

DOI:10.30901/2227-8834-2019-28-38

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 664.617:633.13:1 925.116

**П. Н. Николаев¹,
Н. И. Аниськов²,
О. А. Юсова¹,
И. В. Сафонова²**

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», 644012 г. Омск, пр. Королева 26, e-mail: sibniish@bk.ru

²Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 42, 44, e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Ключевые слова:

яровой овес, урожайность, стабильность, пластичность, адаптивность, стрессоустойчивость, компенсаторная способность, ранг

Поступление:

24.04.2018

Принято:

10.12.2018

АДАПТИВНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО ОВСА В УСЛОВИЯХ ОМСКОГО ПРИИРТЫШЬЯ

Актуальность. Повышенный интерес к яровому овсу сдерживается высокой лабильностью климатических факторов в местных условиях, которые обуславливают высокую вариабельность урожайности в разные годы. Изменить эту ситуацию можно за счет создания, выявления и внедрения новых сортов овса. Цель работы – оценка адаптивного потенциала урожайности у сортов ярового овса селекции Омского аграрного научного центра в условиях Омского Прииртышья по наиболее распространенным статистическим параметрам. **Объект** исследований – 9 сортов ярового овса, рекомендованные для возделывания в данном регионе, а также проходящие государственное испытание: ‘Орион’ (стандарт), ‘Иртыш 13’, ‘Иртыш 21’, ‘Иртыш 23’, ‘Тарский 2’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Скакун’, ‘Факел’ и ‘Сибирский Геркулес’. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2011–2017 гг. на опытных полях Омского аграрного научного центра, расположенных в южной лесостепи. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона. Математическая обработка проведена методом дисперсионного анализа, рассчитаны параметры адаптивности, стабильности и пластичности урожайности. **Результаты.** Наиболее пластичны (по методике по А. А. Грязнова) сорта ‘Орион’, ‘Сибирский Геркулес’, ‘Факел’, ‘Тарский 2’ и ‘Иртыш 21’ с индексами экологической пластичности 1,00–1,07. По S. A. Eberhard, W. A. Russell пластичны сорта ‘Памяти Богачкова’, ‘Факел’, ‘Сибирский Геркулес’, ‘Иртыш 13’, ‘Иртыш 21’ и ‘Тарский 2’ (коэффициент линейной регрессии = $1,10 \pm 1,30$). Высокой стрессоустойчивостью (по А. А. Rossielle и J. Hemblin) обладали ‘Иртыш 23’, ‘Скакун’ и ‘Орион’ (до –3,0). Высоко стабильны (по S. A. Eberhard и W. A. Russell) сорта ‘Орион’, ‘Иртыш 21’, ‘Тарский 2’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Иртыш 13’, ‘Скакун’, ‘Сибирский Геркулес’ при минимальных нелинейных отклонениях от линии регрессии 0,1–0,3. Высокой компенсаторной способностью (по А. А. Rossielle и J. Hemblin) обладали ‘Тарский 2’, ‘Иртыш 21’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Факел’ и ‘Орион’ ($4,00 \div 4,20$). Наиболее адаптивны (по Л. А. Животкову) сорта ‘Сибирский Геркулес’, ‘Иртыш 21’, ‘Тарский 2’, ‘Факел’, ‘Орион’ (коэффициент адаптивности 1,00–1,07%). К интенсивным сортам (по В. А. Драгавцеву) отнесены ‘Иртыш 13’, ‘Памяти Богачкова’, ‘Факел’ и ‘Сибирский Геркулес’ относятся (коэффициент мультипликативности = 2,30), ‘Орион’, ‘Иртыш 21’, ‘Тарский 2’ и ‘Скакун’ – полуинтенсивному ($2,00 \div 2,10$). ‘Иртыш 23’ экстенсивного типа (1,82). **Заключение.** Согласно принципу ранжирования сортов, наиболее приспособлены для возделывания в местных экологических условиях сорта ‘Тарский 2’, ‘Иртыш 21’, ‘Сибирский Геркулес’, ‘Памяти Богачкова’ и ‘Факел’.

**P. N. Nikolaev¹,
N. I. Aniskov²,
O. A. Yusova¹,
I. V. Safonova²**

¹Omsk Agrarian Scientific Center,
26, Prospekt Koroleva, Omsk, 644012,
Russian Federation;
e-mail: sibniish@bk.ru

²N. I. Vavilov All-Russian Institute of
Plant Genetic Resources (VIR),
42–44, Bolshaya Morskaya St.,
St. Petersburg, 190000 Russia;
e-mail: i.safonova@vir.nw.ru

Key words:

spring oats, yield, stability,
plasticity, adaptability, stress
resistance, compensatory ability,
rank

Received:

24.04.2018

Accepted:

10.12.2018

ADAPTABILITY OF SPRING OAT YIELD IN THE ENVIRONMENTS OF THE NEAR-IRTYSH AREA IN OMSK PROVINCE

Background. The increasing interest in spring oats is constrained by high lability of climate factors in the local environments, which causes considerable variability of yields in different years. This situation may be changed by identifying, developing and introducing new oat cultivars. The aim of this work is to assess the adaptive potential of yield in spring oat cultivars developed at Omsk Agrarian Scientific Center in the environments of the Near-Irtysh area in Omsk Province, taking into account the most common statistical parameters. **The object** of the research were 9 spring oat cultivars recommended for cultivation in the region and undergoing the State Variety Trials: 'Orion' (reference), 'Irtysh 13', 'Irtysh 21', 'Irtysh 23', 'Tarsky 2', 'Pamyati Bogachkova', 'Skakun', 'Fakel' and 'Sibirsky Gerkules'. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out in 2011–2017 on the experimental fields of Omsk Agrarian Scientific Center located in the southern forest-steppe area. Agricultural practice used in the experiments was conventional for West Siberia. Mathematical data processing was based on the analysis of variance (ANOVA); yield adaptability, stability and plasticity parameters were calculated. **Results.** The most plastic (according to A. A. Gryaznov's methodology) were the cultivars 'Orion', 'Sibirsky Gerkules', 'Fakel', 'Tarsky 2' and 'Irtysh 21' with indices of environmental plasticity 1.00–1.07. According to S. A. Eberhard's and W. A. Russell's criteria, plasticity was identified in 'Pamyati Bogachkova', 'Fakel', 'Sibirsky Gerkules', 'Irtysh 13', 'Irtysh 21' and 'Tarsky 2' (linear regression coefficient: 1.10÷1.30). High stress resistance (according to A. A. Rossielle and J. Hemblin's technique) was observed in 'Irtysh 23', 'Skakun' and 'Orion' (up to –3.0). Highly stable (according to S. A. Eberhard and W. A. Russell) were 'Orion', 'Irtysh 21', 'Tarsky 2', 'Pamyati Bogachkova', 'Irtysh 13', 'Skakun' and 'Sibirsky Gerkules' with minimal nonlinear deviations from the regression line (0.1–0.3). High compensatory capacity (according to A. A. Rossielle and J. Hemblin) was shown by 'Tarsky 2', 'Irtysh 21', 'Pamyati Bogachkova', 'Fakel' and 'Orion' (4.00÷4.20). The most adaptable cultivars (according to L. A. Zhivotkov) were 'Sibirsky Gerkules', 'Irtysh 21', 'Tarsky 2', 'Fakel' and 'Orion' (adaptability coefficient: 1.00–1.07%). The cultivars 'Irtysh 13', 'Pamyati Bogachkova', 'Fakel' and 'Sibirsky Gerkules' were identified (according to V. A. Dragavtsev) as intensive-type cultivars (multiplicative coefficient: 2.30); 'Orion', 'Irtysh 21', 'Tarsky 2' and 'Skakun' as semi-intensive ones (2.00÷2.10); and 'Irtysh 23' as an extensive-type cultivar (1.82). **Conclusion.** In compliance with the principle of variety ranking, the cultivars 'Tarsky 2', 'Irtysh 21', 'Sibirsky Gerkules', 'Pamyati Bogachkova' and 'Fakel' are most suitable for cultivation under local environmental conditions.

Введение

Овес – универсальная культура как по широте распространения, так и по использованию. Он выращивается во всех зерносеющих областях России и служит сырьем для пищевой и комбикормовой промышленности. Однако повышенный интерес к этой культуре со стороны производства в Западной Сибири сдерживается высокой лабильностью климатических факторов в местных условиях (часто повторяющиеся летние засухи, короткий безморозный период, дефицит тепла и т.д.). Они обуславливают высокую вариабельность урожайности в разные годы. Изменить эту ситуацию можно за счет создания, выявления и внедрения новых сортов овса (Batalova, 2013).

В 2017 году в Государственном реестре селекционных достижений по Западной Сибири допущено к использованию 39 сортов овса. Наибольший вклад в формирование сортовых ресурсов ярового овса внесли сибирские селекционеры – они создали 34 сорта (85%). Однако урожайность и качество зерна этой культуры остаются нестабильными. Нужны новые сорта овса, сочетающие высокую продуктивность, устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам, технологичность и адаптивность к почвенно-климатическим условиям возделывания (Surin, 2011). При этом по мере роста потенциальной продуктивности сортов значение устойчивости к действию абиотических и биотических стрессоров будет неуклонно возрастать. Дальнейшее расширение овсяного поля в Западной Сибири зависит от многих факторов, основным из которых является сорт (Fomina, 2013; Borisova, 2008).

Для выявления адаптивных форм желательны контрастные условия. Чтобы оценить изучаемый материал в условиях одного экологического пункта требуется, как правило, более трех лет. Под адаптивностью подразумевается способность сорта формировать высокие урожаи в условиях значительного колебания агрометеорологических условий, что позволит стабилизировать производство зерна. При этом сорта должны быть экологически пластичными и обладать индивидуальной реакцией на изменения климатических и метеорологических условий. Оценка реакции сорта на изменения условий выращивания позволит решать вопросы земледелия с подбором сортов для каждого хозяйства. Для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортов по варьированию их урожайности используется ряд методов, позволяющих оценить стабильность урожайности сортов. Они имеют определенные достоинства и недостатки. Поэтому актуальным является сравнение этих методов с целью оценки их перспективности (Zhuchenko A. A., 1990; Nikolaev et al., 2018; Yusova et al., 2016). К сожалению, вопросы адаптивности сортов овса в Омской области изучены недостаточно.

В связи с этим цель данной работы – оценка адаптивного потенциала урожайности по наиболее распространенным статистическим параметрам сортов ярового овса селекции ФГБНУ ОмАИЦ в условиях Омского Прииртышья.

Материал и методика проведения исследований.

Экспериментальная часть работы проводилась на опытных полях Омского АИЦ (Южная Лесостепь, г. Омск) в течение 2011–2017 гг. Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона, наблюдения, оценки и учеты в питомниках – согласно методике ВИР по изучению коллекции ячменя и овса (Loskutov et al., 2012). Площадь делянки 10 м² повторность 4-х кратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га.

Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа (Dospekhov, 1985).

Рассчитаны индексы экологической стабильности и пластичности, индекс условий среды (I_j) (Eberhard, Russell, 1966). Взаимодействие генотип $\times$ среда при этом расчленяется на две части: линейную реакцию сорта на среду (b_i) – коэффициент экологической пластичности и нелинейные отклонения от линии регрессии ($\sigma^2 d$) – стабильность. Сорта с $b_i > 1$ требовательны к высокому уровню агротехники.

Коэффициент адаптивности (КА) рассчитывали по Л. А. Животкову по варьированию урожайности (Zhivotkov et al., 1994). Общую видовую реакцию определяли суммированием урожайности отдельных сортов с последующим делением показателя на общее их число. Среднесортная урожайность года берется за 100 %, затем рассчитывается отношение урожайности каждого из испытываемых сортов к среднесортной.

$$KA = \left(\frac{UC_1}{CCUG_1} + \frac{UC_2}{CCUG_2} + \dots + \frac{UC_n}{CCUG_n} \right) / n, \quad (1)$$

где UC_1, UC_2, UC_n – урожайность сорта в разные годы и испытаний;

$CCUG_1, CCUG_2, CCUG_n$ – среднесортная урожайность года.

По показателю КА оценивали адаптивные возможности сортов. Если он превышает 100 %, то такой сорт потенциально продуктивен.

Устойчивость к стрессу и компенсаторную способность сорта определяли по А. А. Rossielle, J. Hemblin (1981) в изложении А. А. Гончаренко (Goncharenko, 2005).

$$Устойчивость\ к\ стрессу = Y_{min} - Y_{max} \quad (2)$$

где Y_{min} – минимальная урожайность сорта;

Y_{max} – максимальная урожайность сорта.

Компенсаторную способность сорта рассчитывали по формуле:

$$Компенсаторная\ способность = \frac{Y_{min} + Y_{max}}{2}. \quad (3)$$

Метод А. А. Грязнова основан на вычислении среднего индекса экологической пластичности (ИЭП) по формуле:

$$ИЭП = \left(\frac{UC_1}{CYO_1} + \frac{UC_2}{CYO_2} + \dots + \frac{UC_n}{CYO_n} \right) / n, \quad (4)$$

где UC_1, UC_2, UC_n – урожайность сорта в разные годы и испытаний;

CYO_1, CYO_2, CYO_n – средняя урожайность сортов в каждом из вариантов опыта (Gryaznov, 1996).

В. А. Драгавцевым во избежание линейного артефакта коэффициента регрессии был введен новый параметр – коэффициент мультипликативности (КМ). Чем выше числовое значение этого коэффициента, тем сильнее изменяется урожайность сорта в различных условиях (Dragavtsev et al., 1984).

Наиболее адаптивные для условий южной лесостепи Западной Сибири сорта выделяли на основании суммы рангов по перечисленным методам.

Объектами исследований являлись 9 сортов ярового овса – *Avena sativa* L. var. *mutica* Alef. селекции ФГБНУ СибНИИСХ, рекомендованные для возделывания в данном регионе, а также проходящие государственное испытание. Ниже приведена краткая характеристика сортов.

‘Орион’ (Омский кормовой 1 $\times$ Ристо).

Сорт среднеспелый, засухоустойчивость – выше средней, характеризуется стабильно высоким потенциалом продуктивности, иммунности и высокой устойчивости к полеганию. С 2001 года он является стандартом при испытании сортов овса по Омской области. Сорт включен в Госреестр по Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому регионам. Патент № 0327,

зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 22.04.1999 г.

‘Иртыш 13’ (получен методом индивидуального отбора из сорта ‘Harmon’, Канада).

Сорт среднеспелый, устойчив к засухе, к пыльной и покрытой головне и корончатой ржавчине. Основное достоинство – высокий иммунитет в сочетании с довольно высокой продуктивностью и крупностью зерна. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 1991 г. Патент № 0326, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 22.04.1999 г.

‘Иртыш 21’ [(Мутика 611 × Мутика 570) × Скакун].

Сорт среднеспелый, засухоустойчивость на уровне стандарта. Отличается высокой устойчивостью к поражению пыльной и покрытой головней, к полеганию, высокими продуктивностью и качеством зерна. Сорт включен в Госреестр по Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам с 2003 г. Патент № 2102, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 23.01.2004 г.

‘Иртыш 23’ (Памяти Богачкова × Мутика 810).

Сорт среднеспелый, характеризуется стабильно высоким качеством зерна и урожайностью. Устойчив к пыльной и покрытой головне, корончатой ржавчине.

‘Тарский 2’ [(Мутика 290 × Бизантина 474) × К-12914].

Сорт среднеспелый, характеризуется повышенной устойчивостью к засухе, к пыльной и покрытой головне, среднеустойчив к корончатой ржавчине, склонен к полеганию. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 2001 г. Патент № 0942, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 28.03.2001 г.

‘Памяти Богачкова’ (Фаленский 3 × Мутика 559).

Сорт среднеспелый, характеризуется высокой устойчивостью к пыльной и покрытой головне, среднеустойчив к корончатой ржавчине. Основное достоинство – высокая продуктивность в сочетании со скороспелостью и высоким иммунитетом. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 2000 г. Патент № 0592, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 05.04.2000 г.

‘Скакун’ (сорт селекции НПО «Подмосковное и Ульяновской опытной станции, получен путем скрещивания сортов ‘Фрезер’ и ‘Астор’).

Сорт среднеранний и среднеспелый, устойчивость к полеганию и осыпанию выше средней и высокая, устойчивость к засухе средняя. Слабо поражается пыльной головней, средневосприимчив к корончатой ржавчине, сильно поражается стеблевой ржавчиной. Сорт пластичный, высокоурожайный. Включен в список ценных по качеству сортов. Сорт включен в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону с 1998 г.

‘Факел’ (Иртыш 21 × Paul).

Сорт характеризуется как урожайный, устойчивый к головневым патогенам, с повышенным содержанием сырого жира в зерне. Передан на ГСИ в 2014 г.

‘Сибирский Геркулес’ (Иртыш 21 × Левша).

Сорт характеризуется повышенным качеством зерна, урожайностью, пластичен по содержанию белка в зерне. Передан на ГСИ в 2015 г.

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований с 2011 по 2017 гг. сложились контрастные условия (рисунок).

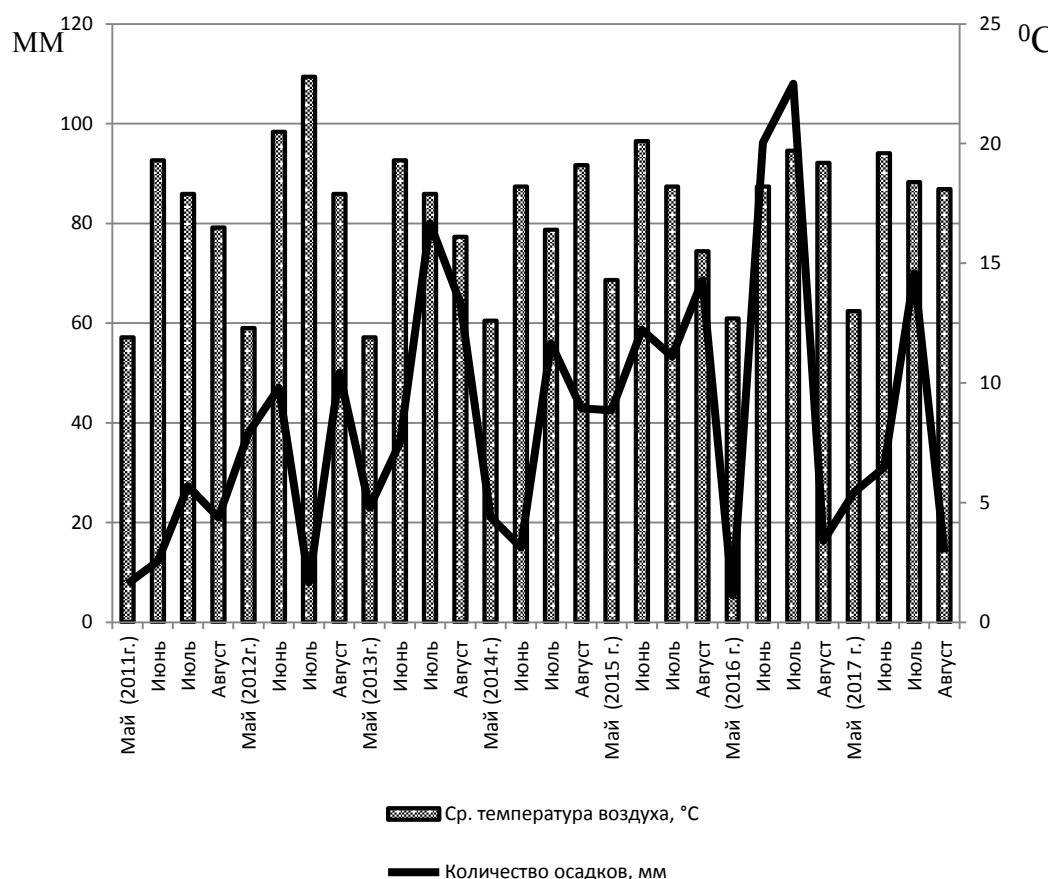


Рисунок. Характеристика вегетационных периодов 2011–2017 гг.
Figure. Characteristics of the growing seasons in 2011–2017

Периоды вегетации 2011 и 2014 гг. характеризовались засушливыми условиями (ГТК 0,90–0,92), очень сухими в период вегетации 2012 г. (ГТК 0,69), сухими и холодными в 2015 году (0,70). Достаточным увлажнением отличался период вегетации 2013 года (ГТК = 0,99). Среднегодовое значение ГТК составляет 0,82, что означает засушливые условия.

Период формирования зерновки овса (третья декада июля – август) характеризовался недобором количества осадков в 2011, 2012, 2014, 2016 и 2017 гг., а также в июле 2015 г. ($13 \div 95\%$ к норме), что, несомненно, отразилось на урожайности культуры. На этом фоне наблюдается превышение средних температур воздуха в июле 2011 г., июле – августе 2012, 2016 и 2017 гг., августе 2014 г. ($+0,4 \div +3,2^\circ\text{C}$) и недобор их в августе 2011 г., в июле 2013, 2014 гг. ($-0,6 \div -3,4^\circ\text{C}$).

Результаты исследований

Урожайность зерна является результатом сложного взаимодействия признаков «генотип-среда», где средой является почвенно-климатические условия. В среднем за период исследований, урожайность зерна овса составила 4,1 т/га. Наиболее благоприятные условия для формирования повышенной урожайности сложились в 2015 и 2017 гг. (5,4 и 5,3 т/га соответственно), при максимально положительном индексе условий окружающей среды ($I_j = +1,3$ и $+1,2$). Минимальная урожайность наблюдалась в 2012 г. (2,3 т/га, при $I_j = -1,8$). Достоверное превышение (табл. 1) наблюдается у сорта 'Сибирский Геркулес' ($+7,3\%$ к ст.).

Таблица 1. Экологическая пластичность и стабильность урожайности сортов ярового овса, т/га
Table 1. Yield stability of spring oat cultivars (t/ha) and their environmental plasticity

Сорт	Урожайность, т/га			Показатели индекса экологической пластичности		
	Lim.	Xi	± st., %	По Eberhard S. A., Russell W. A.		По Грязнову А. А. индекс экологической пластичности (ИЭП)
				коэффициент пластичности (bi)	стабильность (σ^2d)	
Орион, st.	2,5 – 5,5	4,1	100,0	1,04	0,1	1,00
Иртыш 13	2,2 – 5,7	3,9	–4,9	1,20	0,2	0,95
Иртыш 21	2,4 – 5,9	4,2	+2,4	1,10	0,1	1,02
Иртыш 23	2,4 – 5,2	3,7	–9,8	0,74	0,5	0,90
Тарский 2	2,4 – 6,0	4,2	+2,4	1,10	0,1	1,02
Памяти Богачкова	2,3 – 6,0	4,0	–2,5	1,30	0,2	0,97
Скакун	2,2 – 5,0	3,8	–7,3	0,90	0,3	0,93
Факел	2,3 – 5,9	4,2	+2,4	1,30	0,6	1,02
Сибирский Геркулес	2,2 – 5,7	4,4	+7,3	1,30	0,3	1,07
Sx	-	0,2	4,9	-	-	-

Примечание: Xi – средняя урожайность за годы исследований; st. – стандарт.

Для характеристики адаптивной способности сорта в математическом выражении в отечественной и зарубежной литературе предложен ряд методов. Они отличаются по степени сложности вычислений, информативности, объективности, разрешающей способности. В связи с этим необходимо использовать и сравнить некоторые из них.

На первом этапе, для установления существенности вклада сорта и условий испытания, используется дисперсионный анализ. Он позволяет выявить достоверность различий и высокую значимость влияния эффектов среды и сортов на продуктивность (табл. 2). Так, доля вклада условий года (Фактор Б = 43,3%) превышает долю вклада генотипа сорта (Фактор А = 35,4%) при высоком уровне взаимодействия данных факторов (А*Б = 21,3%)

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа урожайности сортов ярового овса
Table 2. Results of the variance analysis of yield in spring oat cultivars

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Среднее квадратичное	F _{факт}	F ₀₅
Общая	78,95	62	1,27	-	-
Сорта (фактор А)	2,67	6	0,45	1,68	1,60
Годы (фактор Б)	65,06	8	8,13	3,77	2,13
Взаимодействие (А*Б)	11,17	48	0,27	-	-

В большинстве исследований по определению экологической пластичности предпочтение отдают методике, разработанной S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966). Она основана на расчете коэффициента линейной регрессии (bi), характеризующего экологическую пластичность сорта, и среднего квадратичного отклонения от линии регрессии (σ^2d), определяющего стабильность сорта в различных условиях среды. Чем выше значение коэффициента (bi), тем большей отзывчивостью обладает сорт. В случае $bi < 1$ сорт слабо реагирует на изменение условий среды. При условии $bi = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности сорта изменению условий выращивания.

В нашем опыте большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания обладают сорта 'Памяти Богачкова', 'Факел', 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 13', 'Иртыш 21' и 'Тарский 2' ($b_i = 1,10 \div 1,30$). Это сорта интенсивного типа, т. е. требовательны к высокому уровню агротехники и только в этом случае они дадут максимум отдачи. К сортам, слабо реагирующим на изменение условий среды, относятся сорта 'Иртыш 23' и 'Скакун' ($b_i = 0,74$ и $0,90$). Их лучше использовать на экстенсивном фоне, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат (см. табл. 1).

По мнению этих же авторов, чем меньше коэффициент стабильности (σ^2_d), тем стабильнее сорт. В изучаемом наборе наиболее стабильны сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Памяти Богачкова', 'Иртыш 13', 'Скакун', 'Сибирский Геркулес' ($\sigma^2_d = 0,1 \div 0,3$). Менее стабильными оказались сорта 'Иртыш 23' и 'Факел' ($\sigma^2_d = 0,5$ и $0,6$).

Согласно методике, предложенной А. А. Грязновым (Gryaznov, 1996), важной характеристикой сортов, главным образом в регионах с резким непостоянством климатических условий, является величина показателя их экологической пластичности, представляющая собой способность сортов формировать высокую и стабильную урожайность в различных условиях внешней среды. В связи с этим была дана оценка сортам овса по выше отмеченному показателю на основе такой величины, как индекс экологической пластичности (ИЭП). Чем выше значение ИЭП, тем данный сорт пластичнее, а значит ценнее при его возделывании. За точку отсчета принимается единица. Высокий индекс экологической пластичности отмечен у сортов 'Орион', 'Сибирский Геркулес', 'Факел', 'Тарский 2' и 'Иртыш 21' (ИЭП = $1,00 \div 1,07$). Низкий у сортов 'Иртыш 23', 'Скакун' и 'Иртыш 13' (ИЭП = $0,90 \div 0,97$).

Согласно В. А. Драгавцеву (Dragavtsev et al., 1984), к сортам, характеризующимся высокой отзывчивостью на улучшение условий выращивания (табл. 3), относятся 'Иртыш 13', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Сибирский Геркулес' (КМ = $2,30$). Сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2' и 'Скакун' – полуинтенсивного типа (КМ = $2,00 \div 2,10$). 'Иртыш 23' – экстенсивного типа, т. е. он сформирует более высокий урожай при неблагоприятных условиях выращивания (КМ = $1,82$).

Таблица 3. Параметры адаптивной способности сортов ярового овса
Table 3. Adaptability parameters of spring oat cultivars

Сорт	По Животкову Л. А.		По Драгавцеву В. А.	по Rossielle A. A., Hemblin J.	
	долевое участие, %	коэффициент адаптивности (КА)	коэффициент мультипликативности (КМ)	стрессо-устойчивость, т/га	компенсаторная способность, т/га
Орион, st.	100,0	1,00	2,04	-3,0	4,00
Иртыш 13	95,0	0,95	2,30	-3,5	3,95
Иртыш 21	102,0	1,02	2,10	-3,5	4,15
Иртыш 23	90,0	0,90	1,82	-2,8	3,80
Тарский 2	102,0	1,02	2,10	-3,6	4,20
Памяти Богачкова	97,0	0,97	2,30	-3,6	4,15
Скакун	93,0	0,93	2,00	-2,8	3,60
Факел	102,0	1,02	2,30	-3,6	4,10
Сибирский Геркулес	107,0	1,07	2,30	-3,5	3,95

В различных условиях выращивания, в оптимальных и экстремальных условиях засухи важным показателем сортов является их устойчивость к стрессу, уровень которого определяется по разности между минимальным и максимальным значением признака урожайности $Y_{min} - Y_{max}$ (Rossielle, Hemblin, 1981). Этот

параметр имеет отрицательное значение и чем меньше его величина, тем выше стрессоустойчивость генотипа по данному признаку. Результаты исследований показали, что меньшее значение признака «урожайности зерна», т. е. высокая стрессоустойчивость, отмечено у таких сортов, как 'Иртыш 23', 'Скакун' и 'Орион' ($Y_{min} - Y_{max} = -2,8 \div -3,0$).

Показатель $\frac{Y_{min}+Y_{max}}{2}$ отражает среднее значение урожайности в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях, характеризует генетическую гибкость и компенсаторную способность сортов. Высокие значения этого показателя указывают на большую степень соответствия между генотипами и факторами среды. К таким сортам относятся 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Орион' ($\frac{Y_{min}+Y_{max}}{2} = 4,00 \div 4,20$).

В методике, предложенной Л. А. Животковым (Zhivotkov et al., 1994), для анализа продуктивного и адаптивного потенциала сортов по варьированию их урожайности используется понятие «среднесортная урожайность». В данном случае сопоставление урожайности изучаемых сортов проводится не со стандартом, а со средней урожайностью по всем сравниваемым сортам. Показатель нормы реакции сортов в каждом году принимается за 100%. Реакцию же отдельного сорта на сложившиеся конкретные условия вегетационного периода можно определить при соотношении его урожайности к среднесортной. При этом цифровое значение этого показателя может выражаться в % (долевое участие) либо как относительная величина (коэффициент адаптивности). Если КА превышает 100%, то такой сорт потенциально высокопродуктивен. Высокий коэффициент адаптивности отмечен у сортов 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Факел', 'Орион' (КА = 1,00 ÷ 1,07). Низкий у сортов 'Иртыш 23' и 'Скакун' (КА = 0,90 ÷ 0,97).

Таблица 4. Ранжирование сортов ярового овса по показателям адаптивности, определенными разными методиками

Table 4. Ranking of spring oat varieties in terms of adaptability, defined by different methods

Сорт	По Eberhard S. A., Russell W. A.		По Драгавцеву В. А.	По Rossielle A. A., Hemblin J.		По Гряз- нову А. А.	По Живот- кову Л. А.	Σ рангов
	коэффициент пластич- ности (bi)	стабильность (σ ² d)	коэффициент мультипли- кативности (КМ)	стрессо- устойчи- вость	компен- саторная способ- ность	Индекс экологической пластичности (ИЭП)	коэффициент адаптив- ности (КА.)	
Орион, st.	4	1	3	2	4	3	3	20
Иртыш 13	2	2	1	3	5	5	5	23
Иртыш 21	3	1	2	3	2	2	2	15
Иртыш 23	6	4	5	1	6	7	7	36
Тарский 2	3	1	2	4	1	2	2	13
Памяти Богачкова	1	2	1	4	2	4	2	18
Скакун	5	3	4	1	7	6	4	32
Факел	1	5	1	4	3	2	6	18
Сибирский геркулес	1	3	1	3	5	1	2	15

Как считают многие исследователи, оценка генотипов одним или двумя методами недостаточно отражает их стабильность и пластичность. Наиболее полную информацию дает применение нескольких методов, но в этом случае удобнее пользоваться принципом ранжирования сортов по параметрам и оценку проводить по сумме рангов, полученной каждым методом (табл. 4). В наших исследованиях сорта 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Сибирский Геркулес', 'Памяти

Богачкова' и 'Факел', набравшие меньшую сумму рангов по большинству методов оценки и занявшие первые места ($\sum$ рангов = 13÷18), наиболее приспособлены для возделывания в производственных условиях с целью получения высоких и стабильных урожаев зерна.

Выводы

1. В условиях южной лесостепи Западной Сибири в период исследований с 2011 по 2017 гг. урожайность ярового овса составила 4,1 т/га. Наиболее благоприятные условия сложились в 2015 и 2017 гг. (5,4 и 5,3 т/га соответственно) при максимальном положительном индексе условий окружающей среды ($I_j = +1,3$ и $+1,2$).

2. Пластичностью (согласно критерию А. А. Грязнова) обладали сорта 'Орион', 'Сибирский Геркулес', 'Факел', 'Тарский 2' и 'Иртыш 21' ($ИЭП = 1,00 \div 1,07$). По S. A. Eberhard, W. A. Russell пластичны сорта 'Памяти Богачкова', 'Факел', 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 13', 'Иртыш 21' и 'Тарский 2' ($b_i = 1,10 \div 1,30$).

3. Стабильны, по S. A. Eberhard, W. A. Russell, сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Памяти Богачкова', 'Иртыш 13', 'Скакун', 'Сибирский Геркулес' ($\sigma^2d = 0,1 \div 0,3$).

4. По В. А. Драгавцеву, сорта 'Иртыш 13', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Сибирский Геркулес' относятся к интенсивному типу ($КМ = 2,30$). Сорта 'Орион', 'Иртыш 21', 'Тарский 2' и 'Скакун' – к полуинтенсивному ($КМ = 2,00 \div 2,10$). 'Иртыш 23' – сорт экстенсивного типа ($КМ = 1,82$).

5. По А. А. Rossielle и J. Hemblin высокой стрессоустойчивостью характеризуются сорта 'Иртыш 23', 'Скакун' и 'Орион' ($Y_{min} - Y_{max} = -2,8 \div -3,0$). Высокой компенсаторной способностью обладают 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Памяти Богачкова', 'Факел' и 'Орион' ($\frac{Y_{min}+Y_{max}}{2} = 4,00 \div 4,20$).

6. По Л. А. Животкову, высокий коэффициент адаптивности отмечен у сортов 'Сибирский Геркулес', 'Иртыш 21', 'Тарский 2', 'Факел', 'Орион' ($КА = 1,00 \div 1,07$).

7. Согласно принципу ранжирования сортов, набрали меньшую сумму рангов по большинству методов оценки ($\sum$ рангов = 13÷18) и заняли первые места сорта 'Тарский 2', 'Иртыш 21', 'Сибирский Геркулес', 'Памяти Богачкова' и 'Факел'. Данные сорта наиболее приспособлены для возделывания в условиях Омского Прииртышья с целью получения высоких и стабильных урожаев зерна.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по теме № 0662-2018-0015 «Раскрытие потенциала наследственной изменчивости культурных растений и их диких родичей по агрономическим и хозяйственно важным признакам с использованием полевых методов, выявление источников этих признаков», номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР АААА-А16-116040710369-4.

References/Литература

- Batalova G. A. Some aspects of the stability as a limiting factor in the breeding of oats (Nekotorye aspekty ustojchivosti k limitirujushhim faktoram v selekcii ovsa) // Grain farming. 2013 no. 2, pp. 52–58 [in Russian] (Баталова Г. А. Некоторые аспекты устойчивости к лимитирующим факторам в селекции овса // Зерновое хозяйство. 2013. № 2. С. 52–58).
- Surin N. Ah. Adaptive potential of varieties of grain crops of Siberian selection and ways of its improvement (wheat, barley, oats) (Adaptivnyj potencial sortov zernovyh kul'tur sibirskoj selekcii i puti ego

- sovershenstvovaniya (pshenica, yachmen', oves)). Novosibirsk, 2011, 708 p [in Russian] (Сурин Н. А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес). Новосибирск, 2011. 708 с.).
- Fomina M. N. Genetic sources for the implementation of the main directions of oat breeding in the Northern Urals (Geneticheskie istochniki dlya realizacii osnovnyh napravlenij selekcii ovsa v Severnom Zaural'e) // Proceedings of applied botany, genetics and breeding. St. Petersburg : VIR, 2013, vol. 174, pp. 143–148 [in Russian] (Фомина М. Н. Генетические источники для реализации основных направлений селекции овса в Северном Зауралье // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб. : ВИР, 2013. Т. 174. С. 143–148).
- Borisova Yu. V. The study of the collection hulless oats *Avena L. nudisativa* with the goal of selection (Izuchenie kollekcii golozernogo ovsa *Avenanudisativa L. s cel'yu selekcii*) : dis. ... cand. biol. sciences'. Moscow, 2008, 164 p. [in Russian] (Борисова Ю. В. Изучение коллекции голозерного овса *Avena nudisativa L.* с целью селекции: дис. ... канд. биол. наук. М., 2008. 164 с.).
- Zhuchenko A. A. Adaptive crop production (ecological and genetic basis) (Adaptivnoe rastenievodstvo (ehkologo-geneticheskie osnovy)). Kishinev : SHTinica, 1990. 432 p. [in Russian] (Жученко А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Кишинев : ШТИНИЦА, 1990. 432 с.).
- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Methodological guidance directory for studing and maintaining VIR's collections of barley and oat (Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa). St. Peterburg : VIR, 2012, 63 p. [in Russian] (Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб. : ВИР, 2012, 63 с.).
- Dospikhov B. A. Methods of field experience (Metodika polevogo opyta). Moscow : Agropromizdat, 1985, 352 p. [in Russian] (Доспихов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 352 с.).
- Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties (Parametry ustojchivosti dlya sravneniya urozhaev) // Crop. sci. 1966, vol. 6, no. 1, pp. 36–40 [in Russian] (Эберхарт С. А., Расселл В. А. Параметры устойчивости для сравнения урожаев // Культура. Наука. 1966. Т. 6, № 1. С. 36–40).
- Dragavtsev V. A., Zilke V. A., Reiter B. G. the Genetics of performance traits of spring wheat in Western Siberia (Genetika priznakov produktivnosti yarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri). Novosibirsk : Science, 1984. 229 p. [in Russian] (Драгавцев В. А., Цильке В. А., Рейтер Б. Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1984. 229 с.).
- Gryaznov A. A. Karabalykskij barley (Karabalykskij yachmen'). Kostanay, 1996. 448 p. [in Russian] (Грязнов А. А. Карабалыкский ячмень. Кустанай, 1996. 448 с.).
- Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Chikatuev L. I. Method to identify potential productivity and adaptability of the varieties and breeding forms of winter wheat in terms of "yield" (Metodika vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu «urozhajnosti») // Breeding and seed production. 1994, no. 2, pp. 3–6 [in Russian] (Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6).
- Goncharenko A. A. On the adaptability and sustainability of varieties of grain crops (Ob adaptivnosti i ehkologicheskoy ustojchivosti sortov zernovyh kul'tur) // Bulletin of the RAAS. 2005, no. 6, pp. 49–53 [in Russian] (Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53).
- Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments (Teoreticheskie aspekty otbora na urozhajnost' v stressovyh i ne stressovyh usloviyah) // Crop. Sci. 1981, vol. 21, no. 6, pp. 27–29 [in Russian] (Росиелле А. А., Хэмблин Ю. Теоретические аспекты отбора на урожайность в стрессовых и не стрессовых условиях // Стоп. Наука. 1981. Т. 21, № 6. С. 27–29).
- Nikolaev P. N., Aniskov N. A., Yusova O. A. Plasticity, stability and adaptability of quality of grades of spring barley in the conditions of the Omsk region (Plastichnost', stabil'nost' i adaptivnost' kachestva zerna sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Omskoj oblasti) // Vestnik of the Ulyanovsk state agricultural Academy. 2018, no. 1, pp. 43–49 [in Russian] (Николаев П. Н., Анисков Н. А., Юсова О. А. Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // Вестник ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №1. С. 43–49).
- Yusova O. A., Nikolaev P. N. Productivity and quality of barley grain in the southern forest-steppe of Western Siberia (Produktivnost' i kachestvo zerna yachmenya v usloviyah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri) // Siberian Bulletin of agricultural science. 2016, no. 6, pp. 13–23 [in Russian] (Юсова О. А., Николаев П. Н. Продуктивность и качество зерна ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 6. С. 13–23).