

Эффективность сортоиспытания овса в Тюменской области и оценка урожайного и адаптивного потенциала его сортов

В. А. Сапега[✉]

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

[✉]E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Аннотация. Цель – оценка эффективности государственного сортоиспытания овса в Тюменской области, его сортового районирования, а также урожайного и адаптивного потенциала допущенных к использованию сортов. **Методы.** В исследовании использовались материалы о сортовом районировании сельскохозяйственных культур и результатах сортоиспытания по Тюменской области за 1999–2023 гг., а также данные результатов госсортоиспытания сортов овса за 2018–2023 гг. в условиях северной лесостепной зоны. Вычислены коэффициент индекса условий среды (I_j), стрессоустойчивости ($Y_2 - Y_1$), изменчивости урожайности (v , %), пластичности (b_i), стабильности (S_i^2), гомеостатичности (Ном), генотипического эффекта (E) и показатель уровня стабильности сорта (ПУСС). **Научная новизна.** На основе использования различных методик выявлен урожайный и адаптивный потенциал районированных по области сортов овса при их испытании в различных экологических условиях. **Результаты.** Всего за 1999–2023 гг. было испытано 112 сортов овса и допущено к использованию 4 сорта. Оригинатором всех допущенных к использованию сортов является Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН». Отмечена значительная вариабельность индекса условий среды: от –14,2 (2021 г.) до 21,9 (2018 г.). В благоприятных условиях среды (2018 г.) высокий потенциал продуктивности выявлен у сортов Тобояк (103,1 %) и Фома (104,0 %), а в неблагоприятных (2021 г.) – высокая адаптивность у сортов Талисман (102,3 %) и Фома (119,3 %). По величине средней урожайности лучшим был сорт Тобояк (38,5 ц/га). Стрессоустойчивость низкая у всех сортов: от –33,3 (Талисман) до –38,8 (Тобояк), а изменчивость урожайности – значительная: от 34,9 % (Талисман) до 41,0 % (Мегион). Лучшим по отзывчивости на изменение условий был сорт Фома ($b_i = 1,08$), а наибольшей стабильностью урожайности и гомеостатичностью характеризовался сорт Талисман (соответственно $S_i^2 = 1,12$, Ном = 3,10). По величине генотипического эффекта и показателю уровня стабильности сорта лучшим был сорт Тобояк (соответственно $E_i = 2,5$, ПУСС = 150,0).

Ключевые слова: сортоиспытание и районирование сортов овса, урожайность, стрессоустойчивость, изменчивость урожайности, экологическая пластичность, гомеостатичность и генотипический эффект сортов овса, показатель уровня стабильности сорта, ранг сорта


Для цитирования: Сапега В. А. Эффективность сортоиспытания овса в Тюменской области и оценка урожайного и адаптивного потенциала его сортов // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 01. С. 20–30. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-01-20-30>.

Дата поступления статьи: 05.03.2024, **дата рецензирования:** 31.10.2024, **дата принятия:** 02.12.2024.

Efficiency of variety testing of oats in the Tyumen region and assessment of the yield and adaptive potential of its varieties

V. A. Sapega 

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia

 E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Abstract. The purpose of the study is to assess the efficiency of the state variety testing of oats in the Tyumen region, its varietal zoning, as well as the yield and adaptive potential of the varieties admitted to use. **Methods.** The study used materials on the varietal zoning of crops and the results of variety testing in the Tyumen region for 1999–2023, as well as data on the results of state testing of oat varieties for 2018–2023 in the northern forest-steppe zone. The coefficient of the index of environmental conditions (I), stress tolerance ($Y_2 - Y_1$), yield variability (v , %), plasticity (b_i), stability (S_i^2), homeostasis (Hom), genotypic effect (E_i) and indicator of the level of stability of the variety (ILSV). **Scientific novelty.** The yield and adaptive potential of oat varieties zoned in the region was identified based on the use of various methods, when tested under various environmental conditions. **Results.** In total for 1999–2023 112 varieties of oats were tested and 4 varieties are allowed to use. Originator of all varieties allowed to use is the Federal Research Center “Tyumen Scientific Center Siberian Branch of the Russian Academy of Science”. There was a significant variability in the environmental conditions index, from –14.2 (2021) to 21.9 (2018). Under favorable environmental conditions (2018), high productivity potential was identified in varieties Tobolyak (103.1 %) and Foma (104.0 %), and in unfavorable (2021) – high adaptability in varieties Talisman (102.3 %) and Foma (119.3 %). The variety Tobolyak (38.5 c/ha) was the best in terms of average yield. Stress tolerance is low in all varieties: from –33.3 (Talisman) to –38.8 (Tobolyak), and yield variability is significant: from 34.9 % (Talisman) to 41.0 % (Megion). The variety Foma was characterized the highest responsiveness to changes in conditions ($b_i = 1.08$), and the variety Talisman was characterized the stability of yield and homeostasis (respectively $S_i^2 = 1.12$, Hom = 3.10). The variety Tobolyak was the best in terms of genotypic effect and stability ($E_i = 2.5$, ILSV = 150.0, respectively).

Keywords: variety testing and zoning of oat varieties, yield, stress tolerance, variability of yield, ecological plasticity, homeostasis and genotypic effect of oat varieties, indicator of the level of the stability of the variety, rank of the variety

For citation: Sapega V. A. Efficiency of variety testing of oats in the Tyumen region and assessment of the yield and adaptive potential of its varieties. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (01): 20–30. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-01-20-30>. (In Russ.)

Date of paper submission: 05.03.2024, **date of review:** 31.10.2024, **date of acceptance:** 02.12.2024.

Постановка проблемы (Introduction)

Овес – одна из основных зернофуражная культур России. В условиях Западной Сибири по своей значимости он занимает третье место после пшеницы и ячменя [1].

Разностороннее использование овса обусловлено его большим агротехническим, техническим, пищевым, кормовым и лечебным значением. Овес – ценный источник растительного белка, углеводов, липидов, витаминов и других биологически активных веществ [2–4].

Мировое производство зерна овса в настоящее время составляет в среднем 28 млн т. Вклад сибирского региона в общем объеме его производства – около 40 % [2; 5; 6].

По размерам посевных площадей овса Тюменская область входит в пятерку регионов-лидеров – 106,4 тыс. га, или 4,4 % от общей площади по стране [2]. Его средняя урожайность в области за 2017–2021 гг. составила 20,3 ц/га.

В современном растениеводстве отмечается тенденция снижения устойчивости сортов культурных растений к комплексу неблагоприятных, в первую очередь абиотических факторов среды, складывающихся на протяжении вегетационного периода. В связи с этим основным направлением в решении данной проблемы является создания и внедрение в производство сортов, сочетающих продуктивность с устойчивостью к ведущим стрессовым экологическим факторам [7–10]. Это особо важно для сибирского региона, где отмечается значительное варьи-

рование агрометеорологических условий в период вегетации, что требует развития ярко выраженной адаптивной направленности селекционной работы [11; 12].

Определенная величина урожайности формируется как результат взаимодействия «генотип – среда». При этом в долевого вкладе этих факторов в величину урожайности (в частности, в условиях Западной Сибири) превалирует среда, а влияние генотипа незначительное. В производстве при формировании сортовой структуры посевов в благоприятных условиях преимущество должны иметь сорта с высоким потенциалом продуктивности, а в неблагоприятных и экстремальных – сорта, у которых потенциальная продуктивность сочетается с достаточно высокой экологической устойчивостью [12–15].

Оценка реакции сортов овса на комплекс условий окружающей среды при их испытании в ряде пунктов или в течении нескольких лет позволяет вести их отбор и дальнейшее внедрение в производство с учетом как урожайности, так и стабильности [16; 17]. При такой оценке используется ряд методов, позволяющих дать комплексную и объективную характеристику сортам по параметрам урожайности и адаптивности [18; 19].

Важная роль в оценке, отборе и внедрении сортов в производство отводится системе госсортоиспытания как завершающего этапа селекционного процесса. В Тюменской области сортоиспытание овса проводится на шести сортоучастках, расположенных в трех природно-климатических зонах: подтайге (II зона, Нижне-Тавдинский и Аромашевский ГСУ), северной лесостепи (III зона, Ялуторовский, Омутинский и Ишимский ГСУ) и южной лесостепи (IV зона, Бердюжский ГСУ).

Цель исследования – оценка эффективности государственного сортоиспытания овса в Тюменской области, его сортового районирования, а также урожайного и адаптивного потенциала допущенных к использованию сортов в условиях северной лесостепной зоны.

Методология и методы исследования (Methods)

В процессе проведения исследования использовались материалы филиала ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» по Тюменской области о сортовом районировании сельскохозяйственных культур и результатах сортоиспытания за 1999–2023 гг., а также данные урожайности допущенных к использованию сортов овса при их испытании за 2018–2023 гг. в условиях северной лесостепной зоны (Омутинском ГСУ) [20].

Объект исследования – пять сортов пленчатого овса, допущенных к использованию по 10 региону (Западно-Сибирскому): Мегион, Талисман, Отрада, Фома и Тобояк.

В годы испытания сортов предшественником была яровая пшеница. В зависимости от условий года посев проводили во вторую – третью декаду мая с нормой высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Сорта испытывали в четырехкратной повторности при рендомизированном их размещении на делянках учетной площадью 25 м². Агротехника в опыте была общепринятой при возделывании зерновых культур в северной лесостепной зоне Тюменской области.

Потенциал продуктивности сортов в наиболее благоприятных условиях и их адаптивности в наиболее неблагоприятных определяли по методике Л. А. Животкова с соавторами [21].

Стрессоустойчивость сортов определяли по методике А. А. Rossielle, J. Hemblin [22; 27; 28], а изменчивость их урожайности – по методике Б. А. Доспехова [23].

Отзывчивость сортов овса на изменение условий (коэффициент линейной регрессии) и их стабильность (среднее квадратическое отклонение от линии регрессии) определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [24], а их гомеостатичность – по методике В. В. Хангильдина [25].

Генотипический эффект сортов определяли по методике П. П. Литуна [26], а показатель уровня и стабильности их урожайности – по методике Э. Д. Неттевича с соавторами [27].

Результаты (Results)

Продолжительность испытания большинства сортов овса на госсортоучастках Тюменской области ограничивается 1–2 годами. Главная причина снятия сортов с дальнейшего испытания – низкая урожайность по сравнению со стандартом (обычно лучшим, допущенным к использованию сортом). Одной из причин снятия сортов из-за показателя урожайности в первый год испытания может быть отсутствие снятия экологического эффекта полученных семян из других регионов, который влияет на их урожайные свойства. Такое снятие достигается путем предварительного пересева семян вновь полученных сортов в условиях природно-климатической зоны, где предполагается их испытание. На эту проблему в свое время указывал профессор Н. Г. Ведров.

Одной из проблем в сортоиспытании является репрезентативность заключений при оценке сортов, т. е. насколько возможно обобщение полученных результатов, в данном случае сортоиспытания, при его проведении на ряде ГСУ в течении ряда лет. В конечном счете эта проблема состоит в надежности оценок и заключений по итогам сортоиспытания. Академик А. А. Жученко в свое время указывал на наличие в системе госсортоиспытания пространственной и временной нерепрезентативности. Первая из них, т. е. пространственная, свя-

зана с недооценкой роли макро-, мезо- и микро-климатических условий при определении ареала сортов. Ее решение может быть достигнуто путем увеличения пунктов (ГСУ) испытания. Вторая (временная) нерепрезентативность, связанная с продолжительностью испытания, влияющей на величину погрешности средних значений урожайности, а также с величиной ее вариабельности, которая зависит от того, насколько типичны или нетипичны по условиям годы испытания для данной природно-климатической зоны. Данную проблему можно решить путем увеличения продолжительности периода испытания сортов.

Анализ объема сортоиспытания овса в Тюменской области за 1999–2023 гг. показал, что количество испытанных сортов составило величину от 19 (2014–2018 гг.) до 29 (2009–2013 гг.), а всего за 25-летний период было испытано 112 сортов (таблица 1).

В каждый из пяти анализируемых пятилетних периодов было допущено к использованию не более одного сорта. Всего за 1999–2023 гг. допущено к использованию 4 сорта, что составило 3,6 % от испытанных.

Полученные данные указывают на низкую эффективность испытания сортов овса, которая, в свою очередь, указывает на проблематичность отбора сортов, характеризующихся комплексом хозяйственно ценных признаков в условиях региона. Требования производства к сортам возрастают – в первую очередь по таким важнейшим параметрам, как уровень урожайности и ее стабильность, качество зерна, продолжительность вегетационного периода, устойчивость к полеганию, болезням, вредителям и др. При таких жестких требованиях в ус-

ловиях непостоянства погодных условий в данном регионе не всегда удастся выделить ценные сорта при незначительной продолжительности их испытания (чаще всего не более двух лет) и в недостаточном количестве пунктов (ГСУ) в пределах природно-климатической зоны (чаще всего 1–2 ГСУ).

За анализируемый период было снято с районирования два сорта, в первую очередь из-за сравнительно низкой урожайности по сравнению с вновь допущенными сортами.

По данным на 2023 года в Тюменской области допущено к использованию шесть сортов овса, из них пять пленчатых, один голозерный (таблица 2).

Распространение районирования у всех сортов – по области. Наибольшая продолжительность районирования отмечена у сортов Мегион (31 год) и Талисман (22 года).

Длительность районирования, в частности, может быть связана с высоким уровнем адаптивности сорта к средним в течение ряда лет местным природно-климатическим условиям, что обеспечивает его гомеостатичность при формировании урожайности в ряду лет [12]. Такой причиной также может быть отсутствие сортов, удовлетворяющих производство по комплексу хозяйственно ценных признаков, а также ценность сорта по каким-то отдельным 1–2 признакам или свойствам, имеющим важное значение в условиях региона или природно-климатической зоны. Сорт Талисман, как будет показано далее, соответствует вышеотмеченным критериям, а у сорта Мегион комплекс признаков и свойств значительно уступает по сравнению с другими сортами, что ставит вопрос о необходимости его снятия с районирования в условиях северной лесостепной зоны.

Таблица 1
Эффективность сортоиспытания овса в Тюменской области

Год	Количество испытанных сортов, всего	Допущено сортов к использованию		Снято сортов с районирования, всего
		Всего	От испытанных, %	
1999–2003	20	1	5,0	1
2004–2008	20	–	–	–
2009–2013	29	1	3,4	–
2014–2018	19	1	5,3	1
2019–2023	24	1	4,2	–
1999–2023	112	4	3,6	2

Table 1
Efficiency of oat variety testing in the Tyumen region

Year	Number of varieties tested, total	Varieties approved for use		Removed varieties from zoning, total
		Total	From tested, %	
1999–2003	20	1	5.0	1
2004–2008	20	–	–	–
2009–2013	29	1	3.4	–
2014–2018	19	1	5.3	1
2019–2023	24	1	4.2	–
1999–2023	112	4	3.6	2

Таблица 2

Сортовое районирование овса по Тюменской области на 2023 год

Агротехнологии

Сорт	Год допуска к использованию	Распространение районирования	Продолжительность районирования, лет	Оригинатор
Мегион	1993	По области	31	Сибирский Федеральный научный центр агrobiотехнологий РАН, Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН», НПК «АгроАльянс»
Тюменский голозерный	2000	По области	4	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
Талисман	2002	По области	22	ЗАО «Нива-Агро», Сибирский Федеральный научный центр агrobiотехнологий РАН, Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН», СПК «Емуртлинский»
Отрада	2013	По области	11	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»
Фома	2015	По области	9	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН», Филиал «Госсорткомиссия» по Республике Бурятия
Тобояк	2020	По области	4	Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН»

Table 2

Varietal zoning of oats in the Tyumen region for 2023

Variety	Year of admission to use	Distribution of zoning	Zoning duration, years	Originator
Megion	1993	By region	31	Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Tyumen Scientific Center SB RAS", SPC "AGROAL'YANS"
Tumensky golozerny	2000	By region	4	Federal Research Center "Tyumen Scientific Center SB RAS"
Talisman	2002	By region	22	CJSC "Niva-Agro", Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Federal Research Center "Tyumen Scientific Center SB RAS", APC "Emurtlinskiy"
Otrada	2013	By region	11	Federal Research Center "Tyumen Scientific Center SB RAS"
Foma	2015	By region	9	Federal Research Center "Tyumen Scientific Center SB RAS", Branch "State Commission" in the Republic of Buryatia
Tobolyak	2020	By region	4	Federal Research Center "Tyumen Scientific Center SB RAS"

Оригинаторами всех допущенных к использованию сортов является Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН». Совместно с данным научно-исследовательским учреждением оригинаторами таких сортов, как Мегион, Талисман и Фома, являются Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий

РАН, НПК «Агроальянс», ЗАО «Нива-Агро», СПК «Емуртлинский» и филиал «Госсорткомиссия» по Республике Бурятия.

В годы испытания сортов выявлена значительная контрастность условий среды, которые по величине индекса (I_j) варьировали от 21,9 (2018 год) до -14,2 (2021 год) (таблица 3).

Оценка урожайного и адаптивного потенциала сортов овса в контрастных условиях среды испытания

Сорт	Год допуска к использованию	2018 г.		2021 г.	
		Урожайность, ц/га	Доля ее относительно среднесортной урожайности, %	Урожайность, ц/га	Доля ее относительно среднесортной урожайности, %
Мегион	1993	56,4	97,4	19,0	87,2
Талисман	2002	55,6	96,0	22,3	102,3
Отрада	2013	57,6	99,5	20,6	94,5
Фома	2015	60,2	104,0	26,0	119,3
Тобояк	2020	59,7	103,1	20,9	95,9
НСР ₀₅		1,8		1,0	
Среднесортная урожайность, ц/га		57,9	100,0	21,8	100,0
Индекс условий среды (I_j)		21,9		-14,2	

Table 3
Evaluation of the yield and adaptive potential of oat varieties under contrast conditions of the test environment

Variety	Year of admission to use	2018		2021	
		Yield, c/ha	Its share relative to the average port yield, %	Yield, c/ha	Its share relative to the average port yield, %
<i>Megion</i>	1993	56.4	97.4	19.0	87.2
<i>Talisman</i>	2002	55.6	96.0	22.3	102.3
<i>Otrada</i>	2013	57.6	99.5	20.6	94.5
<i>Foma</i>	2015	60.2	104.0	26.0	119.3
<i>Tobolyak</i>	2020	59.7	103.1	20.9	95.9
<i>LSD₀₅</i>		1.8		1.0	
<i>Average variety yield, c/ha</i>		57.9	100.0	21.8	100.0
<i>Index of environmental conditions (I)</i>		21.9		-14.2	

Такая вариабельность условий отразилась на уровне урожайности отдельных сортов и среднесортной урожайности. Так, в частности, среднесортная урожайность в 2021 году при индексе условий -14,2 составила 21,8 ц/га, а в 2018 году при индексе условий 21,9 – 57,9 ц/га. Ее размах составил 36,1 ц/га. Испытание сортов в таких контрастных условиях позволяет дать им оценку по величине потенциала урожайности и адаптивности. В частности, метод такой оценки, согласно методике Л. А. Животкова с соавторами [21], основан на определении доли урожайности относительно среднесортной. Величина среднесортной урожайности принимается за 100 %. Она представляет собой показатель нормы реакции всех испытываемых сортов на факторы внешней среды конкретного года испытания.

Если показатель отношения урожайности сортов к среднесортной в благоприятных условиях испытания превышает 100 %, то такие сорта являются потенциально высокопродуктивными, а если

этот показатель у сортов превышает 100 % в неблагоприятных условиях, то их относят к высокоадаптивным. Проведенные исследования с использованием вышеотмеченной методики показали, что наиболее высоким потенциалом продуктивности в благоприятных условиях 2018 года (индекс условий 21,9) характеризовались сорта Фома (104,0 %) и Тобояк (103,1 %) (таблица 3). Их урожайность в данных условиях среды превышала среднесортную.

В жестких условиях среды 2021 года (индекс условий -14,2) высокая адаптивность выявлена у сортов Талисман (102,3 %) и Фома (119,3 %), урожайность которых также превышала среднесортную.

Наибольшую ценность как для селекционного процесса в качестве исходного материала, так и производства представляют сорта, сочетающие высокие значения потенциала продуктивности и адаптивности в различных условиях среды. Такие сорта характеризуются высокой урожайностью и ее стабильностью. На основе результатов наших исследований такому критерию соответствует сорт Фома.

Таблица 4
Урожайность и параметры адаптивности сортов овса, 2018–2023 гг.

Сорт, ранг	Год допуска к использованию	Параметры урожайности и адаптивности*										Сумма рангов
		Y_2	Y_1	\bar{x}	$Y_2 - Y_1$	$V, \%$	b_i	S_i^2	Hom	E_i	ПУСС	
Мегион	1993	19,0	56,4	32,7	-37,4	41,0	0,97	6,12	2,14	-3,3	100,0	
ранг		5	4	5	3	4	4	4	5	5	5	44
Талисман	2002	22,3	55,6	36,1	-33,3	34,9	0,93	1,12	3,10	0,1	142,1	
ранг		2	5	3	1	1	5	1	1	3	2	24
Отрада	2013	20,6	57,6	35,5	-37,0	37,7	0,98	2,46	2,54	-0,5	127,6	
ранг		4	3	4	2	2	3	2	3	4	4	31
Фома	2015	22,8	60,2	37,3	-37,4	39,9	1,08	11,58	2,50	1,3	132,6	
ранг		1	1	2	3	3	1	5	4	2	3	25
Тоболяк	2020	20,9	59,7	38,5	-38,8	37,7	1,06	5,14	2,63	2,5	150,0	
ранг		3	2	1	4	2	2	3	2	1	1	21

Примечание. * Y_2 – минимальная урожайность, ц/га; Y_1 – максимальная урожайность, ц/га; \bar{x} – средняя урожайность, ц/га; $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость; v – изменчивость урожайности, %; b_i – пластичность; S_i^2 – стабильность; Hom – гомеостатичность; E_i – генотипический эффект; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта, %.

Table 4
Yield and adaptability parameters of oats varieties, 2018–2023

Variety, rank	Year of admission to use	Yield and adaptability parameters*										Sum of ranks
		Y_2	Y_1	\bar{x}	$Y_2 - Y_1$	$V, \%$	b_i	S_i^2	Hom	E_i	ILSV	
Meqion	1993	19.0	56.4	32.7	-37.4	41.0	0.97	6.12	2.14	-3.3	100.0	
rank		5	4	5	3	4	4	4	5	5	5	44
Talisman	2002	22.3	55.6	36.1	-33.3	34.9	0.93	1.12	3.10	0.1	142.1	
rank		2	5	3	1	1	5	1	1	3	2	24
Otrada	2013	20.6	57.6	35.5	-37.0	37.7	0.98	2.46	2.54	-0.5	127.6	
rank		4	3	4	2	2	3	2	3	4	4	31
Foma	2015	22.8	60.2	37.3	-37.4	39.9	1.08	11.58	2.50	1.3	132.6	
rank		1	1	2	3	3	1	5	4	2	3	25
Tobolyak	2020	20.9	59.7	38.5	-38.8	37.7	1.06	5.14	2.63	2.5	150.0	
rank		3	2	1	4	2	2	3	2	1	1	21

Note. * Y_2 – minimum yield, c/ha; Y_1 – maximum yield, c/ha; \bar{x} – average yield, c/ha; $Y_2 - Y_1$ – stress tolerance; v – yield variability, %; b_i – plasticity; S_i^2 – stability; Hom – homeostasis; E_i – genotypic effect; ILSV – indicator of the level of stability of the variety, %.

Изученные нами сорта овса в благоприятных условиях 2018 года характеризовались значительным потенциалом урожайности. Ее максимальная (Y_1) величина составила от 55,6 ц/га (Талисман) до 60,2 ц/га (Фома) (таблица 4).

В жестких условиях среды 2021 года все сорта резко снизили свою урожайность, особенно Мегион ($Y_2 = 19,0$ ц/га) и Отрада ($Y_2 = 20,6$ ц/га), что указывает на недостаточную их экологическую устойчивость.

Наибольшая урожайность в контрастных условиях отмечена у сорта Фома ($Y_2 = 22,8$ ц/га, $Y_1 = 60,2$ ц/га). По величине средней урожайности за 2018–2023 годы лучшим был сорт Тоболяк – 38,5 ц/га.

Нами выявлено повышение средней урожайности сортов овса во временной динамике допуска их к использованию. Это наглядно видно по сорту Тоболяк (допущен к использованию в 2020 году), урожайность которого выше на 5,8 ц/га по сравнению с

урожайностью сорта Мегион (допущен к использованию в 1993 году). Такой потенциал урожайности сортов, допущенных к использованию по области в последние годы, указывает на эффективность работы селекционных учреждений, в первую очередь сибирского региона, по созданию и внедрению в производство высокопродуктивных сортов данной культуры.

В условиях глобального потепления климата, нестабильности агроклиматических ресурсов возрастает роль экологической направленности селекции с целью создания сортов устойчивых к комплексу стресс-факторов.

По величине стрессоустойчивости как одной из основных характеристик адаптивности все сорта овса характеризовались низкой величиной, особенно допущенные к использованию в последние годы. Как видно из представленных данных, повышение потенциала продуктивности сортов сопровождается снижением их адаптивного потенциала, что со-

гласуется с данными ряда других исследований [7; 12]. Сравнительно высокое значение данного показателя отмечено у сорта Талисман (–33,3), а более низкое – у сорта Тоболяк (–38,8) (таблица 4).

Изменчивость урожайности всех сортов значительная и характеризовалась величиной от 34,9 % (Талисман) до 41,0 % (Мегион).

При оценке экологической пластичности сортов, согласно методу S. A. Eberhart, W. A. Russell [24], рассчитывают коэффициент линейной регрессии (b_i), характеризующий их отзывчивость на изменение условий, а также дисперсию отклонения от линии регрессии (S_i^2), которая позволяет дать оценку стабильности урожайности. Наиболее ценными в практическом отношении считаются сорта, у которых $b_i > 1$, а $S_i^2 \sim 0$. Коэффициент регрессии у всех изученных нами сортов овса равен или близок единице, что позволяет отнести их к группе пластичных. Изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий вдоль экологического вектора сред (годы испытания). Наибольшей отзывчивостью на изменение условий характеризовался сорт Фома ($b_i = 1,08$).

Показатель стабильности урожайности низкий у большинства сортов. Наибольшая его величина выявлена у сорта Талисман ($S_i^2 = 1,12$), а у остальных сортов он был на уровне от 2,46 (Отрада) до 11,58 (Фома) (таблица 4).

Важным параметром оценки адаптивного потенциала сортов является их гомеостатичность. Она характеризует устойчивость генотипа к неблагоприятным воздействиям факторов внешней среды, что позволяет сводить к минимуму последствия их отрицательных эффектов в отношении формирования урожайности и элементов ее структуры. Высокое значение этого параметра тесно связано со стабильностью урожайности и незначительной величиной ее вариабельности [25]. В целом изученные нами сорта овса характеризовались сравнительно низкой гомеостатичностью. Наиболее высокое ее значение отмечено у сорта Талисман (Ном = 3,10), а наиболее низкое – у сорта Мегион (Ном = 2,14).

Оценка генотипического эффекта позволяет выделить сорта, средняя урожайность которых в совокупности сред превышает среднюю урожайность всех сортов в опыте, что указывает на значительную реализацию генетического потенциала сорта и его адаптивность при экологическом испытании или возделывании в различных условиях среды. В наших исследованиях лучшими по величине генотипического эффекта были сорта, допущенные к использованию в последние годы – Фома ($E_i = 1,3$) и Тоболяк ($E_i = 2,5$). Выделившиеся сорта, как видно из данных таблицы 4, характеризуются высоким уровнем минимальной, максимальной и средней урожайности, что указывает на положительную зависимость генотипического эффекта и урожайного потенциала.

Вместе с тем необходимо отметить, что наибольшую ценность для селекции и производства представляют те сорта, у которых высокий показатель генотипического эффекта сочетается с меньшей величиной вариабельности урожайности. Такому критерию в большей степени соответствует сорт Фома. Отрицательное значение данного показателя указывает на низкую адаптивную способность сорта.

Для одновременной оценки сортов по величине урожайности и ее стабильности Э. Д. Неттевичем с соавторами [27] предложен комплексный показатель уровня стабильности сорта (ПУСС). Он позволяет сравнивать урожайность и стабильность сорта по отношению к стандарту или сорту наиболее раннего срока допуска к использованию. Чем больше его величина, тем выше селекционная ценность сорта. Кроме того, данный параметр позволяет дать оценку изменения урожайности и стабильности сортов во временной динамике допуска их к использованию. Как видно из результатов наших исследований, показатель уровня стабильности всех сортов был выше по сравнению с сортом Мегион (допущен к использованию в 1993 году). Лучшим по данному параметру был сорт Тоболяк (ПУСС = 150,0 %).

Ранжирование сортов по величине параметров урожайности и адаптивности позволяет дать им наиболее полную и всестороннюю оценку при их испытании в различных условиях среды. По сумме рангов показателей урожайности и адаптивности наиболее ценными в условиях северной лесостепной зоны Тюменской области за период исследования 2018–2023 годов признаны сорта Тоболяк (сумма рангов – 21), Талисман (сумма рангов – 24) и Фома (сумма рангов – 25) (таблица 4).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Эффективность госсортоиспытания овса в Тюменской области низкая. За период 1999–2023 годов было испытано 112 сортов и допущено к использованию 4, что составило 3,6 % от испытанных.

2. Оригинаторами всех допущенных к использованию сортов овса являются Федеральный исследовательский центр «Тюменский научный центр СО РАН», а также некоторые другие научные центры и производственные организации Западной Сибири.

3. Индекс условий среды в годы испытания сортов отличался значительной вариабельностью и характеризовался величиной от 21,9 (2018 год) до –14,2 (2021 год).

4. В контрастных условиях среды лучшим по величине как потенциала урожайности, так и адаптивности был сорт Фома.

5. Наибольшей величиной средней урожайности за 2018–2023 годы характеризовался сорт Тоболяк – 38,5 ц/га.

6. Стрессоустойчивость всех сортов овса низкая, особенно допущенных к использованию в последние годы.

7. Изменчивость урожайности всех сортов значительная и характеризовалась величиной от 34,9 % (Талисман) до 41,0 % (Мегион).

8. Коэффициент регрессии всех сортов был равен или близок единице, что характеризует их как пластичные. Наибольшая отзывчивость на изменение условий выявлена у сорта Фома ($b_i = 1,08$).

9. Показатель стабильности урожайности низкий у большинства сортов. Наибольшей величиной данного параметра характеризовался сорт Талисман ($S_i^2 = 1,12$).

10. Гомеостатичность (Ном) сортов низкая и характеризовалась величиной от 2,14 (Мегион) до 3,10 (Талисман).

11. По величине генотипического эффекта лучшими были сорта Фома ($E_i = 1,3$) и Тобояк ($E_i = 2,5$).

12. Показатель уровня стабильности всех сортов превышал показатель сорта Мегион (допущен к использованию в 1993 году). Наибольшей его величиной характеризовался сорт Тобояк (ПУСС = 150,0 %).

13. По сумме рангов оценки величины параметров урожайности и адаптивности за период исследования 2018–2023 годов наиболее ценными в условиях северной лесостепной зоны Тюменской области признаны сорта Тобояк (сумма рангов – 21), Талисман (сумма рангов – 24) и Фома (сумма рангов – 25).

Библиографический список

1. Юсова О. А., Николаев П. Н., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Анализ сортов овса омской селекции по сбору белка с единицы площади // Аграрный вестник Урала. 2020. № 06 (197). С. 38–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-197-6-38-48.
2. Фомина М. Н., Иванова Ю. С., Брагина Н. А., Брагина М. В. Качество зерна перспективных линий овса на заключительном этапе селекционного процесса в условиях Северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 3. С. 34–38. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-3-34.
3. Сотник А. Я. Оценка адаптивных свойств сортов овса по урожайности в в Приобской лесостепи // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 5. С. 40–46. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-5-5.
4. Градобоева Т. П., Баталова Г. А. Влияние факторов среды на устойчивость овса к пыльной головне // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3 (69). С. 72–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-72-76.
5. Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Ярославцев А. А. Оценка коллекции овса по основным биохимическим показателям качества в условиях Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 1. С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-2-11.
6. Пыко Т. Ю., Омелянюк Л. В., Васюкевич С. В., Игнатъева Е. Ю. Селекция овса на продуктивность и качество зерна в подтаежной зоне Западной Сибири // Вестник Красноярского ГАУ. 2021. № 11. С. 45–52. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-45-52.
7. Баталова Г. А., Тулякова М. В., Жуйкова О. А., Вологжанина Е. Н., Кротова Н. В. Адаптивный потенциал перспективных линий и сортов пленчатого овса селекции Федерального научного центра Северо-Востока // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 2. С. 3–7. DOI: 10.31857/S2500-2627-2020-2-3-6.
8. Асеева Т. А., Трифунтова И. Б. Адаптивная реакция сотов и селекционных линий ярового овса в условиях Среднего Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 4. С. 22–28. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-4-22.
9. Герасимов С. А. Селекционно-ценные образцы ячменя коллекции ВИР по параметрам адаптивности, продуктивности и качества зерна // Вестник Новосибирского ГАУ. 2020. № 4 (57). С. 16–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-16-24.
10. Demelash T., Amou M., Gyibag A., Tesfay G., Xu Y. Adaptation potential of current wheat cultivars and planting dates under the changing climate in Ethiopia // Agronomy. 2022. No. 12. Article number 37. DOI: 10.3390/agronomy12010037.
11. Юсова О. А., Николаев П. Н., Васюкевич В. С., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Уровень качества зерна омских сортов овса ярового в контрастных экологических условиях // Вестник Новосибирского ГАУ. 2020. № 2 (55). С. 84–95. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96.
12. Новохатин В. В., Шеломенцева Т. В., Драгавцев В. А. Новый комплексный подход к изучению динамики повышения адаптивности и гомеостатичности у сортов мягкой яровой пшеницы (на примере длительной истории селекции в Северном Зауралье) // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57, № 1. С. 81–97. DOI: 10.15389/agrobiol.2022.1.81rus.
13. Eltahir S., Baenziger P. S., Belamkar V., Emara H. A., Nower A. A., Salem K. F. M., Algudah A. M., Salam A. GWAS revealed effect of genotype x environment interactions for grain yield of Nebraska winter wheat // BMC Genomics. 2021. No. 22. Article number 2. DOI: 10.1186/s12864-020-07308-0.
14. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2022. Vol. 1045. Article number 012077. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012077.

15. Гребенникова И. Г., Чешкова А. Ф., Степочкин П. И., Алейников А. Ф., Чанышев Д. И. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020. Т. 50, № 2. С. 100–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-12.
16. Кардашина В. Е., Демидова О. В. Оценка коллекционных образцов овса пленчатого на продуктивность и адаптивность в условиях Свердловской области // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 7. С. 45–49. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-7-45.
17. Байкалова Л. П., Серебренников Ю. И. Пластичность и стабильность ярового овса по урожайности и массе 1000 зерен // Вестник Красноярского ГАУ. 2020. № 4. С. 37–44. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-4-37-44.
18. Чешкова А. Ф., Степочкин П. И., Алейников А. Ф., Гребенникова И. Г., Пономаренко В. И. Сравнение статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. Т. 24, № 3. С. 267–275. DOI: 10.18699/vj20.619.
19. Рекашус Э. С. Современные методы оценки продуктивности и стабильности селекционных достижений (обзор) // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 4. С. 52–60. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-4-52.
20. Градобоева Л. Я., Бронина М. С. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2023 год. Тюмень: Тюменский издательский дом, 2023. 68 с.
21. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
22. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Science. 1981. Vol. 21, No. 6. Pp. 27–29.
23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Альянс, 2014. 351 с.
24. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop Science. 1966. Vol. 6, No. 1. Pp. 36–40.
25. Хангильдин В. В. Параметры гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научно-технический бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. 1986. Вып. 2. С. 36–41.
26. Литун П. П. Методические указания по экологическому сортоиспытанию зерновых культур. Москва: ВАСХНИЛ, 1980. 36 с.
27. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 1. С. 66–73.

Об авторах:

Валерий Антонович Сапега, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры техноферной безопасности, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия; ORCID 0000-0001-6268-3896, AuthorID 701424. E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

References

1. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Safonova I. V., Aniskov N. I. Analysis of oats varieties of Omsk selection for the collection of protein per unit area. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020; 6 (197): 38–48. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-197-6-38-48. (In Russ.)
2. Fomina M. N., Ivanova Yu. S., Bragina N. A., Bragina M. V. Grain quality of promising oat lines at the final stage of the breeding process in the conditions of the Northern Trans-Urals. *Achievements of Science and Technology in AIC*. 2023. 37 (3): 34–38. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-3-34. (In Russ.)
3. Sotnik A. Ya. Evaluation of oat varieties adaptive properties by productivity in the Priobskaya forest-steppe zone. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023; 53 (5): 40–46. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-5-5. (In Russ.)
4. Gradoboeva T. P., Batalova G. A. The effect of environmental factors on oats resistance to loose smut. *Grain Economy Russia*. 2020; 3 (69):72–76. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-69-3-72-76. (In Russ.)
5. Ivanova Yu. S., Fomina M. N., Yaroslavtsev A. A. Evaluation of the oat collection according to the main biochemical quality indicators in the conditions of the Tyumen region. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (1): 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-01-2-11. (In Russ.)
6. Pyko T. Yu., Omelyanyuk L. V., Vasyukevich S. V., Ignatyeva E. Yu. Oats breeding for grain productivity and quality in the Western Siberia subtaiga zone. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021; 11: 45–52. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-11-45-52. (In Russ.)
7. Batalova G. A., Tulyakova M. V., Zhuykova O. A., Vologzhanina E. N., Krotova N. V. Adaptive potential of perspective lines and cultivars of covered oat bred in FASC of North-East. *Russian Agricultural Sciences*. 2020; 2: 3–7. DOI: 10.31857/S2500-2627-2020-2-3-6. (In Russ.)

8. Aseeva T. A., Trifuntova I. B. Adaptive response of varieties and breeding lines of spring oat under the conditions of the Middle Amur region. *Achievements of Science and Technology in AIC*. 2022; 36 (4): 22–28. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-4-22. (In Russ.)
9. Gerasimov S. A. Selection-valuable barley samples of the VIR collection in terms of adaptability, productivity and grain quality. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2020; 4 (57): 16–24. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-16-24. (In Russ.)
10. Demelash T., Amou M., Gyibag A., Tesfay G., Xu Y. Adaptation potential of current wheat cultivars and planting dates under the changing climate in Ethiopia. *Agronomy*. 2022; 12: 37. DOI: 10.3390/agronomy12010037.
11. Yusova O. A., Nikolayev P. N., Vasyukevich V. S., Aniskov N. I., Safonova I. V. Spring grade quality of Omsk Oat Varieties in the extreme environmental conditions. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2020; 2 (55): 84–95. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96. (In Russ.)
12. Novokhatin V. V., Shelomentseva T. V., Dragavtsev V. A. A novel integrative approach to study the dynamics of an increase in common spring wheat adaptivity and homeostaticity (on the example of breeding programs in the Northern Trans-Ural). *Agricultural Biology*. 2022; 57 (1): 81–97. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.1.81rus. (In Russ.)
13. Eltahir S., Baenziger P. S., Belamkar V., Emara H. A., Nower A. A., Salem K. F. M., Algudah A. M., Salam A. GWAS revealed effect of genotype x environment interactions for grain yield of Nebraska winter wheat. *BMC Genomics*. 2021; 22: 2. DOI: 10.1186/s12864-020-07308-0.
14. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2022; 1045. Article number 012077. DOI: 10.1088/1755-1315/1045/1/012077.
15. Grebennikova I. G., Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Chanyshev D. I. Method of assessment ecological plasticity of cereal crop varieties. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020; 50 (2): 100–108. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-12. (In Russ.)
16. Kardashina V. E., Demidova O. V. Evaluation of collection samples of hulled oats for productivity and adaptability under the conditions of the Sverdlovsk region. *Achievements of Science and Technology in AIC*. 2023; 37 (7): 45–49. DOI: 10.53859/02352451-2023-37-7-45. (In Russ.)
17. Baykalova L. P., Serebrennikov Yu. I. The plasticity and stability of spring oats in yield and the mass 1000 grain. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020; 4: 37–44. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-4-37-44. (In Russ.)
18. Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Grebennikova I. G., Ponomarenko V. I. Comparison of statistical methods for assessing winter wheat yield stability. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020; 24 (3): 267–275. DOI 10.18699/vj20.619. (In Russ.)
19. Rekashus E. S. Current methods of evaluation of productivity and stability of selection achievements (overview). *Achievements of Science and Technology in AIC*. 2022; 36 (4): 52–60. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-4-52. (In Russ.)
20. Gradoboeva L. Ya., Bronina M. S. *Varietal zoning of crops and results of variety testing in the Tyumen region for 2023*. Tyumen: Tyumen Publishing House, 2023. 68 p. (In Russ.)
21. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatuyeva L. I. Method to identify of productivity potential and adaptability of the varieties and breeding forms of winter wheat in terms of “yield”. *Selection and Seed Farming*. 1994; 2: 3–6. (In Russ.)
22. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981; 21 (6): 27–29.
23. Dospikhov B. A. *Field experience methodology (with the basics of statistical processing of study results)*. Moscow: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russ.)
24. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966; 6 (1): 36–40.
25. Khangildin V. V. Homeostatic parameters of varieties and breeding lines in spike crop tests. *Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Selection and Genetic Institute*. 1986; 2: 36–41. (In Russ.)
26. Litun P. P. *Methodological guidelines for ecological grain variety testing*. Moscow: VASKHNIL, 1980. 36 p. (In Russ.)
27. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Increasing the efficiency of spring wheat selection for yield stability and grain quality. *Bulletin of Agricultural Science*. 1985; 1: 66–73. (In Russ.)

Author's information:

Valeriy A. Sapega, doctor of agricultural sciences, professor of the department of technosphere safety, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia; ORCID 0000-0001-6268-3896, AuthorID 701424.

E-mail: sapegavalerii@rambler.ru