесть, %	Длина корешков, см	Всхожесть, %	
Гренадо	97,0	13,5	68,0	15,4
Самурай	96,0	12,1	60,0	15,0
Горка	95,0	10,6	49,3	16,0
ПРАГ 506	100,0	10,7	80,0	13,7
Гор	100,0	12,6	72,1	15,3
НСР ₀₅	1,2	0,17	1,8	1,1

Изучаемые сорта различались по продуктивности между собой и по годам. Урожайность выше 1 кг/м² в среднем за три года показали сортообразцы: Гренадо (1,17 кг/м²) и Гор (1,42 кг/м²). У этих сортов резких колебаний продуктивности по годам не наблюдалось, что является хорошим показателем генетической стабильности признака. Широкое колебание значения признаков в зависимости от условий среды является показателем нормы реакции и относится к модификациям [10, 11, 13].

Вариабельность продуктивности сортов как результат генотип-средового взаимодействия описывается формулой $(Y_{\max} + Y_{\min})/2$ и отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях, характеризует генетическую гибкость сорта, его способность компенсировать потери пластических веществ. Генетически гибкими генотипами оказались сортообразцы: Гор, Гренадо, ПРАГ 506 с показателями 1,45; 1,22 и 0,81 соответственно, т. е. данные сорта характеризуются высокой степенью соответствия генотипов к факторам среды (табл. 2).

Индекс засухоустойчивости (DSI) отражает стабильность сортов в различные по влагообеспеченности годы. Чем меньше его значение, тем более устойчив сорт. Значения DSI до единицы имели сортообразцы: Гор (0,25), ПРАГ 506 (0,8), Гренадо (1,5). Индекс засухоустойчивости DSI в большей степени описывает общую стрессоустойчивость сортообразцов, т. к. рассчитывается по разнице урожайности в годы неблагоприятные и благоприятные по агротехническим и климатическим факторам.

Средняя урожайность и параметры адаптивности сортов озимой тритикале

Сорт	Урожайность, кг/м ²			Среднее, кг/м ²	(Y _{max} + Y _{min})/2	DSI	ИПР			ИПР, среднее
	2017	2018	2019				2017	2018	2019	
Гренадо	1,07	1,04	1,40	1,17	1,22	1,5	10,7	18,9	15,4	15,0
Самурай	0,48	0,74	0,68	0,63	0,61	1,83	4,5	9,4	8,4	7,4
Горка	0,52	0,69	0,98	0,73	0,75	2,9	4,5	5,7	13,3	7,8
ПРАГ 506	0,77	0,75	0,88	0,80	0,81	0,8	7,3	6,3	10,4	8,0
Гор	1,42	1,38	1,48	1,42	1,45	0,25	12,2	14,4	16,9	14,5
Среднее, X _j	0,85	1,0	1,01	0,95						
Индекс условий I _j	-0,04	-0,06	0,1							

Оценка селекционного материала по продуктивности у зерновых культур осложняется значительной модификационной изменчивостью составляющих ее признаков (продуктивной кустистости, числа зерен в колосе, массы 1000 зерен и др.). Главные показатели, характеризующие различные сорта, – их урожайность и качество продукции. Но эти показатели, во-первых, очень сложны, так как определяются большим числом отдельных более простых признаков и свойств, и, во-вторых, они сильно изменяются под влиянием различных условий выращивания. Почвенная и воздушная виды засухи оказывают негативное влияние на рост и развитие растения, снижая его продуктивность. Прежде всего, влияние недостатка влаги отражается на фертильности пыльцы, длине колоса, количестве и массе зерновок и др., т. е. главных элементах структуры продуктивности. В связи с этим более информативным критерием оценки сортообразцов озимой пшеницы на засухоустойчивость является индекс продуктивности растений (ИПР), т. к. для его расчета используются три главных элемента продуктивности: длина колоса, число зерен в колосе, масса зерна с колоса. По результатам проведенных исследований высокие значения индекса ИПР характерны для сортообразцов: Гренадо (15,0), Гор (14,5). Средняя продуктивность у сортообразцов: ПРАГ 506 (8,0), Горка (7,8), Самурай (7,4) (табл. 2, 3).

Таблица 3

Классификация сортообразцов озимой тритикале по продуктивности и индексу продуктивности ИПР

Классификация	Продуктивность, кг/м ²	Масса зерна колоса, г	Индекс ИПР
Низкая продуктивность	до 0,7	до 2,0	до 7,0
Средняя продуктивность	0,7-1,0	2,0-3,0	7,0-11,0
Высокая продуктивность	>1,0	>3,0	>11,0

Метод проращивания семян на осмотических растворах сахарозы, как косвенный метод определения засухоустойчивости, эффективен на ранних этапах селекционного процесса и существенно дополняет информацию по каждому изучаемому сортообразцу.

Заключение

Селекция озимых зерновых культур для предгорной зоны Центрального Кавказа направлена на адаптивность сортов к условиям возделывания, высокую и стабильную продуктивность. Адаптивные, высокоурожайные сорта должны обладать устойчивостью к осенне-весенней засухе, полеганию и болезням. Успех селекции при создании засухоустойчивых сортов во многом зависит от правильной оценки степени устойчивости создаваемых сортов и гибридов.

Полученные результаты дают объективные данные по засухоустойчивости и продуктивности. Для этого необходимо использовать комплекс методов, с помощью которых возможно оценить засухоустойчивость сортов озимой пшеницы на ранних этапах развития растений, выявить генотипические различия в адаптационной способности сортообразцов. К этим методам относятся:

- косвенный, лабораторный метод оценки засухоустойчивости по прорастанию семян на высокоосмотических растворах сахарозы. Учитываются: всхожесть, количество и длина корешков, длина coleoptily;
- прямой метод расчета засухоустойчивости по элементам продуктивности. Наиболее информативным является индекс продуктивности растений ИПР, т. к. имеет тесную корреляционную связь с продуктивностью, способствует выявлению устойчивых генотипов к био- и абиострессорам, т. е. позволяет судить об адаптивных свойствах селекционного материала и может быть использован в качестве маркера адаптивности.

По результатам исследований относительной засухоустойчивостью и стабиль-

ной продуктивностью характеризовались сортообразцы: Гренадо, Гор, ПРАГ 506. Выделенные образцы можно считать пер-

спективными для дальнейшего использования в селекции на засухоустойчивость для предгорной зоны Северного Кавказа.

Литература

1. Газе В. Л., Лиховидова В. А., Ионова Е. В. Определение уровня засухоустойчивости образцов озимой мягкой пшеницы прямыми и косвенными методами. *Зерновое хозяйство России*, 2018, № 2, с. 25-29.
2. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник РАСХН*, 2005, № 6, с. 49-53.
3. Грабовец А. И., Фоменко М. А. Изменение климата и методология создания новых сортов пшеницы и тритикале с широкой экологической пластичностью. *Достижения науки и техники АПК*, 2015, т. 29, № 15, с. 16-19.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): монография. Москва, 1985, 351 с.
5. Лиховидова В. А., Газе В. Л., Ионова Е. В., Марченко Д. М. Влияние почвенной и воздушной засухи на развитие корневой системы сортов и линий озимой мягкой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*, 2018, № 4 (58), с. 39-42.
6. Малокустова Е. И. Основные направления селекции яровой пшеницы на засухоустойчивость. *Земледелие*, 2018, № 3, с. 37-39.
7. Манукян И. Р., Басиева М. А., Мирошникова Е. С., Абиев В. Б. Использование нового индекса продуктивности растений для оценки селекционного материала озимой пшеницы. *Нива Поволжья*, 2019, № 2(51), с. 47-52.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: общая часть. Под общей редакцией М. А. Фекина. Москва, 1985, 267 с.
9. Парфенова Е. С., Шамова М. Г., Набатова Н. А., Псарева Е. А. Оценка относительной засухоустойчивости сортов озимой ржи способом проращивания на растворе сахарозы. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2018, № 11-2, с. 347-351.
10. Патуринский А. В. Оценка засухоустойчивости и потенциальной продуктивности пшеницы и ячменя. Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы международной научно-практической конференции, 2018, с. 197-201.
11. Позубенкова Э. И., Галиуллин А. А. Экономическая эффективность возделывания озимой тритикале в субъектах агробизнеса. *Нива Поволжья*, 2019, № 2(51), с. 59-64.
12. Розова М. А., Зиборов А. И. Корреляционные связи урожайности яровой твердой пшеницы с элементами ее структуры в зависимости от уровня продуктивности генотипов и погодных условий в Приобской лесостепи Алтайского края. *Вестник Алтайского ГАУ*, 2016, № 2 (136), с. 44-49.
13. Турусов В. И., Гармашов В. М., Свиридов А. К., Дьячкова Т. И., Абанина О. А. Научное обеспечение и модернизация земледелия – залог успешного развития АПК. *Достижения науки и техники АПК*, 2012, № 5, с. 42-44.
14. Янченко В. И., Розова М. В., Мельник В. М. Использование засухоустойчивого генофонда твердой яровой пшеницы в создании высокоадаптивных сортов сибирского экотипа. *Вестник региональной сети по внедрению сортов пшеницы и семеноводству*, 2004, № 1-2 (7-8), с. 31-36.
15. Патент РФ № 2710056, МПК A01H 1/04 (2006.01). Способ отбора высокопродуктивных селекционных образцов озимых зерновых культур. И. Р. Манукян, С. А. Бекузарова, М. А. Басиева, Е. С. Мирошникова. Опубл. 24.12.2019, Бюл. № 36.
16. Bahar B., Yildirim M. Heat and drought resistances criteria in spring bread wheat: drought resistance parameters. *Scientific Research and Essays*, 2010, v. 5(13), p. 1742-1745.
17. Manukyan I. R., Basiyeva M. A., Miroshnikova E. S. Environmental adaptivity and stability of winter triticale varieties in the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus. *Volga Region Farmland*, 2019, № 3 (3), p. 82-86.
18. Ramya K. T., Jain N., Ramya P., Singh P. K., Singh G. P., Arora A., Prabhu K. V. Genotypic variation for normalized difference vegetation index and its relationship with grain yield in wheat under terminal heat stress. *Indian journal of genetics and plant breeding*, 2015, v. 75, № 2, p. 174-182.
19. Sio-Se Mardeh A., Ahmadi A., Poustini K., Mohammadi V. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*, 2006, v. 98, № 2-3, p. 222-229.
20. Togay N., Togay Y., Dogan Y. Correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Oxidation communications*, 2017, v. 40, № 2, p. 946-951.

METHODS FOR EVALUATING THE STABILITY OF WINTER TRITICALE TO DRY CONDITIONS OF THE NORTH CAUCASUS PIEDMONT

*I. R. Manukyan, Candidate of Biological Sciences, M. A. Basieva, Candidate of Agricultural Sciences,
E. S. Miroshnikova, Candidate of Agricultural Sciences, V. I. Gasiev, Candidate of Agricultural Sciences,
T. S. Abiyev, Candidate of Biological Sciences*

North Caucasus Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture of Vladikavkaz
Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, North Ossetia-Alania,
Russia, tel. (88672) 23-04-20, e-mail: miririna.61@mail.ru

The North Caucasus region produces a fifth of the grain in Russia. Frequent droughts do not allow stable high yields of winter triticale in this region. Their probability is 25-50 %. In addition, almost every year in the second half of the growing season, winter grain crops experience a negative effect of moisture deficiency. The main condition for overcoming the negative impact of adverse environmental factors is the creation and introduction of highly productive and adapted to local conditions varieties into production. The article presents the results of laboratory and field studies of the breeding material of winter triticale for drought resistance and productivity. Determination of plant resistance to moisture deficiency was carried out by the ability of seeds to germinate on highly osmotic solutions of sucrose. Assessment of drought resistance in the field was carried out by the productivity of varieties, in different years of moisture availability, using various statistical methods. According to the results of studies, the relative drought resistance and stable productivity were characterized by the varieties: Grenado, Gor, PRAG 506. The most informative and objective methods for assessing breeding material for drought resistance are recommended. These include: the laboratory method of seed germination on osmotic solutions of sucrose and a direct method for calculating drought resistance by the plant productivity index.

Key words: winter triticale, breeding indices, drought resistance, adaptability, stress resistance.

References:

1. Gaze V. L., Likhovidova V. A., Ionova E. V. Determination of the drought resistance level of winter soft wheat samples by direct and indirect methods Grain Farm of Russia, 2018, № 2, p. 25-29.
2. Goncharenko A. A. On the adaptability and environmental sustainability of cereal varieties. Vestnik of RAAS, 2005, № 6, p. 49-53.
3. Grabovets A. I., Fomenko M. A. Climate change and the methodology for creating new varieties of wheat and triticale with wide ecological plasticity. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, 2015, v. 29, № 15, p. 16-19.
4. Dospekhov B. A. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results): monograph. Moscow, 1985, 351 p.
5. Likhovidova V. A., Gaze V. L., Ionova E. V., Marchenko D. M. The influence of soil and air drought on the development of the root system of varieties and strains of winter common wheat. Grain Economy of Russia, 2018, № 4 (58), p. 39-42.
6. Malokostova E. I. The main directions of spring wheat selection for drought resistance. Zemledele, 2018, № 3, p. 37-39.
7. Manukyan I. R., Basieva M. A., Miroshnikova E. S., Abiev V. B. Using a new index of plant productivity to assess the breeding material of winter wheat. Niva Povolzhya, 2019, № 2 (51), p. 47-52.
8. The methodology of state variety testing of agricultural crops: the general part. Under the general editorship of M. A. Fedin. Moscow, 1985, 267 p.
9. Parfenova E. S., Shamova M. G., Nabatova N. A., Psareva E. A. Assessment of the relative drought resistance of winter rye varieties by the method of germination on a sucrose solution. International Journal of Applied and Basic Research, 2018, № 11-2, p. 347-351.
10. Paturinsky A. V. Assessment of drought resistance and potential productivity of wheat and barley. Science and education: experience, problems, development prospects: Materials of the international scientific-practical conference, 2018, p. 197-201.
11. Pozubenkova E. I., Galiullin A. A. Cost-effectiveness of cultivating winter triticale in agribusiness entities. Niva Povolzhya, 2019, № 2 (51), p. 59-64.
12. Rozova M. A., Ziborov A. I. Correlation between the yield of spring hard wheat and the elements of its structure depending on the level of genotype productivity and weather conditions in the Priobsk forest-steppe of the Altai Territory. Bulletin of Altai SAU, 2016, № 2 (136), p. 44-49.
13. Turusov V. I., Garmashov V. M., Sviridov A. K., Dyachkova T. I., Abanina O. A. Scientific support and modernization of agriculture is the key to the successful development of the agricultural sector. Achievements of Science and Technology of AIC, 2012, № 5, p. 42-44.

14. Yanchenko V. I., Rozova M. V., Melnik V. M. The use of drought-resistant gene pool of hard spring wheat in the creation of highly adaptive varieties of Siberian ecotype. Bulletin of the regional network for the introduction of wheat varieties and seed production, 2004, № 1-2 (7-8), p. 31-36.
15. RF patent No. 2710056, МПК A01H 1/04 (2006.01). The method of selection of highly productive breeding samples of winter crops. I. R. Manukyan, S. A. Bekuzarova, M. A. Basieva, E. S. Miroshnikova. Publ. 12/24/2019, Bull. Number 36.
16. Bahar B., Yildirim M. Heat and drought resistances criteria in spring bread wheat: drought resistance parameters. Scientific Research and Essays, 2010, v. 5(13), p. 1742-1745.
17. Manukyan I. R., Basiyeva M. A., Miroshnikova E. S. Environmental adaptivity and stability of winter triticale varieties in the conditions of the foothill zone of the Central Caucasus. Volga Region Farmland, 2019, № 3 (3), p. 82-86.
18. Ramya K. T., Jain N., Ramya P., Singh P. K., Singh G. P., Arora A., Prabhu K. V. Genotypic variation for normalized difference vegetation index and its relationship with grain yield in wheat under terminal heat stress. Indian journal of genetics and plant breeding, 2015, v. 75, № 2, p. 174-182.
19. Sio-Se Mardeh A., Ahmadi A., Poustini K., Mohammadi V. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research, 2006, v. 98, № 2-3. p. 222-229.
20. Togay N., Togay Y., Dogan Y. Correlation and path coefficient analysis for yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Oxidation communications, 2017, v. 40, № 2, p. 946-951.