



Адаптивность образцов пленчатого овса в коллекционном питомнике

© 2023. Н. В. Кротова ✉, Г. А. Баталова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Актуальной является задача изучения экологической и адаптивной способности образцов пленчатого овса в конкретных условиях выращивания для получения высокой урожайности и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам. В 2020–2022 гг. в условиях Кировской области изучено 47 образцов овса пленчатого (стандарт – сорт Кречет). Неблагоприятные условия для формирования урожайности сложились в 2021 г. ($I_j = -1,2$), относительно благоприятные – в 2020 г. ($I_j = +0,4$) и 2022 г. ($I_j = +0,8$). Урожайность образцов изменялась по годам, коэффициент варьирования менялся от 2,9 % (к-14221 Рс 60, Канада) до 75,4 % (к-15536 UFRGS-11, Бразилия). Отзывчивостью на улучшение условий произрастания ($b_i > 1$) обладали 24 образца, в том числе к-15547, к-14649 (Россия), к-15464 (Казахстан), к-15533, к-15545, к-1554 (Бразилия), к-15583, к-15585 (Швеция) и другие. Амплитуду изменений продуктивности характеризует показатель стабильности (S_i^2). Стабильность урожайности образцов к-15530 UFRGS-2, к-15541 UFRGS-17 (Бразилия), к-13658 Рс 35, к-14221 Рс 60 (Канада) варьировала в пределах 0,04...0,79. Наиболее стрессоустойчивы образцы из Канады (к-14221, к-13670), Бразилии (к-15530, к-15541) и Швеции (к-15586). Генетическая гибкость показывает реакцию растений на условия произрастания, максимальные значения признака ($433 \dots 527 \text{ г/м}^2$) отмечены у образцов к-15542 UFRGS-18 (Бразилия), к-14648 Аргамак (Россия), к-14397 Рс 67 (Канада), к-15583 Мутант 230, к-15585 Мутант 261 (Швеция). По результатам испытаний выделено 11 образцов для получения исходного материала с нужными параметрами. Для включения в селекционные программы рекомендуются образцы к-15541 UFRGS-17, к-15542 UFRGS-18, к-13662 Рс 45, к-14668 Рс 54, к-13187 Рс-56, к-14431 Рс 59, к-13658 Рс 35, к-14221 Рс 60, к-14396 Рс 64, к-14397 Рс 67. Данным образцам свойственна адаптивность к меняющимся условиям произрастания по признаку «урожайность».

Ключевые слова: урожайность, пластичность, стабильность, стрессоустойчивость, генетическая гибкость

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0009).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кротова Н. В., Баталова Г. А. Адаптивность образцов пленчатого овса в коллекционном питомнике. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(5):749-756. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.749-756>

Поступила: 21.04.2023 Принята к публикации: 03.10.2023 Опубликовано онлайн: 30.10.2023

Adaptability of accessions of filmy oats in the collection nursery

© 2023. Nadezda V. Krotova ✉, Galina A. Batalova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

It is urgent to study the ecological and adaptive ability of oat samples in specific growing conditions to obtain high yields and resistance to biotic and abiotic stresses. In 2020–2022 in the conditions of Kirov region 47 samples of oats (standard - variety Kretchet) were studied. Unfavorable conditions for the formation of yield were in 2021 ($I_j = -1.2$), relatively favorable – in 2020 ($I_j = +0.4$) and 2022 ($I_j = +0.8$). Yield of samples varied among the years, with the coefficient of variation varying from 2.9 % (к-14221 Рс 60, Canada) to 75.4 % (к-15536 UFRGS-11, Brazil). Twenty-four accessions, including к-15547, к-14649 (Russia), к-15464 (Kazakhstan), к-15533, к-15545, к-1554 (Brazil), к-15583, к-15585 (Sweden), etc., were responsive to improvement of growing conditions ($b_i > 1$). The amplitude of productivity changes is characterized by the stability index (S_i^2). Stability of yield of samples к-15530 UFRGS-2, к-15541 UFRGS-17 (Brazil), к-13658 Рс 35, к-14221 Рс 60 (Canada) varied within 0.04...0.79. Samples from Canada (к-14221, к-13670), Brazil (к-15530, к-15541) and Sweden (к-15586) were the most stress tolerant. Genetic flexibility shows the reaction of plants to growing conditions, the maximum values of the trait ($433 \dots 527 \text{ g/m}^2$) were observed in samples к-15542 UFRGS-18 (Brazil), к-14648 Argamak (Russia), к-14397 Рс 67 (Canada), к-15583 Mutant 230, к-15585 Mutant 261 (Sweden). According to the results of the tests, 11 samples were selected for obtaining source material with the required parameters. The samples к-15541 UFRGS-17, к-15542 UFRGS-18, к-13662 Рс 45, к-14668 Рс 54, к-13187 Рс-56, к-14431 Рс 59, к-13658 Рс 35, к-14221 Рс 60, к-14396 Рс 64, к-14397 Рс 67 are recommended for inclusion in breeding programs. These samples are characterized by adaptability to varying growing conditions according to the "yield" trait.

Keywords: productivity, plasticity, stability, stress resistance, genetic flexibility

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2022-0009).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Krotova N. V., Batalova G. A. Adaptability of accessions of filmy oats in the collection nursery. Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(5):749-756. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.749-756>

Received: 21.04.2023

Accepted for publication: 03.10.2023

Published online: 30.09.2023

Овес занимает пятое место по посевным площадям среди зерновых культур в мировом земледелии. Основная доля посевов приходится на Россию. Способность реализовать потенциал в изменяющихся условиях произрастания определяет ценность сорта [1]. Важную роль в селекции овса отводят созданию сортов, адаптивных к экологическим факторам [2]. Изучение коллекционных образцов овса различного эколого-географического происхождения в конкретных почвенно-климатических условиях позволяет оценить их по комплексу признаков и включить в селекционный процесс для создания нового адаптированного материала, способного реализовать продуктивный потенциал [3, 4].

В связи с этим актуальна задача изучения экологической и адаптивной способности образцов овса в конкретных условиях выращивания [5, 6] для получения высокой урожайности и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам [7, 8].

Цель исследования – изучить в условиях Кировской области коллекционные образцы пленчатого овса по адаптивным свойствам урожайности и выделить лучшие для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Научная новизна – представлена характеристика коллекционных образцов овса в условиях Кировской области, которые проанализированы по способности формировать высокую урожайность в различных гидротермических условиях вегетации.

Материал и методы. В 2020-2022 гг. на опытном поле ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудниченко» (ФАНЦ Северо-Востока; Кировская область) изучено 47 образцов овса пленчатого (стандарт – сорт Кречет) в соответствии с методическими рекомендациями ВИР¹. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по А. И. Селянинову², индекс условий среды (I_j), коэффициент регрессии (b_i), индекс стабильности (S_i^2) – по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной [9]. Показатели стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетической гибкости ($(Y_{\max} + Y_{\min})/2$) определяли по уравнениям А. А. Rosielle и J. Hamblin в изложении

А. А. Гончаренко [10]. Коэффициент отзывчивости на благоприятные условия выращивания (K_p) находили по методу В. А. Зыкина [11], гомеостатичность (H_{om}) по В. В. Хангильдину [12]. Индекс стабильности (ИС) и индекс интенсивности (ИИ) считали по Р. А. Удачину, А. П. Головченко [13], по Э. Д. Неттевичу определяли показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) [14]. Коэффициент вариации (CV) и математическую обработку результатов двухфакторного опыта (сорт, год, их взаимодействие) рассчитывали по методике Б. А. Доспехова³ с помощью программ AGROS 2.07, Microsoft Office Excel 2007. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, размер делянки 1 м², повторность 3-кратная, предшественник – чистый пар.

Результаты и их обсуждение. Условия вегетации в годы исследований были контрастными по температуре и осадкам. Май-июнь 2020 г. характеризовались неустойчивой по температуре погодой с небольшими дождями. В начале июля преобладала очень теплая и жаркая преимущественно сухая погода, во второй половине месяца – умеренно-теплая и теплая с сильными ливнями. Период созревания и уборки был достаточно благоприятен для формирования урожайности овса, гидротермический коэффициент (ГТК) в период «выметывание-созревание» составил 1,95.

Посев и появление всходов в 2021 г. проходили при теплой и жаркой погоде как с сухими, так и дождливыми периодами (ГТК = 0,11). Июнь-июль были умеренно-теплыми и жаркими месяцами (ГТК = 0,67). В августе также преобладала теплая и жаркая сухая погода, что ускорило процессы созревания и начало уборки.

Май-июнь 2022 г. характеризовались неустойчивой, холоднее обычного погодой, преимущественно с небольшими, в отдельные дни значительными осадками. Гидротермический коэффициент в период «всходы-выметывание» составил 2,71. В июле преобладала теплая, временами жаркая сухая погода. В августе наблюдали теплую и жаркую с редкими дождями погоду. Температурный режим и условия увлажнения в августе способствовали созреванию посевов и были благоприятны для уборки (ГТК периода «выметывание-созревание» – 2,05).

¹Международный классификатор рода *Avena* L. Л.: ВИР, 1984. 42 с.; Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб: ВИР, 2012. 63 с.

²Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928;20:165-177.

³Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.

В целом, период вегетации сложился благоприятным для роста, развития и формирования высокой продуктивности растений овса.

За годы исследований отмечена средняя положительная зависимость между урожайностью и значениями ГТК ($r = 0,51$).

Таблица 1 – Результаты дисперсионного анализа по влиянию изучаемых факторов и их взаимодействия на изменчивость урожайности образцов овса (2020-2022 гг.) /

Table 1 – Results of analysis of variance on the influence of the studied factors and their interaction on the variability of yield of oat samples (2020-2022)

<i>Источник варьирования / Source of variation</i>	<i>ss</i>	<i>df</i>	<i>ms</i>	<i>F</i>	<i>HCP</i>	<i>Доля влияния фактора, % / The share of influence of the factor, %</i>
Общее / General	5362801,500	287	-	-	-	100,0
Блоки / Blocks	2107,093	1	2107,093	5,814*	-	0,04
Варианты / Variants	5308872,500	143	37124,984	102,445*	37,616	98,99
Фактор А (сорт) / Factor A (variety)	2060993,375	2	1030496,688	2843,605*	5,429	38,43
Фактор В (год) / Factor B (year)	1468169,375	47	31237,646	86,199*	21,718	27,38
Взаимодействие АВ / Interaction AB	1779709,750	94	18933,082	52,245*	37,616	33,19
Случайные отклонения / Random deviations	51821,906	143	362,391	-	-	0,97

* Значимо при $P \geq 0,95$ / *It is significant when $P \geq 0.95$

В результате исследований выявлено, что наибольшее влияние на изменчивость урожайности сортообразцов овса оказал фактор «генотип» – 38,43 %. Доля вклада фактора «год» составила 27,38 %, взаимодействия факторов – 33,19 %. То есть при использовании более адаптивных образцов овса существует возможность повышения урожайности и сохранения ее стабильности.

В среднем за 2020-2022 гг. максимальная урожайность получена у пленчатого образца к-15542 UFRGS-18 (Бразилия) – 557 г, или +104 г к стандарту Кречет (табл. 2). Выше или на уровне стандарта (465...498 г/м²) сформировалась урожайность у образцов: к-14648 (Россия), к-15583, к-15584, к-15585 (Швеция), к-14397 (Канада), данные образцы отнесены к средне-спелым (продолжительность периода «всходы-восковая спелость» – 71...74 дня).

Стабильность урожайности определяется в значительной мере условиями окружающей среды, компоненты которой нерегулируемы (температура, осадки, продолжительность светового дня и т. д.). Поэтому изменчивость условий среды, невозможность их контролировать и регулировать обуславливают высокую вариабельность урожайности.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа, сорт (фактор А), погодные условия года (фактор В), а также взаимодействие этих факторов оказали достоверное влияние на урожайность овса на 5%-ном уровне значимости (табл. 1).

Коэффициент вариации служит показателем относительной степени изменчивости признака. Урожайность образцов варьировала по годам, коэффициент варьирования изменялся от незначительного ($CV = 2,9\%$) у образца к-14221 Рс 60 (Канада) до очень высокого ($CV = 75,4\%$) у образца к-15536 UFRGS-11 (Бразилия) (табл. 2).

Средняя изменчивость показателя «урожайность» отмечена у образцов: к-15530 (Бразилия), к-13662, к-14431, к-13658, к-14396 (Канада) ($CV = 14,2...19,8\%$).

Судя по индексу условий среды (I_j), который изменялся от -1,2 до +0,8, лучшие условия для формирования большего показателя урожайности сложились в 2020 г. ($I_j = +0,4$) и 2022 г. ($I_j = +0,8$).

Адаптивность образцов овса определяли по оценке их пластичности, рассчитанной согласно коэффициенту линейной регрессии (b_i). Данная величина позволяет оценить реакцию растений на изменение условий выращивания. Проведенный анализ показал, что отзывчивостью на улучшение условий произрастания ($b_i > 1$) обладают 24 изученных образца, часть из них представлена в таблице 3: к-15547, к-14648 (Россия), к-15464 (Казахстан), к-15533, к-15545, к-15546 (Бразилия), к-15583, к-15585 (Швеция) и другие.

Таблица 2 – Урожайность образцов пленчатого овса в зависимости от условий среды, г/м² /
 Table 2 – Yield of filmy oat samples depending on environmental conditions, g/m²

№ по каталогу / Catalogue No	Название / Name	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее / Average	CV, %
к-14857	Кречет, ст. / Krechet, st.	501	325	534	453	24,8
к-15542	UFRGS-18	420	634	618	557	21,4
к-14648	Аргамак / Argamak	460	257	678	465	45,3
к-15583	Мутант 230 / Mutant 230	636	229	629	498	46,8
к-15584	Мутант 258 / Mutant 258	512	315	572	466	28,8
к-15585	Мутант 261 / Mutant 261	533	262	614	470	39,2
к-14397	Рс 67	599	358	448	468	26,0
к-14221	Рс 60	422	401	402	408	2,9
к-15536	UFRGS-11	162	135	491	263	75,4
к-15530	UFRGS-2	255	251	341	282	18,0
к-13662	Рс 45	445	326	443	405	16,8
к-14431	Рс 59	407	462	309	393	19,8
к-13658	Рс 35	367	343	448	386	14,2
к-14396	Рс 64	440	376	532	449	17,4
Индекс условий среды (I _j) / Environment index (I _j)		+0,4	-1,2	+0,8	-	-

Генотипы таких растений относятся к интенсивному типу, хорошо отзываются на благоприятные агрометеорологические условия произрастания, но при этом значительно снижают урожайность при неблагоприятных. К слабоотзывчивым на улучшение условий произрастания ($b_i < 1$) отнесен 21 образец, в том числе к-15549 (Россия), к-15530, к-15539, к-15541 (Бразилия), к-15586 (Швеция), к-13187, к-13658, к-14396 (Канада) и другие. Генотипы к-15550 Среднеспелый 2 (Россия), к-15589 Rousse 244 (Болгария), к-15543 UFRGS-19 (Бразилия) и стандарт Кречет (Россия), у которых коэффициент регрессии близок к 1, имели полное соответствие величины урожайности изменениям условий выращивания.

Амплитуду изменений продуктивности характеризует показатель стабильности (S_i^2), чем меньше его отклонение от нуля, тем стабильнее сорт. Стабильность урожайности образцов к-15530 UFRGS-2, к-15541 UFRGS-17 (Бразилия), к-13658 Рс 35, к-14221 Рс 60 (Канада) варьировала в пределах 0,04...0,79.

Степень устойчивости сортов овса к неблагоприятным факторам среды определяет интервал между минимальной и максимальной урожайностью. Наиболее стрессоустойчивы образцы, имеющие наименьшую разницу: к-14221 (Канада), к-15530, к-15541 (Бразилия), к-13670 (Канада), к-15586 (Швеция).

Генетическая гибкость показывает реакцию растений на условия произрастания, больший показатель определяет степень соответствия между факторами среды и урожайностью. Высокие показатели наблюдали у 14 образцов. Максимальные значения признака (433...527 г/м²) отмечены у к-15542 UFRGS-18 (Бразилия), к-14648 Аргамак (Россия), к-14397 Рс 67 (Канада), к-15583 Мутант 230, к-15585 Мутант 261 (Швеция). Образец к-14221 Рс 60 (Канада) высокую генетическую гибкость сочетал со стрессоустойчивостью. Корреляционной зависимости стрессоустойчивости от генетической гибкости не выявлено ($r = -0,06$).

Для оценки селекционной и хозяйственно полезной ценности образцов используют коэффициент отзывчивости (K_p) на благоприятные условия выращивания. Согласно данным В. А. Зыкина с соавторами [11], чем сильнее отличается урожайность сорта, полученная при благоприятных условиях, от величины урожайности при неблагоприятных, тем более информативны данные. В соответствии с ним все генотипы положительно реагировали на лучшие условия произрастания ($K_p > 1$). Максимальную отзывчивость ($K_p = 3,15...6,04$) наблюдали у сортообразцов из России (к-15547) и Бразилии (к-15533, к-15535, к-15536, к-15544, к-15545, к-15546) (табл. 4).

Таблица 3 – Урожайность, пластичность, стабильность, стрессоустойчивость и генетическая гибкость образцов пленчатого овса (2020-2022 гг.) /

Table 3 – Productivity, plasticity, stability, stress resistance and genetic flexibility of filmy oat samples (2020-2022)

№ по каталогу / Catalogue No	Название / Name	Урожайность, г/м ² / Yield capacity, g/m ²			b_i	S_i^2	$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$
		min	max	среднее / average				
к-14857	ст. Кречет / st. Krechet	325	534	453	1,06	4,61	-209	430
к-15547	Скороспелый 1 / Skorospely 1	128	505	322	1,39	12,17	-377	317
к-15464	Кулагер / Kulager	202	640	379	1,75	13,91	-438	421
к-15533	UFRGS-8	142	572	371	2,00	15,75	-430	357
к-15545	UFRGS-21	124	519	332	1,50	13,62	-395	322
к-15546	UFRGS-22	188	621	429	1,79	17,44	-433	405
к-14648	Аргамак / Argamak	257	678	465	1,88	13,99	-421	468
к-15583	Мутант 230 / Mutant 230	229	636	498	2,15	20,21	-407	433
к-15585	Мутант 261 / Mutant 261	262	614	470	1,74	12,20	-352	438
к-15549	Среднеспелый 1 / Srednespely 1	235	465	349	0,80	4,40	-230	350
к-15530	UFRGS-2	251	341	282	0,33	0,60	-90	296
к-15539	UFRGS-15	155	306	244	0,68	2,30	-151	231
к-15541	UFRGS-17	309	421	355	0,27	0,70	-112	365
к-15586	Мутант 666 / Mutant 666	294	459	352	0,62	2,03	-165	377
к-13187	Рс 56	302	462	398	0,74	2,64	-160	382
к-13658	Рс 35	343	448	386	0,42	0,79	-105	396
к-14396	Рс 64	376	532	449	0,68	1,84	-156	454
к-15550	Среднеспелый 2 / Srednespely 2	163	382	297	1,03	5,08	-219	273
к-15589	Rousse 244	150	411	295	1,08	6,33	-261	281
к-15543	UFRGS-19	316	513	443	1,00	4,50	-197	415
к-14221	Рс 60	401	422	408	0,04	0,04	-21	412
к-13670	Рс 62	258	387	336	-0,51	1,20	-129	323
к-15542	UFRGS-18	420	634	557	-0,42	3,61	-214	527
к-14397	Рс 67	358	599	468	0,74	4,60	-241	479

Примечания: b_i – коэффициент регрессии, S_i^2 – показатель стабильности, $Y_{min} - Y_{max}$ – стрессоустойчивость, $(Y_{min} + Y_{max})/2$ – генетическая гибкость /

Notes: b_i – regression coefficient, S_i^2 – stability indicator, $Y_{min} - Y_{max}$ – stress resistance, $(Y_{min} + Y_{max})/2$ – genetic flexibility

Реакция растений овса на благоприятный агрофон может быть оценена показателем интенсивности (индекс интенсивности, ИИ). Наиболее высокие показатели индекса интенсивности в исследовании получены у образцов к-15547 Скороспелый 1 (Россия), к-15464 Кулагер (Казахстан), к-15533 UFRGS-8, к-15544 UFRGS-20, к-15546 UFRGS-22 (Бразилия), к-15583 Мутант 230 (Швеция).

Гомеостатичность (H_{om}) характеризуется способностью сводить к минимуму последствия неблагоприятных условий внешней среды. Данный признак варьировал от 1,14 (к-15544 UFRGS-20) до 42,00 (к-14221 Рс 60). Выделены образцы к-15530, к-15541 из Брази-

лии и к-13662, к-13658, к-14396 из Канады (H_{om} 15,47...24,83).

Индекс стабильности (ИС) является признаком гомеостатической реакции образца в различных условиях произрастания. Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) наглядно дает оценку по адаптивной способности, более полно характеризует стабильность и уровень урожайности образцов овса. Наибольшую приспособленность (стабильность признака) к данным условиям по этим двум признакам показали генотипы: к-15542 (Бразилия), к-13662, к-13658, к-14221, к-14396 (Канада) (ИС = 24,04...139,16; ПУСС = 117,31...685,02 % к стандарту).

Таблица 4 – Параметры адаптивности образцов пленчатого овса (2020-2022 гг.) /
Table 4 – Adaptability parameters of filmy oat samples (2020-2022)

№ по каталогу / Catalogue No	Название / Name	K_p	ИИ	H_{om}	ИС	ПУСС
к-14857	ст. Кречет / st. Krechet	1,64	55,73	8,14	18,29	100,00
к-15547	Скороспелый 1 / Skorospely 1	3,95	100,53	1,46	5,50	21,39
к-15533	UFRGS-8	4,03	114,59	1,47	6,37	28,53
к-15535	UFRGS-10	3,15	82,07	1,25	4,15	13,10
к-15536	UFRGS-11	3,64	94,87	0,88	3,48	11,02
к-15544	UFRGS-20	6,04	114,13	1,14	5,37	23,01
к-15545	UFRGS-21	4,19	105,33	1,40	5,55	22,21
к-15546	UFRGS-22	3,30	115,47	1,89	8,35	43,19
к-15464	Кулагер / Kulager	3,17	116,87	1,35	6,24	28,55
к-15583	Мутант 230 / Mutant 230	2,78	108,53	2,28	10,64	63,94
к-14221	Рс 60	1,05	5,60	42,00	139,16	685,02
к-15530	UFRGS-2	1,36	23,95	15,47	15,70	53,45
к-15541	UFRGS-17	1,26	23,28	18,10	21,34	91,32
к-15542	UFRGS-18	1,51	57,07	10,92	26,05	175,14
к-13662	Рс 45	1,37	31,73	17,65	24,04	117,31
к-13658	Рс 35	1,30	27,87	24,83	27,19	126,52
к-14396	Рс 64	1,41	41,52	16,48	25,79	139,71

Примечания: K_p – коэффициент отзывчивости; ИИ – индекс интенсивности; H_{om} – гомеостатичность; ИС – индекс стабильности; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта /
Notes: K_p – responsiveness coefficient; ИИ – intensity index; H_{om} – homeostaticity; ИС – stability index; ПУСС – indicator of the level of stability of the variety

Установлена положительная корреляционная зависимость коэффициента вариации с коэффициентом линейной регрессии ($r = 0,73$), коэффициентом отзывчивости ($r = 0,89$) и показателем стабильности ($r = 0,76$), отрицательная – с генетической гибкостью ($r = -0,35$), стрессоустойчивостью ($r = -0,87$) и гомеостатичностью ($r = -0,78$).

Многие авторы отмечают необходимость использования различных методов оценки стабильности и пластичности. Наиболее полная

картина вырисовывается при использовании принципа ранжирования по параметрам и оценке их по сумме рангов для каждого образца. При этом 1-й ранг самый высокий. В исследовании меньшая сумма рангов (152...189) при использовании методов оценки получена у образцов из Бразилии (к-15541 UFRGS-17, к-15542 UFRGS-18), Канады (к-13662 Рс 45, к-14668 Рс 54, к-13187 Рс-56, к-14431 Рс 59, к-13658 Рс 35, к-14221 Рс 60, к-14396 Рс 64, к-14397 Рс 67) (табл. 5).

Таблица 5 – Ранги параметров адаптивной способности образцов пленчатого овса по урожайности (2020-2022 гг.) /
Table 5 – Ranks of parameters of adaptive capacity of filmy oat samples by yield (2020-2022)

Название / Name	CV	b_i	S_i^2	$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	H_{om}	K_p	ИС	ИИ	ПУСС	Сумма рангов / Sum of ranks
Ст. Кречет/ St. Krechet	14	24	22	13	13	14	31	10	28	7	176
UFRGS-17	3	39	3	4	22	3	44	6	46	11	181
UFRGS-18	10	42	15	19	1	10	38	3	26	2	166
Рс 45	4	35	7	5	17	4	41	5	43	5	166
Рс 54	12	30	14	16	11	12	34	8	31	8	176
Рс-56	9	33	13	10	19	9	37	9	37	13	189
Рс 59	7	44	8	8	17	7	39	7	39	10	186
Рс 35	2	37	4	3	16	2	43	2	44	4	157
Рс 60	1	40	1	1	14	1	45	1	47	1	152
Рс 64	5	34	9	9	4	5	40	4	38	3	151
Рс 67	15	33	21	24	2	16	30	11	21	6	179

Данные образцы наиболее приспособлены к формированию высокой урожайности в условиях Кировской области, так как характеризуются устойчивостью к изменяющимся условиям произрастания.

Заклучение. По результатам испытаний 47 образцов овса в условиях Кировской области выделены перспективные источники для использования в качестве исходного материала в гибридизации для получения образов пленчатого овса с востребованными параметрами:

к-13658 Рс 35 (Канада) – стабильный, высокоурожайный, слабоотзывчив на изменения условий произрастания, устойчив к неблагоприятным факторам среды;

к-15530 UFRGS-2 (Бразилия) – стрессоустойчивый, стабильный по урожайности;

к-15547 Скороспелый 1 (Россия), к-15533 UFRGS-8, к-15544 UFRGS-20, к-15546 UFRGS-22 (Бразилия) – отзывчивы на благоприятные условия произрастания;

к-14396 Рс 64, к-13662 Рс 45 (Канада) – устойчивы к неблагоприятным условиям со стабильным уровнем урожайности;

к-15541 UFRGS-17 (Бразилия), к-15586 Мутант 666 (Швеция) – стрессоустойчивые, слабоотзывчивые на улучшение почвенных и климатических условий;

к-14221 Рс 60 (Канада) – стрессоустойчивый, генетически гибкий с низким коэффициентом вариации и высоким уровнем стабильности и гомеостатичности;

к-15542 UFRGS-18 (Бразилия) – высокоурожайный с генетической гибкостью;

к-14648 Аргмак (Россия), к-15583 Мутант 230, к-15585 Мутант 261 (Швеция) – высокоурожайные с высокой генетической гибкостью и отзывчивостью на благоприятные условия выращивания.

Для включения в селекционные программы и возделывания в условиях Кировской области рекомендуются образцы к-15541 UFRGS-17, к-15542 UFRGS-18, к-13662 Рс 45, к-14668 Рс 54, к-13187 Рс-56, к-14431 Рс 59, к-13658 Рс 35, к-14221 Рс 60, к-14396 Рс 64, к-14397 Рс 67 (сумма рангов 152...189). Данным образцам свойственна адаптивность к варьирующим условиям произрастания по признаку «урожайность».

Список литературы

1. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., 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;38(3):1241-1250. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241>
2. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Оценка генотипов овса на устойчивость к шведской мухе в условиях Кировской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(5):706-713. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713> EDN: LVHDXW
3. Тулякова М. В., Баталова Г. А., Лоскутов И. Г., Пермякова С. В., Кротова Н. В. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021;182(1):72-79. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-72-79> EDN: AMHNFZ
4. Войцущая Н. П., Лоскутов И. Г. Селекционная ценность европейских образцов овса в условиях Кубанской опытной станции ВИР. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(1):52-58. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-52-58> EDN: XDPRXL
5. Юсова О. А., Николаев П. Н., Васюкевич В. С., Анисков Н. И., Сафонова И. В. Уровень качества зерна омовских сортов овса ярового в контрастных экологических условиях. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2020;(2(55)):84-96. DOI: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96> EDN: MTSHKB
6. Драгавцев В. А., Драгавцева И. А., Ефимова И. Л., Маринец А. С., Савин И. Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» – важнейший рычаг повышения урожая сельскохозяйственных растений. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016;(59):105-121.
7. Рябова Н. Н., Николаева Н. Ю., Сорокин И. Б. Статистические характеристики изменчивости урожайности зерновых культур в зависимости от климата. *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2020;(4(56)):61-66. DOI: <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2020-56-4-61-66> EDN: DKXHWJ
8. Сотник А. Я. Оценка адаптивных свойств сортов овса по урожайности в Приобской лесостепи. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2023;53(5):40-46. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-5> EDN: WRTNUQ
9. Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. *Сельскохозяйственная биология*. 1984;19(4):109-113.
10. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник РАСХН*. 2005;(6):49-53.
11. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С., Недорезков В. Д., Исмагилов Р. Р., Кадиков Р. К., Исламгулов Д. Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. *Уфа: БашГАУ*, 2005. 100 с.
12. Хангильдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытании колосовых культур. *Научно-технический бюллетень ВСГИ*. 1986;(2(60)):36-41.
13. Удачин Р. А., Головченко А. П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы. *Селекция и семеноводство*. 1990;(5):2-6.
14. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна. *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1985;(1):66-73.

References

1. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., 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;38(3):1241-1250. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241>
2. Zhuikova O. A., Batalova G. A. Assessment of oat genotypes for resistance to frit fly in the conditions of the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):706-713. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713>
3. Tulyakova M. V., Batalova G. A., Loskutov I. G., Permyakova S. V., Krotova N. V. Assessment of adaptability parameters in hulled oat germplasm accessions in terms of their yield in the environments of Kirov Province. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021;182(1):72-79. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-72-79>
4. Voytsutskaya N. P., Loskutov I. G. Breeding value of european oat accessions in the environments of Kuban experiment station of VIR. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019;180(1):52-58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-52-58>
5. Iusova O. A., Nikolaev P. N., Vasiukevich V. S., Aniskov N. I., Safonova I. V. Spring grain quality of omsk oat varieties in the extreme environmental conditions. *Vestnik NSAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)* = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2020;(2):84-96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96>
6. Dragavtsev V. A., Dragavtseva I. A., Efimova I. L., Marinets A. S., Savin I. Yu. Management by "genotype-environment" interaction - most important lever for increase of cultivated plants yields. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016;(59):105-121. (In Russ.).
7. Ryabova N. N., Nikolaeva N. Yu., Sorokin I. B. Statistical characteristics of cereal crop yield variability depending on climate. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik Bashkir State Agrarian University. 2020;(4(56)):61-66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31563/1684-7628-2020-56-4-61-66>
8. Sotnik A. Y. Evaluation of oat varieties adaptive properties by productivity in the Priobskaya forest-steppe zone. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2023;53(5):40-46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-5-5>
9. Pakudin V. Z., Lopatina L. M. Assessment of ecological plasticity and stability of crop varieties. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 1984;19(4):109-113. (In Russ.).
10. Goncharenko A. A. On the adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties. *Vestnik RASKhN*. 2005;(6):49-53. (In Russ.).
11. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S., Nedorezkov V. D., Ismagilov R. R., Kadikov R. K., Islamgulov D. R. Methodology for calculating and assessing the parameters of ecological plasticity of agricultural plants. Ufa: *BashGAU*, 2005. 100 p.
12. Khangildin V. V. Parameters for assessing the homeostaticity of varieties and breeding lines in the testing of cereal crops. *Nauchno-tekhnicheskyy byulleten' VSGI*. 1986;(2(60)):36-41. (In Russ.).
13. Udachin R. A., Golovchenko A. P. Methodology for assessing the ecological plasticity of wheat varieties. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1990;(5):2-6. (In Russ.).
14. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Increasing the efficiency of spring wheat selection for stability, yield and grain quality. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 1985;(1):66-73. (In Russ.).

Сведения об авторах

✉ Кротова Надежда Викторовна, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник лаборатории селекции овса, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1355-083X>, e-mail: nadja.1979@yandex.ru

Баталова Галина Аркадьевна, доктор с.-х. наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, зам. директора, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3491-499X>

Information about the authors

✉ Nadezda V. Krotova, PhD in Agriculture, senior researcher, the Laboratory of Oat Breeding, Federal Agricultural Research Center of North-East named N. V. Rudnitsky, 166-a Lenin Street, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1355-083X>, e-mail: nadja.1979@yandex.ru

Galina A. Batalova, DSc in Agriculture, professor, academician of RAS, chief researcher, deputy director, Federal Agricultural Research Center of North-East named N. V. Rudnitsky, 166-a Lenin Street, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3491-499X>

✉ – Для контактов / Corresponding author