

АДАПТИВНЫЕ СВОЙСТВА НОВЫХ СОРТОВ ОВСА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕВОЛЖСКОГО РЕГИОНА

Захаров Владимир Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции

Мишенькина Ольга Геннадьевна, старший научный сотрудник отдела селекции

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Российская Федерация, 433315, Ульяновская обл., п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19; тел.: 8(84254)34-1-22; e-mail: ulniish@mail.ru

Ключевые слова: овёс плечатый (*Avena sativa* L.), овёс голозерный, линия, сорт, GGE biplot анализ, урожайность, стабильность, адаптивность, пластичность, селекционная ценность, гомеостатичность.

Большинство современных сортов овса имеют высокий генетический потенциал продуктивности. Его реализация в различных агроэкологических условиях во многом зависит от уровня адаптивности сортов. Для оценки взаимодействия «генотип × среда» предложены различные статистические методы, позволяющие выявить сорта, сочетающие стабильность и высокую урожайность зерна в различных средах. Целью исследований являлась оценка урожайности зерна и адаптивности сортообразцов овса ярового в условиях Среднего Поволжья. Исследования проводили в 2016–2020 гг. в Ульяновской области. Исходным материалом служили 9 сортов и 4 перспективных линии овса, созданных в Ульяновском НИИСХ. Уровень адаптивности оценивали по методикам Эберхарта и Расселла, В. В. Хангильдина, С. П. Мартынова и коэффициенту вариации. Контрастные погодные условия обеспечили дифференциацию образцов по урожайности и уровню адаптивности. Дисперсионный анализ выявил значимые различия между генотипами по урожайности, средами и их взаимодействием. Доля влияния условий среды составила 51,6%, сорта – 33,8%. Наибольшую среднюю урожайность у плёчатых сортов формировал Драгун (4,27 т/га), наименьшую Всадник (3,70 т/га). По сумме рангов сортов при расчете критериев адаптивности выявлено преимущество Грума, Драгуна, Конкура и Кентера. Оценка генотипов по сочетанию средней урожайности и стабильности с помощью GGE biplot анализа показала, что наиболее близким к «идеальному» является сорт Драгун. GGE biplot анализ облегчает идентификацию желательных генотипов по сравнению с другими методиками, использованными в исследовании.

Введение

Овес относится к числу важнейших зерновых культур в Российской Федерации. Он широко используется в кормовых и продовольственных целях. В настоящее время благодаря хорошей усваиваемости его зерна расширяется спектр производства продуктов для детского, диетического и функционального питания [1, 2]. При этом он сочетает в себе ценные пищевые свойства с высокой степенью адаптивности к условиям произрастания. При соблюдении технологий возделывания и рекомендаций оригинаторов по использованию сортов в соответствии с их целевым назначением современные сорта овса способны давать в благоприятных условиях среды высокую урожайность с хорошими параметрами качества зерна.

Вместе с тем, направление на повышение потенциальной продуктивности без сопутствующей оценки адаптивности перспективных линий и новых сортов ведет к снижению стабильности урожайности в производственных условиях. Основной задачей селекции на современном этапе стало выведение высокопродуктивных сортов, способных противостоять стрессовым

факторам среды, то есть сортов с высоким потенциалом адаптации [3, 4].

Главная особенность селекции на адаптивность – контроль экологической пластичности, стабильности и адаптивности сортов и гибридов в процессе селекции [5, 6]. Для обобщения и интерпретации экспериментальных данных учеными предложено много различных математико-статистических методов оценки параметров адаптивности и гомеостатичности [7, 8, 9]. При проведении исследований некоторые авторы пришли к мнению о том, что оценка генотипов одним или двумя методами недостаточно отражает взаимодействие генотипа и среды [10]. Наиболее полную информацию даёт применение нескольких методов, с ранжированием сортов по каждому из них и окончательной оценке по сумме рангов [11].

Цель исследований: оценка урожайности зерна и адаптивности сортообразцов овса ярового в условиях Среднего Поволжья.

Материалы и методы исследований

В качестве исходного материала служили 9 сортов и 4 перспективных линии овса, создан-

ных в Ульяновском НИИСХ, среди них 11 пленчатых и две голозёрные формы.

Полевые опыты для проведения исследования закладывали в 2016–2020 гг. в селекционном севообороте отдела селекции Ульяновского НИИСХ.

Почва опытного участка представлена чернозёмом слабовыщелоченным тяжелосуглинистым. Мощность гумусового горизонта 0,79 м, содержание гумуса 5,3–5,9%, реакция pH водной вытяжки верхнего горизонта 5,5–7,0.

Посев делянок проводили сеялкой СН-10Ц в трехкратной повторности, учётная площадь – 15–20 м², предшественник – яровая пшеница. Закладку опытов, наблюдения и учётывали согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» [12]. Агротехника возделывания – общепринятая для культуры.

Учёт урожайности проводили методом сплошного обмолота делянок комбайном SAMPO-130. Урожай зерна с каждой делянки приводили к 14% влажности и 100% чистоте.

Полученные результаты обработаны методом двухфакторного дисперсионного анализа с определением эффектов генотипа, среды и их взаимодействия.

Коэффициент регрессии (b_i), характеризующий пластичность и индекс стабильности через средний квадрат отклонения от линии регрессии (S^2), определяли по S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. З. Пакудина [13]. Стабильность урожайности сортов рассчитывали по коэффициенту вариации (V_c) и показателю H_i предложенному С. П. Мартыновым [14]. Гомеостатичность (H_{om}) и селекционную ценность сорта (S_c) вычисляли по методике В. В. Хангильдина [15]. Для статистической обработки экспериментальных данных использовали пакет программ статистического и биометрико-генетического анализа «AGROS 2.09». Для более детальной оценки взаимодействия «генотип × среда», анализа сред испытания и распределения генотипов и сред в главных компонентах, экспериментальные данные были подвергнуты GGE biplot анализу с помощью программы PTools.

Результаты исследований

Гидрометеорологические условия в годы исследований были контрастными.

Погодные условия вегетационного периода 2016 года характеризовались недобором количества выпавших осадков и повышенными среднесуточными температурами воздуха. Гидротермический коэффициент за период ве-

гетапии составил 0,8 при норме 1,0. Сумма эффективных температур выше +5°C к 31 августа накопилась 2082°C при средних многолетних данных 1556°C.

Вегетационный период 2017 года характеризовался прохладной и дождливой весенне-летней погодой, засушливой – в августе и сентябре. В июле наблюдался умеренно теплый температурный режим с рекордным количеством осадков 163 мм (281% от нормы), причем основное количество месячных осадков июля выпало за два дня – 5–6 июля (134,6 мм). Сумма активных температур 2411°C за счет жаркого августа и сентября месяца оказалась близкой к средним многолетним значениям. Гидротермический коэффициент составил 1,4 при норме 1,0.

Сложившиеся в 2018 году погодные условия вегетационного периода характеризовались скудным количеством выпавших осадков и повышенными среднесуточными температурами воздуха в период цветения, налива и созревания овса, что отрицательно повлияло на формирование урожайности зерна и его качества. Гидротермический коэффициент за период вегетации составил 0,5 при норме 1,0.

Весенне-летний период 2019 года характеризовался засушливой погодой за исключением второй декады июля и первой декады августа, когда выпало 44,6 и 104,3 мм осадков. Сумма активных температур к 10 сентября составила 2420°C при норме 2300°C. Гидротермический коэффициент равнялся 0,9 при норме 1,0, за счет вышеперечисленных осадков в июле и августе, когда в вышеупомянутые декады составлял 2,2 и 6,3 соответственно.

В 2020 году третья декада апреля и весь месяц май были холоднее среднесуточных значений с дождями различной интенсивности. Летний период характеризовался теплой и жаркой погодой с осадками в виде дождя. Однако, следует отметить пониженный температурный фон с дефицитом влажности в начальные фазы развития растений яровых культур, который отрицательно повлиял на продолжительность и равномерность всходов; а также переувлажнением почвы в последующие периоды развития растений. Однако, агрометеорологические условия для роста и развития основных сельскохозяйственных культур в 2020 году складывались благоприятно.

В целом различные условия по влагообеспеченности и температурному режиму обеспечивали существенную дифференциацию изучаемого материала по урожайности по годам,

Таблица 1

Урожайность сортов овса, т/га

Сорт, линия	Годы					Среднее по сорту	min	Max
	2016	2017	2018	2019	2020			
Конкур	4,66	4,96	3,31	3,11	4,27	4,06	3,11	4,96
Всадник	4,87	4,35	3,07	2,75	3,45	3,70	2,75	4,87
Стиплер	4,39	4,75	3,09	2,91	4,51	3,93	3,09	4,75
Кентер	4,57	4,82	3,18	3,07	4,65	4,06	3,07	4,82
Тройка	4,70	5,38	2,95	2,61	4,33	4,00	2,61	5,38
Грум	4,98	4,51	3,41	3,04	4,27	4,04	3,04	4,98
Драгун	5,29	4,95	3,45	3,14	4,54	4,27	3,14	5,29
Азиль	2,86	3,12	1,52	1,83	2,81	2,43	1,52	3,12
Грива	2,89	2,70	2,09	2,30	2,16	2,43	2,09	2,89
537/15	5,58	4,14	3,27	3,41	2,97	3,87	2,97	5,58
543/15	5,66	4,84	3,20	3,39	3,52	4,12	3,20	5,66
549/15	5,21	4,96	3,18	3,28	3,91	4,11	3,18	5,21
479/11	5,08	5,21	3,24	3,21	3,95	4,14	3,21	5,21
Среднее по году	4,67	4,52	3,00	2,93	3,80	3,78		
НСР _{0,05}						0,39		

Таблица 2

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности сортов овса

Источник варьирования	SS	Df	ms	F _{факт.}	Доля, %
Общее	202,31	194	-	-	-
Среда (E)	104,48	4	26,12	456,70	51,64
Сорт (G)	68,42	12	5,70	99,69	33,81
Взаимодействие (GE)	21,86	48	0,45	7,96	10,80
Случайное	7,32	128	5,71	-	-

что дало основание для оценки его по уровню адаптивности.

Из данных, представленных в таблице 1, следует, что наибольшую среднюю урожайность среди плёнчатых сортов в среднем за пять лет формировал сорт Драгун (4,27 т/га), наименьшую - Всадник (3,70 т/га).

Вместе с тем максимальная урожайность в отдельные годы значительно превышала среднюю. Так, максимум урожайности (5,66 т/га) формировала в 2016 году перспективная селекционная линия 543/15, а минимум-сорт интенсивного типа Тройка (2,61 т/га) в 2019 году. Голлозёрные сорта Азиль и Грива в среднем имели одинаковую урожайность (2,43 т/га), при этом сорт Азиль имел как наибольшую (3,12 т/га) в 2017 году, так и наименьшую урожайность в 2018 году (1,52 т/га).

Анализ результатов двухфакторного дисперсионного анализа выявил значимые различия между генотипами по урожайности, средами и их взаимодействием. Основным фактором, определяющим варьирование урожайности, были условия среды (годы) с долей влияния 51,64%, на долю сорта приходится 33,81%, вклад

взаимодействия «генотип × среда» составил 10,80% (табл. 2).

Значения дисперсий (ms) сортов и взаимодействия со средой свидетельствуют о том, что среди изучаемых сортов имеются высокостабильные.

С целью характеристики дифференцирующей способности сред и визуализации данных проведена их оценка с помощью GGE biplot анализа. На рисунке 1 представлен двухмерный график GGE данных урожайности из таблицы 1.

На рисунке 1 показаны векторы, ось среднего значения среды (АЕА), на которой выделена средняя в виде кружка на конце стрелки и идеальная среда в виде концентрических кругов. Наибольшей дифференцирующей способностью характеризовались среды (годы) E1, E5 и E2, при этом E2 более предпочтительна из-за небольшого угла вектора относительно средней и близости к идеальной средам. Тогда как в двух первых средах, которые не коррелируют между собой, являются нерепрезентативными, целесообразно проводить браковку нестабильных генотипов и отбирать сорта узкой специализации [16, 17]. Наиболее репрезентативной, харак-

терной для средней тестовой, среди изученных сред является Е3, в которой отобранные генотипы в целом должны являться наиболее адаптивными к условиям зоны проведения исследований. Наименее информативной и репрезентативной, соответственно полезной для отбора адаптивных генотипов является среда Е4. Проведенный анализ сред в период проведения исследований подтверждает вывод о том, что они отличались между собой и способствовали достижению поставленной в работе цели.

Параметры адаптивности сортов, рассчитанные с позиций стабильности, пластичности и гомеоадаптивности, представлены в таблице 3.

Наиболее часто для оценки стабильности сортов используется величина коэффициента вариации, которая в пределах сред испытания по каждому генотипу неплохо согласовывается, по мнению некоторых ученых, с большинством характеристик адаптивности и может быть востребованной для тестирования стабильности при условии многолетних испытаний [7]. Исходя из величин размаха вариации, к наиболее стабильным отнесены сорта Грива, Грум и Конкур. Наименьшей стабильностью отличились голозёрный сорт Азиль и пленчатый Тройка, который нами отнесён к сортам интенсивного типа. Для оценки стабильности урожайности сортов служит также величина дисперсии отклонений от линии регрессии (S^2_j), соответственно, чем меньше значение, тем стабильнее проявление признака. По этому показателю лучшими можно считать перспективные линии 549/15, 479/11 и сорта Конкур, Грум, Драгун, Грива, наименьшей стабильностью характеризуется линия 537/15. В методике, предложенной S. A. Eberhart, W. A.

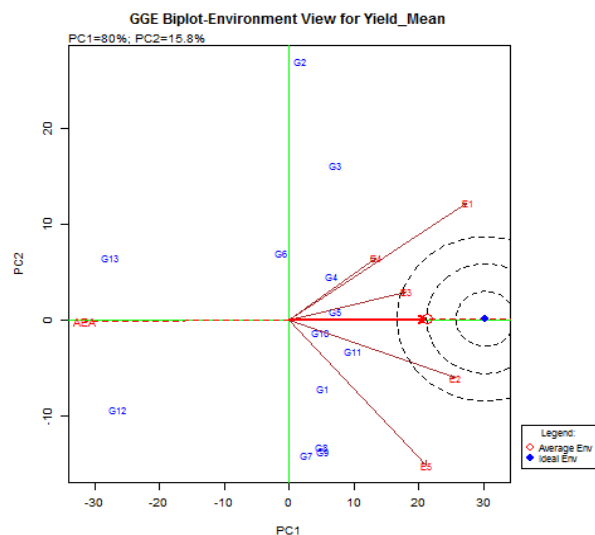


Рис. 1 - GGE biplot ранжирования сред (годы) по дифференцирующей способности и репрезентативности (Е1-2016 г, Е2-2017 г, Е3-2018 г, Е4-2019 г, Е5-2020 г)

Russell, наряду с определением стабильности проводится расчёт коэффициента линейной регрессии (b_i), характеризующего экологическую пластичность сорта. При этом наиболее ценными считаются генотипы, у которых $b_i > 1$, а S^2_j ближе к нулю. Они относятся к более интенсивным, лучше отзываются на улучшение условий возделывания и одновременно являются стабильными по урожайности. Менее ценными, с практической точки зрения, являются сорта с высокими значениями b_i и S^2_j . Согласно этой классификации, сорт Драгун и линии 549/15, 479/11 являются интенсивными фенотипически высокостабильными формами. Интенсивным сортом с низкой фенотипической стабильностью призна-

Таблица 3

Параметры адаптивности сортов овса (2016-2020 гг.)

Сорт, линия	V, %	S^2_j	b_i	H_i	H_{om}	S_c	Сумма рангов
Конкур	20,1	0,05	0,97	2,3	20,18	2,55	18
Всадник	24,1	0,06	1,06	-1,0	15,36	2,08	51
Стиплер	22,0	0,18	0,96	1,6	17,90	2,40	38
Кентер	21,1	0,17	0,95	2,6	19,26	2,59	24
Тройка	29,4	0,18	1,36	1,5	13,58	1,94	64
Грум	19,8	0,05	0,95	2,2	20,44	4,46	17
Драгун	22,0	0,04	1,13	3,7	19,44	2,54	22
Азиль	29,1	0,10	0,79	-9,6	8,33	1,18	65
Грива	14,4	0,04	0,37	-9,6	16,90	1,76	46
537/15	27,0	0,64	0,96	0,1	14,32	2,27	56
543/15	26,1	0,24	1,21	1,8	15,80	2,33	53
549/15	22,9	0,03	1,13	2,1	17,95	2,50	30
479/11	23,3	0,03	1,16	2,3	17,74	2,55	29

на Тройка, с пониженной – линия 543/15. Очень высокой фенотипической стабильностью отличаются сорта Конкур, Всадник, Стиплер, Кентер, Грум и линия 537/15.

По мнению некоторых ученых оценка сортов с использованием регрессионных моделей не несет полной и объективной характеристики [18], так как лимитирующим фактором урожайности является не потенциальная продуктивность, а устойчивость к стрессовым факторам среды. Следовательно, при оценке адаптивности сортов важно учитывать одновременно величину и стабильность урожайности в условиях проявления лимитирующих её факторов, то есть способность к сохранению высокого уровня гомеостаза.

Для выявления сортов, сочетающих высокую потенциальную урожайность в благоприятных и с незначительным снижением в неблагоприятных условиях, В. В. Хангильдиным предложены критерии гомеостатичности (H_{om}) и селекционной ценности генотипа (S_c), а С. П. Мартыновым интегральная величина H_i . По наибольшему уровню гомеостатичности выделяются сорта Конкур и Грум, наименьшему – голозерный сорт Азиль, имеющий одновременно низкую селекционную ценность. Однако в этом случае следует учитывать, что сравнение идёт с сортами плёнчатого типа. Сорт Грум по селекционной ценности значительно превосходит все другие

сорта. Оценка гомеостатичности по H_i выявила очевидное преимущество сорта Драгун, высокие значения имели сорта Кентер, Конкур и линия 479/11. Итоговая оценка адаптивности сортов по сумме рангов шести параметров выявила, что сорта Грум, Драгун, Конкур и Кентер имеют меньшую сумму рангов, соответственно они по большинству критериев занимали первые позиции ранжирования. Из двух сортов голозерного овса Грива имеет ранг выше, чем Азиль, прежде всего за счёт большей стабильности формирования урожайности. Среди плёнчатых сортов наименьший ранг занял сорт Тройка, который, как отмечено выше, отличается низкой фенотипической стабильностью формирования урожайности, в то же время он способен при улучшении условий возделывания прогрессивно повышать урожайность.

В пределах одной мегасреды, в данном исследовании это годы испытания, генотипы необходимо оценивать как по средней урожайности, так и по стабильности в разных средах. Сделать такое ранжирование по селекционной ценности и визуализировать информацию на графике позволяет GGE biplot анализ урожайности и стабильности относительно «идеального» генотипа [19], кроме того, он значительно облегчает идентификацию желательных генотипов (рис. 2), что сделать сложнее при использовании предыдущих методик.

Рисунок 2 представляет собой вид координаты средней среды (АЕА) двухмерного графика GGE. Абсцисса АЕА указывает на более высокую среднюю урожайность сортов в разные годы. Линия с двойной стрелкой – ордината АЕА свидетельствует о большей изменчивости (меньшей стабильности) в любом направлении.

Наибольшая средняя урожайность была у сорта Драгун (G11), который также отличается высокой стабильностью, и практически соответствует «идеальному» генотипу. Далее следуют линии 479/11 (G5), 549/15 (G4), сорта Грум (G10) и Конкур (G1), которые находятся в радиусе концентрических кругов «идеального» генотипа и более желательны по сравнению с находящимися вне ареала. Самой нестабильной является линия 537/15 (G2), формировавшая урожайность меньше ожидаемой в средах 2016, 2018 и 2019 гг. и больше – в 2017 и 2020 гг. Практически одинаковый уровень стабильности проявили сорта Стиплер (G7), Кентер (G8), Тройка (G9) и линия 543/15 (G3), при этом сорта имели урожайность выше в одних средах, а линия – в других. Сорт Всадник (G6) по стабильности превосходит ге-

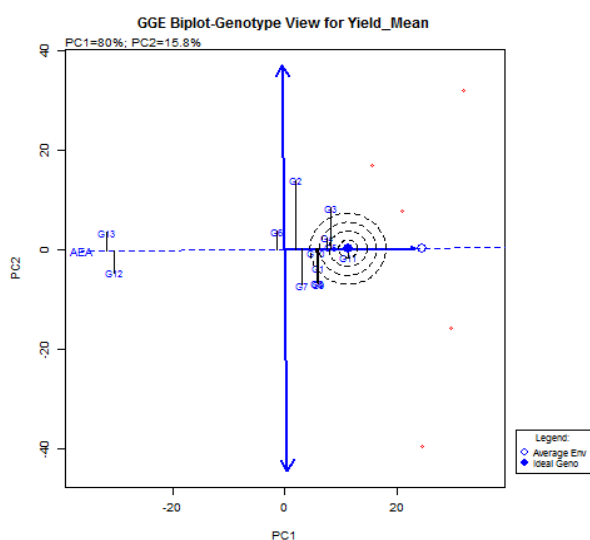


Рис. 2 - Ранжирование сортов на основе GGE biplot по урожайности и стабильности относительно «идеального» генотипа (G1-Конкур, G2-537/15, G3-543/15, G4-549/15, G5-479/11, G6-Всадник, G7-Стиплер, G8-Кентер; G9-Тройка, G10-Грум, G11-Драгун, G12-Азиль, G13-Грива)

нотипы G7, G8, G9 и G3, но имеет наименьшую среднюю урожайность среди плёнчатых сортов, следовательно, по своей ценности он хуже сортов менее стабильных, но более урожайных.

Пример сорта Всадник демонстрирует ошибочность одностороннего поиска и отбора стабильных генотипов, они могут быть ценными лишь при формировании высокой средней урожайности. Вместе с тем, в этом случае необходимо учитывать целевое назначение сорта, Всадник нами ориентирован для использования на зелёный корм и зерно. В целом biplot анализ урожайности сортов плёнчатого типа подтвердил результаты ранговой оценки по параметрам адаптивности и, прежде всего гомеоадаптивности, но изменил их ранги, выявив при этом несомненную ценность сорта Драгун.

Голозёрные сорта Азиль и Грива проявили высокую стабильность, при этом она выше у первого сорта, который в то же время находится ближе к началу средней линии урожайности (АЕА). Исходя из этого, можно сделать вывод о большей селекционной ценности сорта Азиль, что противоречит результатам ранговой оценки. Однако близость их расположения по линии средней урожайности и способность к реализации потенциала в разных средах не позволяют сделать однозначного вывода о преимуществах одного или другого сорта.

Обсуждение

Проводимые исследования по изучению адаптивных свойств овса различными статистическими методами, в том числе GGE biplot анализа, позволили выделить наиболее ценные генотипы среди изучаемых сортообразцов, которые сочетают стабильность и высокую урожайность зерна в различных средах. Это сорта овса Грум, Драгун, Конкур и Кентер, которые являются наиболее адаптированными к условиям Среднего Поволжья и вне зависимости от условий произрастания формируют наиболее высокую и стабильную урожайность зерна.

Заключение

В результате исследований по сочетанию урожайности и адаптивности выделены сорта овса плёнчатого и голозёрного типов. Наибольшая средняя урожайность за годы исследований формировалась у сорта Драгун (4,27 т/га). Оценка адаптивности методом biplot анализа отнесла его к сортам, практически соответствующим «идеальному» генотипу. Высокую адаптивность проявили линии 479/11, 549/15, сорта Грум и Конкур. Самой нестабильной является линия 537/15, формировавшая урожайность меньше

ожидаемой в 2016, 2018 и 2019 гг. и больше - в 2017 и 2020 гг. Практически одинаковый уровень стабильности проявили сорта Стиплер, Кентер, Тройка и линия 543/15. GGE biplot анализ значительно облегчает идентификацию желательных генотипов по сравнению с другими методиками, использованными в исследовании.

Библиографический список

1. Войцукская, Н. П. Селекционная ценность европейских образцов овса в условиях Кубанской опытной станции ВИР / Н.П. Войцукская, И.Г. Лоскутов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. - №180 (1). - С. 52-58. doi: 10.30901/2227-8834-2019-1-52-58.
2. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности / В. И. Полонский, Н. А. Сурин, С. А. Герасимов, А. Г. Липшин, А. В. Сумина, С. Зюте // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. - №23 (6). - С. 683-690. doi: 10.18699/VJ19.541.
3. Оценка урожайности перспективных линий сои селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской» / А. Р. Ашиев, К. Н. Хабибуллин, М. В. Скулова, А. В. Чегунова // Зерновое хозяйство России. -2017. -№6 (54). -С. 27-29.
4. Савченко, И. В. Стратегия развития селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур на период до 2020 года / И.В. Савченко, А.М. Медведев, М.А. Смирнова // АПК: экономика, управление. -2011.- №12. -С. 3-13.
5. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы / И. А. Рыбась, Д. М. Марченко, Е. И. Некрасов, М. М. Иванисов, Т. А. Гричаникова, И. В. Романюкина // Зерновое хозяйство России. - 2018. - №4 (58). - С. 51-54. doi: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54.
6. Yan, W. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications / W. Yan, N. A. Tinker // Canadian journal of plant science. 2006. - V. 86. №3. - P. 623-645.
7. Бебякин, В. М. Методические подходы, методы и критерии оценки адаптивности растений / В.М. Бебякин, Т.Б. Кулетова, Н.И. Старчикова // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2005. - Т. 5. - №2. - С. 69-71.
8. Гудзенко, В. Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого / В.Н. Гудзенко // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2019. - №23(1). - С. 110-118.

9. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В. А. Зыкин, И. А. Белан, В. С. Юсов, Д. Р. Исламгулов. - Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2011. - 99 с.

10. Метод оценки гомеоадаптивности в системе экологической селекции яровой мягкой пшеницы: методические рекомендации / В. В. Сюков, В. Г. Захаров, В. Г. Кривобочек, В. И. Никон, Н. З. Василова, В. А. Ганеев. - Самара: СамНЦ РАН, 2008. - 18 с.

11. Рыбась, И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур / И. А. Рыбась // Сельскохозяйственная биология. - 2016. - Т. 51. - №5. С. 617-626. doi: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus

12. Федин, М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / М. А. Федин. - Москва, Агропромиздат, 1985. Вып. 1. - 267 с.

13. Пакудин, В. З. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В. З. Хангильдин В. В. Пакудин, Л. М. Лопатина // Сельскохозяйственная биология. - 1984. - № 4. - С. 109-113.

14. Мартынов, С. П. Оценка экологической пластичности сортов сельскохозяйственных культур / С. П. Мартынов // Сельскохозяйственная биология. - 1989. - № 3. - С. 124-128.

15. Хангильдин, В. В. О принципах моделирования сортов интенсивного типа / В. В. Хангильдин // Генетика количественных признаков сельскохозяйственных растений. - Москва, 1978. С. 111-116.

16. Yan, W. Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data / W. Yan. // Agronomy journal. 2002. - V. 94. - №5. - P. 990-996.

17. Василенко, А. А. Оценка селекционного материала гороха (*Pisum sativum* L.) в различных системах расчётов (регрессионная, AMMI, GGE BILOT модели) / А. А. Василенко, П. Н. Солонечный, С. Г. Понуренко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2019. - №2. - С. 191-195.

18. Гомеостатичность и адаптивность сортов гороха разных морфотипов / Ф. А. Давлетов, И. И. Ахмадуллина, Ф. Ф. Сафин, К. П. Гайнуллина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2019. - Т. 14. - №5 4-1 (55). - С. 27-31.

19. Солонечный, П. Н. AMMI и GGE biplot анализ взаимодействия генотип-среда линий ячменя ярового / П. Н. Солонечный // Вавиловский журнал генетики и селекции. - 2017. - №21(6). - С. 657-662. doi: 10/18699/VJ17.283.

ADAPTIVE PROPERTIES OF NEW OAT VARIETIES IN THE MIDDLE VOLGA REGION

Zakharov V.G., Mishenkina O.G.

Samara federal research center RAS, Ulyanovsk research institute of agriculture, Istitutskaya street, 19, Timiryazevsky village, Ulyanovsk region, 433315, the Russian Federation
E-mail: ulniish@mail.ru

Key words: filmy oats (Avena sativa L.), naked oats, line, variety, GGE biplot analysis, yield, stability, adaptability, plasticity, breeding value, ultrastability.

The research was conducted in 2016-2020 in the Ulyanovsk region. The aim was to assess the yield and genotype-environment interaction of varieties and promising lines of spring oats in the Middle Volga region. The source material was 9 varieties and 4 promising lines of oats created in the Ulyanovsk RAS. Contrasting moisture and temperature conditions provided differentiation of the studied material by yield and level of adaptability. Two-factor dispersion analysis revealed significant differences between genotypes in yield, media, and their interaction. The highest average yield among filmy varieties was formed by the Dragun variety (42.7 c/ha), the lowest by Vsadnik (37.0 c/ha). Naked varieties Azil and Griva showed the same yield (24.3 c/ha). The share of influence of environmental conditions (years) was 51.6%, varieties-33.8%. According to GGE biplot analysis, 2016, 2017, and 2020 were characterized by a high differentiating ability, while 2018 was the most representative. A rank assessment based on six adaptive criteria (regression coefficient (b), stability index (S^2), coefficient of variation (V), Martynov ultrastability (H), ultrastability (H_{opt}) and selection value of the variety (S_v)) V.V. Khangildin revealed the advantage of Grum (17), Dragun (22), Konkur (18), and Kenter (24) varieties, while Troika (64) had the lowest rank. Evaluation and ranking of genotypes by average yield and stability in different environments using GGE biplot analysis relative to the "ideal" genotype showed that the highest average yield was in the Dragun variety, which also has high stability, and practically corresponds to the «ideal» genotype. Next are the lines 479/11, 549/15, and the varieties Grum and Konkur, which are close to the «ideal» genotype. Less stable is the 537/15 line, which produced yields less than expected in 2016, 2018 and 2019 environments and more in 2017 and 2020. Biplot analysis of the yield of film varieties confirmed the results of the rank assessment for adaptability parameters, adjusting the location in the group of the best varieties.

Bibliography

3. Voitsutskaya, N. P. Breeding value of European oat samples in the conditions of the Kuban experimental station of All-Russian research institute of plant breeding / N.P. Voitsutskaya, I.G. Loskutov // Works on applied botany, genetics and breeding. 2019. - №180 (1). - P. 52-58. doi: 10.30901/2227-8834-2019-1-52-58.

4. 2. Study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of different geographical origin in terms of grain quality and productivity / V. I. Polonsky, N. A. Surin, S. A. Gerasimov, A. G. Lipshin, A. V. Sumina, S. Zyute // Vavilov journal of genetics and selection. 2019. - №23 (6). - P. 683-690. doi: 10.18699/VJ19.541.

3. Yield assessment of promising soybean lines selected by FSBEI «ASC «Donskoy» / A. R. Ashiev, K. N. Khabibullin, M. V. Skulova, A. V. Chegunova // Grain farming in Russia. 2017. №6 (54). P. 27-29.

4. Savchenko, I. V. Strategy for the development of crop breeding and seed production for the period up to 2020 / I.V. Savchenko, A.M. Medvedev, M.A. Smirnova // AIC: economics, management. 2011. №12. P. 3-13.

5. Assessment of adaptability parameters of winter soft wheat varieties / I. A. Rybas, D. M. Marchenko, E. I. Nekrasov, M. M. Ivanisov, T. A. Grichanikova,

- I. V. Romanyukina // *Grain farming in Russia*. - 2018. - №4 (58). - P. 51-54. doi: 10.31367/2079-8725-2018-58-4-51-54.
6. Yan, W. *Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications* / W. Yan, N. A. Tinker // *Canadian journal of plant science*. 2006. V. 86. №3. P.623-645.
7. Bebyakin, V. M. *Methodological approaches, methods and criteria for assessing plant adaptability* / V.M. Bebyakin, T.B. Kuletova, N.I. Starchikova // *Izvestiya of Saratov university. New series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*. 2005. - V. 5. - №2. - P. 69-71.
8. Gudzenko, V. N. *Statistical and graphical (GGE biplot) assessment of adaptive capacity and stability of winter barley breeding lines* / V.N. Gudzenko // *Vavilov journal of genetics and selection*. - 2019. - №23(1). - P. 110-118.
9. *Method of calculation and estimation of parameters of ecological plasticity of agricultural plants* / V. A. Zykin, I. A. Belan, V. S. Yusov, D. R. Islamgulov. Ufa: *Bashkir state agrarian university*, 2011. 99 p.
10. *Assessment method of homeoadaptivity in the system of ecological selection of spring soft wheat: guidelines* / V. V. Syukov, V. G. Zakharov, V. G. Krovobochev, V. I. Nikonov, N. Z. Vasilova, V. A. Ganeev. Samara: *SamRC RAS*, 2008. - 18 p.
11. Rybas, I. A. *The increase of adaptability in the breeding of cereal crops* / I.A. Rybas // *Agricultural biology*.- 2016. - V. 51. - №5. P. 617-626. doi: 10.15389/agrobiol.2016.5.617rus
12. Fedin, M.A. *Methods of state variety testing of agricultural crops* / M.A. Fedin. - M.: *Agroindustrial publishing*, 1985. Ed. 1. - 267 p.
13. Pakudin, V.Z. *Assessment of ecological plasticity and stability of crop varieties* / V.Z. Khangildin V. V. Pakudin, L.M. Lopatina // *Agricultural biology*. 1984. № 4. P. 109-113.
14. Martynov, S.P. *Assessment of ecological plasticity of agricultural varieties* / S.P. Мартынов // *Agricultural biology*. 1989. № 3. P. 124-128.
15. Khangildin, V. V. *About the principles of modeling intensive varieties* / V. V. Khangildin // *Genetics of quantitative traits of agricultural plants*. Moscow, 1978. P. 111-116.
16. Yan, W. *Singular-value partitioning in biplot analysis of multi-environment trial data* / W. Yan. // *Agronomy journal*. 2002. - V. 94. - №5. - P. 990-996.
17. Vasilenko, A. A. *Evaluation of pea breeding material (Pisum sativum L.) in various exchange systems (regression, AMMI, GGE BIPLLOT models)* / A.A. Vasilenko, P.N. Solonechniy, S.G. Ponurenko // *Bulletin of the Belarusian state agricultural academy*. 2019. №2. P. 191-195.
18. *Homeostaticity and adaptability of pea varieties of different morphotypes* / F. A. Davletov, I. I. Akhmadullina, F. F. Safin, K. P. Gaynullina // *Vestnik of Kazan state agrarian university*. 2019. V. 14. №S 4-1 (55). P. 27-31.
19. Solonechny P. N. *AMMI and GGE biplot analysis of genotype-environment interaction of spring barley lines* // *Vavilov journal of genetics and selection*. 2017. №21(6). P. 657-662. doi: 10/18699/VJ17.283.