

Растениеводство

УДК 633.13:57.017.3

DOI:10.31857/S2500-2627-2020-2-3-6

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ И СОРТОВ ПЛЕНЧАТОГО ОВСА СЕЛЕКЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА СЕВЕРО-ВОСТОКА**Г.А. Баталова¹, академик РАН, М.В. Тулякова², О.А. Жуйкова¹, Е.Н. Вологжанина¹, Н.В. Кротова¹, кандидаты сельскохозяйственных наук**¹Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, 610007, Киров, ул. Ленина, 166а
E-mail: g.batalova@mail.ru²Фаленская селекционная станция – филиал Федерального аграрного научного центра Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого, 612500, Кировская область, п. Фаленки, ул. Тимирязева, 3
E-mail: fss-nauka@mail.ru

В двух экологических точках Кировской области (г. Киров и п. Фаленки) изучено 9 сортов и линий овса пленчатого в параллельном конкурсном испытании по адаптивности и стабильности урожайности и выделены перспективные для использования в производстве. Индекс условий среды (I) изменялся в 2018 г. от отрицательного показателя в Кирове (-10,50) до положительного (3,86) в Фаленках, в 2017 г. составил соответственно 3,39 и 3,26. Выделены перспективные линии интенсивного типа И-4592, И-4808 со средней урожайностью 64,4 и 63,8 ц/га, отзывчивые на изменение условий среды в разрезе лет и экологических точек ($b_i=1,59$ и $b_i=1,37$; $S_i^2=21,58$ и $S_i^2=9,78$). Линия И-4808 имела урожайность на 6,0 ц/га выше сорта-стандарта, проявила более высокую стрессоустойчивость и стабильность урожайности, чем И-4592, и передана на Государственное испытание как сорт Фаленец. Широкий диапазон приспособительных возможностей и устойчивость к стрессовым факторам отмечены у перспективной линии 2h12o при высокой средней урожайности (61,6 ц/га), коэффициенте регрессии, близком к 1 ($b_i=0,94$), и высокой генетической гибкости ($(Y_{min}+Y_{max})/2 = 60,2$ ц/га). Сорта Саспан, Медведь и Бербер отнесены к полунинтенсивным генотипам, способным формировать стабильную по годам урожайность. Установлены значимые положительные корреляции между урожайностью и генетической гибкостью ($r=0,93$), между коэффициентом регрессии и показателями варьирования ($r=0,90$), стабильности ($r=0,92$) и незначительная – с вариацией стабильности ($r=0,09$).

ADAPTIVE POTENTIAL OF PERSPECTIVE LINES AND CULTIVARS OF COVERED OAT BRED IN FASC OF NORTH-EAST**Batalova G.A.¹, Tulyakova M.V.², Zhuikova O.A.¹, Vologzhanina E.N.¹, Krotova N.V.¹**¹Federal Agricultural Scientific Center of North-East, 610007, Kirov, ul. Lenina, 166a
E-mail: g.batalova@mail.ru²Falenskaya breeding station – branch of Federal Agricultural Scientific Center of North-East, 612500, s. Falenki, ul. Timiryazeva, 3
E-mail: fss-nauka@mail.ru

Nine cultivars and lines of covered oats are studied in two ecological points of the Kirov region (Kirov city and settlement Falenki). The purpose of researches was to study cultivars and lines of covered oats on adaptability and stability of productivity in parallel competitive test and to select perspective one for use in production. The index of environment conditions (I) changed in 2018 from a negative indicator in Kirov (-10.50) to positive one (3.86) in Falenki; in 2017 it made respectively 3.39 and 3.26. Perspective lines of the intensive type I-4592 and I-4808 are selected having average productivity of 64.4 and 63.8 c/ha, sympathetic for change of environment conditions in a section of years and ecological points ($b_i = 1.59$ and 1.37 ; $S_i^2 = 21.58$ and 9.78). The line I-4808 had productivity 6.0 c/ha higher than the standard, showed higher stress resistance and stability of productivity, than line I-4592 and was transferred to the State test as a cultivar Falenets. Wide range of adaptive opportunities and resistance to stressful factors are noted at the perspective line 2h12o at high average productivity (61.6 c/ha), regression coefficient near to 1 ($b_i = 0.94$) and high genetic flexibility ($(Y_{min} + Y_{max})/2 = 60.2$ c/ha). Cultivars Sapsan, Medved' and Berber are belong to the semi-intensive genotypes capable to form productivity, stable by years. Significant positive correlations between productivity and genetic flexibility ($r = 0.93$), between coefficient of regression and indicators of variation ($r = 0.90$), stability ($r = 0.92$), and insignificant - from variance of stability ($r = 0.09$) are established.

Ключевые слова: овес пленчатый, параллельное конкурсное испытание, урожайность, стабильность, стрессоустойчивость

Key words: covered oats, parallel competitive test, productivity, stability, stress resistance

Особенность современного растениеводства – тенденция снижения устойчивости культурных растений к стрессовым экологическим факторам, что указывает на необходимость селекции сортов, адекватно реагирующих на изменение условий вегетации, поскольку величина и качество урожая есть результат взаимодействия генотип – среда. Актуально экспериментальное получение генотипов, оптимально сочетающих продуктивность и качество продукции с устойчивостью

к действию стрессоров различной природы. Нестабильность агроклиматических ресурсов, разнообразие пахотных почв обусловило применение в создании адаптивных конкурентоспособных генотипов параллельного селекционного процесса в различных экологических точках [1, 2]. Известно, что практическую ценность сорта определяет не только потенциальная урожайность, но и его способность формировать экономически значимую стабильную урожайность вне

зависимости от лимитов окружающей среды [3, 4]. К одному из факторов адаптивности сорта относится стабильность признаков, которую возможно получить при оценке во времени и пространстве реакции генотипа на изменения условий вегетации [5].

Урожайность в значительной степени определяет агроклиматическая составляющая экологических факторов, эффект взаимодействия сорт – условия года [6]. Этот экономически значимый показатель чаще всего используют для оценки отзывчивости генотипа на улучшение условий возделывания, расчета параметров его экологической пластичности и стабильности, оценки эффективности использования сорта в производстве [7, 8]. Показателем устойчивости к неблагоприятным факторам считают отношение величины урожая в условиях стресса к урожаю при его отсутствии, а не абсолютное его значение в стрессовых условиях [9]. У устойчивых к лимитирующим факторам сортов амплитуда отклонений урожайности от нормы при изменении условий вегетации меньше, чем у неустойчивых [10, 11].

Овес широко возделывают в мире и практически повсеместно на территории России. За последние 5 лет урожайность этой культуры увеличилась в стране на 0,9 ц/га, в то время как в 2018 г. получено 17,3 ц/га, что на 2,3 ц/га меньше уровня 2017 г. [<https://agrovesti.net/lib/industrie/cereals>]. Негативно отражается на урожайности и производстве зерна использование для посева потенциально низкоурожайных сортов и сортов, не допущенных в производство, и не сортовых семян [12]. В 2018 г. собрано 4,72 млн т зерна овса с площади 2,99 млн га (<https://agrovesti.net/lib/industrie/cereals>). Это наибольший показатель среди стран производителей овса, затем идут Канада (2,9 млн т) и Австралия (1,4 млн т). Таким образом, три страны обеспечивают 39% мирового урожая данной культуры, который по результатам 2017 г. составил 23 млн т с площади 9,26 млн га (<https://agrox.ru/>) или на 2,7 млн т больше уровня 2015 г. (<https://smartlab.ru/uploads/images/01/73/60/2018/>). Около 56% валового сбора зерна овса в России произвели в 2018 г. десять административных территорий, преимущественно сельхозпредприятия Сибири, в том числе 341,9 тыс. т или 7,3% – в Красноярском крае, 331,7 тыс. т или 7% – в Новосибирской области и наибольшее количество зерна овса – 673,9 тыс. т (14,3%) – в Алтайском крае.

Целью настоящей работы было исследование сортов и линий овса пленчатого в параллельном конкурсном испытании по адаптивности и стабильности урожайности и выделение перспективных для использования в производстве.

Методика. В соответствии с методикой Государственного сортоиспытания [13] в двух экологических точках Кировской области: Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого (ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров), расположенный в центральной агроклиматической зоне области, и Фаленская селекционная станция – филиал ФАНЦ Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого (Фаленская СС, п. Фаленки), находящаяся на северо-востоке центральной агроклиматической зоны области, изучено 9 сортов и линий овса пленчатого. Почва опытных участков – дерново-подзолистая среднесуглинистая с рН 4,76 (Киров) и 6,63 (п. Фаленки) на окультуренном фоне и на естественно-кислом – рН 4,13; Al^{3+} в пахотном слое – 13,86 мг/100 г почвы, в подпахотном – 17,73 мг/100 г почвы (п. Фаленки). Влияние факторов окружающей

среды на урожайность оценивали по экологической пластичности (b_i), стабильности (S_i^2), рассчитывали индекс условий среды (I) и среднее квадратическое отклонение (O) [14], определяли стабильность (Y_{min}/Y_{max}) [15], стрессоустойчивость ($Y_{min}-Y_{max}$) и генетическую гибкость $[(Y_{min}+Y_{max})/2]$ [16]. Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета селекционно-ориентированных программ AGROS, версия 2.07 и пакета прикладных программ Microsoft Excel из стандартного набора Microsoft Office.

Результаты и обсуждение. Условия вегетации овса различались по годам и экологическим точкам. В 2018 г. индекс условий среды (I) был отрицательным (-10,50) на опытном поле ФАНЦ Северо-Востока и положительным (3,86) для станции, в 2017 г. отмечали равный для двух экологических точек индекс – 3,39 и 3,26 соответственно. Из-за различий в сроках схода снега и сева – 7 мая в оба года исследований в Кирове, в Фаленках – 28 мая в 2017 г. и 22 мая в 2018 г. обеспеченность эффективными температурами и влагой по фазам развития овса была неодинаковой в двух экологических точках. Показатели гидротермических коэффициентов в период посев – всходы в условиях станции указывают на достаточное увлажнение в 2017 г. (ГТК=1,10) и избыточное – в 2018 г. (ГТК=4,94); фазу полных всходов наблюдали 10 и 3 июня соответственно. Условия первой половины вегетации 2017 г. в Кирове способствовали появлению дружных всходов (24 мая) и формированию продуктивного стеблестоя овса, несмотря на переувлажнение в период от посева до всходов (ГТК=8,21). В 2018 г. отмечали засуху средней уровня (ГТК=0,67) в конце апреля – первой половине мая, что привело к формированию неравномерных всходов (18 мая) и снижению урожайности.

Средняя для 9 генотипов овса урожайность в 2018 г. на опытном поле ФАНЦ Северо-Востока составила 49,6 ц/га, в 2017 г. – 63,5 ц/га, что близко к показателю урожайности сортов и линий овса в исследованиях в Фаленках (табл. 1). Наиболее стабильную по годам урожайность сорта и линии овса пленчатого сформировали в условиях Фаленской селекционной станции. Коэффициент вариации составил 16,4% в 2017 г. и 6,0% в 2018 г., в Кирове – 58,6 и 14,6% соответственно. Наибольшая средняя в исследованиях урожайность (64,4 ц/га) и высокая отзывчивость на изменение условий среды в разрезе лет и экологических точек ($b_i=1,59$; генетическая гибкость – 61,4 ц/га) отмечены у линии И-4592 при варьировании показателя от 75,1 до 47,6 ц/га (табл. 2). Полученные результаты свидетельствуют о специфической реакции линии на изменение условий среды, наличии эффекта взаимодействия генотип – среда, при увеличении пластичности отмечено снижение ее устойчивости к стрессовым факторам среды [15, 17]. Все это позволяет отнести линию И-4592 к группе интенсивных генотипов.

Средняя урожайность перспективной линии интенсивного типа И-4808 была на 6,0 ц/га больше стандарта – сорта Кречет на фоне окультуренных почв, на алюмокислых почвах составила 35,3 ц/га, прибавка – 5,8 ц/га. Коэффициент регрессии больше 1 ($b_i=1,37$), показатели дисперсии стабильности ($S_i^2=9,78$) и стрессоустойчивости (-21,8 ц/га) указывают на большую стабильность урожайности данной линии ($V=15,6\%$) относительно линии И-4592. По мнению ряда авторов [15, 18], чем меньше показатель S_i^2 , тем более устойчив признак во времени и пространстве, а коэффициент регрессии (b_i) и дисперсия стабильности (S_i^2) отражают разные сторо-

Табл. 1. Урожайность (ц/га) сортов и линий пленчатого овса в питомниках параллельного конкурсного испытания

Сорт, линия	Киров		Фаленки		Средняя	
	2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.	величина	+/- к стандарту
Кречет, стандарт	63,2	47,0	59,0	62,2	57,8	
И-4388	64,2	55,3	65,0	62,7	61,8	+4,0
И-4592	75,1	47,6	68,0	67,0	64,4	+6,6
Сапсан	61,2	47,9	61,0	60,4	57,6	-0,2
Медведь	51,1	48,4	64,0	62,1	56,4	-1,4
Бербер	64,0	51,9	60,0	62,7	59,7	+1,9
2h12o	62,2	51,9	64,0	68,4	61,6	+3,8
И-4808	69,2	49,2	71,0	65,7	63,8	+6,0
Аргамак	61,0	47,0	58,0	64,2	57,6	-0,2
Средняя	63,5	49,6	63,3	63,9		
НСР ₀₅	3,7	2,9	3,5	3,1		

ны процесса модификационной адаптации, поскольку корреляция между ними незначима. В исследованиях для этих показателей выявлены несущественная зависимость ($r=0,09$) и значимая ($r=0,93$) – между показателями урожайности и генетической гибкости ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$).

Существенные положительные корреляции определены для коэффициентов регрессии с показателями варьирования ($V\%$) и стабильности урожайности (Y_{\min}/Y_{\max}), отрицательная – со стрессоустойчивостью ($Y_{\min} - Y_{\max}$) (табл. 3). Корреляции этих показателей с вариансой стабильности (S_i^2) были слабые или средние отрицательные и положительные.

Значительный интерес для продолжения исследований представляет линия 2h12o с высокой средней урожайностью (61,6 ц/га) и коэффициентом регрессии,

Табл. 2. Характеристика адаптивности и стабильности генотипов пленчатого овса

Сорт	b_i	S_i^2	σ	$V, \%$	$Y_{\min} - Y_{\max},$ ц/га	Y_{\min}/Y_{\max}	$(Y_{\min} + Y_{\max})/2,$ ц/га
Кречет, стандарт	1,04	4,23	7,45	12,9	-16,2	1,34	55,1
И-4388	0,61	1,85	4,44	7,2	-9,7	1,18	60,2
И-4592	1,59	21,58	11,78	18,3	-27,5	1,58	61,4
Сапсан	0,92	0,48	6,49	11,3	-13,3	1,28	54,6
Медведь	0,77	4,80	7,80	13,8	-15,6	1,06	55,3
Бербер	0,74	3,84	5,43	9,1	-12,1	1,23	58,0
2h12o	0,94	8,62	6,97	11,3	-16,5	1,32	60,2
И-4808	1,37	9,78	9,96	15,6	-21,8	1,44	59,2
Аргамак	1,02	7,82	7,48	13,0	-17,2	1,36	55,6

Табл. 3. Коэффициенты корреляции показателей стабильности урожайности линий и сортов пленчатого овса

Показатель	b_i	V	$Y_{\min} - Y_{\max}$	Y_{\min}/Y_{\max}
b_i	1,00			
V	0,90*	1,00		
$Y_{\min} - Y_{\max}$	-0,96*	-0,95*	1,00	
Y_{\min}/Y_{\max}	0,92*	0,67*	-0,82*	1,00

*Значимо при $r \geq 0,66$.

близким к 1 ($b_i=0,94$). Линию характеризует высокий показатель генетической гибкости (60,2 ц/га), что указывает на стабильность урожайности по годам и экологическим точкам ($V=11,3\%$), компенсаторную способность генотипа. Перспективная линия имеет более широкий диапазон приспособительных возможностей и устойчивости к стрессовым факторам ($S_i^2=8,62$) окружающей среды, а показатель среднеквадратического отклонения ($\sigma=6,97$) свидетельствует о меньшем отклонении максимальной и минимальной урожайности от средней величины при изменении условий выращивания, чем у линий И-4592, И-4808. Это позволяет с высокой долей вероятности прогнозировать урожайность линии 2h12o и указывает на перспективу ее последующего использования в производстве.

К полуинтенсивным генотипам, способным формировать стабильную по годам урожайность ($b_i < 1$, $S_i^2=0,48-4,80$, $V=9,1-13,8\%$, $\sigma=5,43-7,80$), отнесены сорта Сапсан, Медведь и Бербер, допущенные в производство в 2016-2019 гг. Их стрессоустойчивость изменялась от 12,1 ц/га у сорта Бербер до 15,6 ц/га у сорта Медведь. Близкие характеристики имели сорта Аргамак и Кречет, включенные в Госреестр в 1996 и 2005 гг. соответственно. Использование в производстве сортов этой группы позволяет планировать производство зерна даже при неблагоприятных условиях.

Таким образом, выделены перспективные линии интенсивного типа: И-4592 с урожайностью 64,4 ц/га, И-4808 с урожайностью 63,8 ц/га, отзывчивые на изменение условий среды в разрезе лет и экологических точек. Линия И-4808 проявила более высокую стрессоустойчивость и стабильность урожайности и передана на Государственное испытание как сорт Фаленец. У перспективной линии 2h12o отмечен широкий диапазон приспособительных возможностей и устойчивость к стрессовым факторам ($S_i^2=8,62$; $Y_{\min} - Y_{\max}=16,5$ ц/га) при средней урожайности 61,6 ц/га, коэффициенте регрессии, близком к 1 ($b_i=0,94$), и высокой генетической гибкости (60,2 ц/га), что указывает на перспективу ее использования в производстве. Новые сорта овса пленчатого Сапсан, Медведь и Бербер отнесены к полуинтенсивным генотипам, способным формировать стабильную по годам урожайность. Использование в производстве сортов этой группы позволяет с высокой долей вероятности прогнозировать производство зерна в варьирующих условиях окружающей среды. Установлена значимая корреляция ($r=0,93$) между урожайностью и генетической гибкостью генотипа ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2$).

Литература

1. Пакуль В.Н., Мартынова С.В., Андросов Д.Е. Оценка адаптивной способности и стабильности ярового ячменя в условиях северной лесостепи Кузнецкой котловины // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32. – N. 1. – С. 32-34.
2. Pereira H.S., Alvares R.C., Silva F.C., de Faria L.C., Melo L.C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality // *Semina: Ciencias Agrarias, Londrina*. – 2017. – V. 38. – N. 3. – P. 1241-1250.
3. Admas S., Tesfaye K. Genotype-by-environment interaction and yield stability analysis in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes in North Shewa, Ethiopia // *Acta Universitatis Sapientiae. Agriculture and Environment*. 2017. – N. 9. – P. 82-94.
4. Gedif M., Yigzaw D., Tsige G. Genotype-environment interaction and correlation of 625 some stability parameters of total starch yield in potato in Amhara region, Ethiopia // *Plant Breed. Crop Sci.* – 2014. – N. 6(3). – P. 31-40.
5. Hinch D.K., Zuther E., Obel N. Fructans from Oat and rye: Composition and Effects on Membrane Stability during drying // *Biochimica et Biophysica Acta (bba) Biomembranes*. – 2007. – V. 178 (6). – P. 1611-1619. <https://doi.org/10.1016/j.bbamem.2007.03.011>.
6. Des Marais D.L., Hernandez K.H., Juenger T.E. Genotype-by-environment interaction and plasticity: exploring genomic responses of plants to the abiotic environment // *Annual Rev. Ecol. Evol. Syst.* – 2013. – V. 44. – P. 5-29.
7. Povilaitis V. Relationship between Spring Barley productivity and Growing management in Lithuania's Lowland // *Acta Agriculturae scandinavica. Section b: Soil and Plant Science*. – 2018. – N. 1 (68). – P. 86-95. <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34798231>.
8. Hill C.B., Li C. Genetic Architecture of Flowering Phenology in cereals and Opportunities for crop Improvement // *Frontiers in Plant Science*. – 2016. – N. 7. – P. 1906 <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34429344>
9. Lorenz A.J., Smith K.P. Adding Genetically Distant Individuals to Training 668 Populations Reduces Genomic Prediction Accuracy in Barley // *Crop Sci.* – 2015. – V. 55. – P. 2657-2667.
10. Muslimov M.G., Taimazova N.S., Arnautova G.I. Comparative Characteristics of Productivity Elements among film and Huskless forms of Oat // *International Journal of Ecology and Development*. – 2017. – V. 32. – N 4. – P. 130-137 <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34591925>.
11. Gadisovich M.B., Kurkiev K.U., Muslimov M.G. Comparative Characteristics of Productivity Elements among film and Huskless forms of Oat // *International Journal of Green Pharmacy*. – 2017. – V. 11. – N 3. – P. 502-507 - <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34587262>
12. Николаев Ю.Н., Андросов О.В. Семеноводство и питомниководство РФ: аналитическая статистика // *Вестник Россельхозцентра*. – 2018. – N. 1. – С.13-16.
13. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985. – 230 с.
14. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственная биология*. – 1984. – N. 4. – С. 109-113. <https://yandex.ru/search/?text=%D0%9FA1.%20109-113.&lr=46&clid=2242347>.
15. Сапега В.А. Генотип-средовое взаимодействие, урожайность и адаптивный потенциал сортов яровой пшеницы // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2019. – N. 3. – С. 10-15. DOI: 10.31857/S2500-26272019310-15.
16. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2005. – №6. – С. 49-53.
17. Соколенко Н.И., Комаров Н.М. Исходный материал для селекции озимой пшеницы на продуктивность и важнейшие адаптивные признаки // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – Т. 30. – N. 9. – С. 26-29.
18. Сайнакова А.Б., Литвинчук О.В. Оценка экологической пластичности и стабильности коллекционных образцов овса по массе 1000 зерен // *Вестник Кемеровского государственного университета*. – 2015. – №4 (64). – Т.3. – С. 72-74.

**Поступила в редакцию 09.09.19
Принята к публикации 30.10.19**