

АДАПТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОРТОВ ОВСА СЕЛЕКЦИИ ОМСКОГО АГРАРНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

¹П.Н. Николаев, кандидат сельскохозяйственных наук

¹О.А. Юсова, кандидат сельскохозяйственных наук

¹В.С. Васюкевич, кандидат сельскохозяйственных наук

²Н.И. Анисков, доктор сельскохозяйственных наук

²И.В. Сафонова, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

² Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: 55asc@bk.ru

Ключевые слова: яровой овес, содержание белка, стабильность, пластичность, адаптивность, стрессоустойчивость

Реферат. Для получения стабильных урожаев овса с высоким качеством зерна большое значение имеют адаптивность, пластичность, стабильность и стрессоустойчивость сорта. Цель исследований – оценка адаптивного потенциала сортов селекции Омского АНЦ различными статистическими параметрами, рассчитанными по признаку содержания белка в зерне. Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2011–2016 гг. на опытных полях Омского аграрного научного центра, расположенного в южной лесостепи, г. Омск. Содержание белка в зерне овса в среднем за период исследований составило 11,2 % у пленчатых сортов и 16,2 % у голозерных сортов. При оценке по S.A. Eberhart и W.A. Russell сорта Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Иртыш 23, Тарский 2, Факел, Сибирский геркулес сочетали высокие стабильность и отзывчивость на улучшение условий среды. Отзывчивостью на условия выращивания характеризовались сорта Сибирский голозерный, Прогресс, Скакун и Левша (по S.A. Eberhart и W.A. Russell коэффициент линейной регрессии составил $1,06 \div 1,72$; по В.А. Драгавцеву коэффициент мультипликативности от 2,05 до 2,60). Высокая стрессоустойчивость ($-1,60 \div -2,47$) наблюдалась у сортов Памяти Богачкова, Иртыш 13, Иртыш 23, Тарский 2, Скакун, Иртыш 21. Высокой степенью соответствия между факторами среды и генотипом характеризовались сорта Левша, Сибирский голозерный, Прогресс (компенсаторная способность $15,02 \div 16,32$ по А.А. Россиелле и Ж. Немблин). К пластичным сортам (по А.А. Грязнову) относились Левша, Сибирский голозерный, Прогресс (индекс экологической пластичности $1,26 \div 1,36$), к адаптивным (по А.А. Животкову) – Левша, Сибирский голозерный и Прогресс (коэффициент адаптивности от 126 до 136 %). Рекомендуются для включения в селекционные программы, а также для возделывания в условиях Западной Сибири пленчатые сорта Сибирский голозерный, Прогресс, Левша, Иртыш 23, Орион, Тарский 2, (сумма рангов $29,0 \div 40,0$), а также голозерный сорт Левша (сумма рангов 47,0).

ADAPTIVE CAPACITIES OF OATS VARIETIES OF OMSK AGRICULTURAL RESEARCH CENTRE SELECTION

¹ Nikolaev P.N., Candidate of Agriculture

¹ Iusova O.A., Candidate of Agriculture

¹ Vasiukevich V.S., Candidate of Agriculture

² Aniskov N.I., Candidate of Agriculture

² Safonova I.V., Candidate of Agriculture

¹ Omsk Agricultural Research Centre, Omsk, Russia

² Russian Institute of Genetic Plant Resources named after N.I. Vavilov, St.Petersburg, Russia

Key words: spring oats, concentration of protein, stability, plasticity, adaptability, stress resistance.

Abstract. Adaptability, plasticity, stability and stress resistance of the oats variety are seen as significant for obtaining stable oat yields with high grain quality. The research aims at assessment of the adaptive capacities of oat varieties selected at Omsk Agricultural Research Centre. The assessment was carried out by means of statistical parameters calculated on the basis of protein concentration in the grain. The experiment was conducted in 2011-2016 on the experimental fields of Omsk Agricultural Research Centre which is located in the southern forest-steppe of Omsk. Protein concentration in the oat grains averaged 11.2% in chaffy varieties and 16.2% in huskless varieties. Following S.A. Eberhart and W.A. Russell assessment, such varieties as Orion, Irtysh 13, Irtysh 21, Irtysh 23, Tarskiy 2, Fakel and Sibirskiy Gerkules combined high stability and response to better environmental conditions. Sibirskiy golozernyy, Progress, Skakun and Levsha varieties are characterized as varieties that responded to the conditions of cultivation (following S.A. Eberhart and W.A. Russell the coefficient of linear regression was $1.06 \div 1.72$; according to V.A. Dragavtsev the coefficient of multiplicity varied from 2.05 to 2.60). The authors observed high resistant varieties ($-1.60 \div -2.47$) as Pamyati Bogachkova, Irtysh 13, Irtysh 23, Tarskiy 2, Skakun and Irtysh 21. Levsha, Sibirskiy golozernyy and Progress varieties were characterized by high degree of correspondence between environmental factors and genotype (according to A.A. Rossielle and J. Hemblin, compensatory capacity was $15.02 \div 16.32$). Levsha, Sibirskiy golozernyy and Progress varieties refer to plasticity varieties (according to A.A. Gryaznov) and the index of environmental plasticity was $1.26 \div 1.36$; Levsha, Sibirskiy golozernyy and Progress varieties refer to adaptive varieties (according to A.A. Zhivotkov) and their index of adaptivity varied from 126 to 136%. The authors recommend to include glumiferous varieties Sibirskiy golozernyy, Progress, Levsha, Irtysh 23, Orion, Tarskiy 2 (rank sum is $29.0 \div 40.0$) and huskless variety Levsha (rank sum is 47.0) into the selection and breeding programs and cultivating them in Western Siberia.

Овес для условий Западной Сибири считается одной из основных зерновых и зернофуражных культур, которая имеет широкое продовольственное применение.

Среди сортовых посевов овса в Омской области доля сортов селекции ФГБНУ ОМАНЦ (ФГБНУ СибНИИСХ) в отдельные годы достигает 95 %. В настоящие годы на смену старым сортам пришли новые высокопродуктивные. Так, в 2014 г. в Госреестр селекционных достижений РФ, допущенных к использованию по Западно-Сибирскому региону, включен сорт овса пленчатой группы Уран, который характеризуется высокими крупяными показателями. В 2015 г. в Госреестр РФ включен высококачественный сорт голозерной группы Прогресс.

Интенсивность селекционной программы овса характеризует также количество сортов, переданных на государственное сортоиспытание. В 2014 г. на ГСИ передан высокоурожайный и устойчивый к головнёвым патогенам сорт зернофуражного направления Факел. С 2015 г. проходит госсортоиспытание

высокопродуктивный сорт зернового и зернофуражного направления Сибирский геркулес, с 2016 г. – сорт овса Тарский голозерный, устойчивый к климатическим условиям северной лесостепи Омской области.

Однако овес, как и другие зерновые культуры, нуждается в повышении количества и качества белка, а также в улучшении других биохимических показателей зерна. В овсе, выращиваемом в зоне южной лесостепи Западной Сибири, содержание белка варьирует от 10,5 до 20,3 %, что объясняется влиянием погодных условий и генетическими особенностями сортов [1]. В настоящее время актуальной задачей производства является не просто достижение высоких показателей содержания белка, а стабильное их проявление. Для решения данной задачи необходима комплексная оценка селекционного материала по параметрам адаптивности, которая позволяет выделить перспективные сорта [2–4]. Всё большее значение для производства и перерабатывающей промышленности приобретает голозерный овес. Интерес к голозёрным со-

ртам овса объясняется высокой концентрацией белковых веществ в зерне.

Для получения стабильных урожаев с высоким качеством зерна большое значение имеют такие свойства сорта, как адаптивность к местным природно-климатическим факторам [5], устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам, качество продукции [6].

В связи с этим целью данной работы являлась оценка адаптивного потенциала сортов овса селекции Омского АНЦ с использованием различных статистических параметров по признаку содержания белка в зерне.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования проводились с 2011 по 2016 г. в питомнике конкурсного сортоиспытания (КСИ) на опытных полях Омского АНЦ, расположенного в южной лесостепи, (г. Омск). Почва опытного поля представлена черноземом обыкновенным выщелоченным, содержание гумуса варьирует от 6 до 7%.

Агротехника возделывания овса – общепринятая для Западно-Сибирского региона. Учитывая повышенную потребность овса к наличию влаги и почвенному плодородию, необходимо особое внимание уделять культуре-предшественнику овса. В наших исследованиях овес высевался третьей культурой после пара. Основная обработка почвы включала лущение стерни одновременно с уборкой зерновых и зяблевую вспашку. Обработка зяби состояла из закрытия влаги боронованием и последующей культивации на глубину 6–8 см. При посеве использована селекционная сеялка ССФК-7. Площадь опытной делянки составляла 10 м², повторность четырехкратная, норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га. Наблюдения, оценки и учеты проведены согласно методике ВИР по изучению ячменя и овса [7]. В комплекс мероприятий по уходу за посевами овса входит уничтожение почвенной корки и борьба с сорняками. Осуществление этих мероприятий достигается боронованием. Довсходовое боронование проводилось на через 5–6 дней после посева

и в фазу трех-четырех листьев для уничтожения однолетних сорняков.

Объектом исследований являлись средне-спелые сорта ярового овса пленчатой (разновидность *mutica*) и голозерной (разновидность *inermis*) форм. Исследуемые сорта включены в Государственный реестр и допущены к использованию по Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам, а также проходят государственное испытание; к сортам пленчатой формы овса относятся: Орион (стандарт), Иртыш 13, Иртыш 21, Иртыш 23, Тарский 2, Памяти Богачкова, Скакун, Факел, Сибирский геркулес, к сортам голозерной формы – Сибирский голозерный (стандарт), Прогресс, Левша. Ниже приведена краткая характеристика сортов.

Орион – стандарт для сортов овса пленчатой формы при испытании по Омской области (Омский кормовой 1 × Ристо). Сорт засухоустойчив, продуктивен, устойчив к полеганию. Патент № 0327, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 22.04.1999.

Иртыш 13 – индивидуальный отбор из сорта Harmon (Канада), высокопродуктивен, зерно крупное. Патент № 0326, 22.04.1999.

Иртыш 21 [(Мутика 611 × Мутика 570) × Скакун]. Сорт устойчив к засухе, полеганию. Высокопродуктивен и высококачественен. Патент № 2102, 23.01.2004.

Иртыш 23 (Памяти Богачкова × Мутика 810). Характеризуется стабильно высоким качеством зерна и урожайностью.

Тарский 2 [(Мутика 290 × Бизантина 474) × К-12914]. Устойчив к засухе. Патент № 0942, 28.03.2001.

Памяти Богачкова (Фаленский 3 × Мутика 559). Сорт высокопродуктивен в сочетании со скороспелостью. Патент № 0592, 05.04.2000.

Скакун (Фрезер × Астор). Оригинатор – НПО «Подмосковное» и Ульяновская опытная станция. Устойчив к полеганию, осыпанию и засухе, пластичный и высокоурожайный, включен в Госреестр ценных по качеству сортов с 1998 г.

Факел (Иртыш 21 × Paul). Сорт характеризуется повышенным содержанием сырого

жира в зерне, урожайный. Передан на ГСИ в 2014 г.

Сибирский геркулес (Иртыш 21 × Левша). Урожаен, качество зерна повышенное, пластичен по белковости. Передан на ГСИ в 2015 г.

Сибирский голозерный (Тарский 2 × Paul) – стандарт для сортов овса голозерной формы при испытании по Омской области. Сорт засухоустойчив, сочетает высокую продуктивность с высоким качеством и крупностью зерна. Патент № 4073, 29.05.2008.

Прогресс (Иртыш 21 × Paul). Характеризуется средней засухоустойчивостью и высокой продуктивностью. Патент № 7208, 27.12.2013.

Левша. Оригинатор – Кемеровский НИИСХ. Устойчив к засухе и полеганию. Включен в список ценных по качеству сортов. Районирован в 2005 г.

Математическая обработка проведена методом дисперсионного анализа [8]. Рассчитан индекс условий среды (I_j) по S.A. Eberhart и W.A. Russell, линейная реакция сорта на среду (bi – коэффициент экологической пластичности) и нелинейные отклонения от линии регрессии (σ^2d – стабильность) [9].

Коэффициент мультипликативности (KM) позволяет сравнить изменчивость признака (по Драгавцеву):

$$KM = \frac{\bar{x}_i + bi \cdot y_i}{X_i}, \quad (1)$$

где \bar{x}_i – среднее значение исследуемого признака у i -го сорта;

bi – коэффициент линейной регрессии i -го сорта;

y_i – среднее значение для всех средних по всем сортам y_i для каждого j -го пункта эксперимента [10].

Согласно методу А. А. Грязнова, вычисляется средний индекс экологической пластичности:

$$ИЭП = \left(\frac{УС_1}{СУО_1} + \frac{УС_2}{СУО_2} + \dots + \frac{УС_n}{СУО_n} \right) / n, \quad (2)$$

где – $УС_1$, $УС_2$, $УС_n$ содержание белка в зерне у сорта в разные годы и испытаний;

$СУО_1$, $СУО_2$, $СУО_n$ – средняя белковость зерна сортов в каждом из вариантов опыта [11].

Коэффициент адаптивности (КА) рассчитывается как среднее содержание белка каж-

дого сорта по отношению к среднесортной белковости каждого изучаемого года [12]. При $КА > 100\%$ сорт потенциально адаптивен.

$$КА = \frac{Y_{ij} \times 100}{Y_j}, \quad (3)$$

где Y_{ij} – масса 1000 зерен i -го сорта в j -й год испытания;

Y_j – среднесортная масса 1000 зерен года испытания.

Стрессоустойчивость и компенсаторную способность сортов определяли по А.А. Rossielle и S. Hemblin [13] в изложении А.А. Гончаренко [14]:

$$Устойчивость к стрессу = Y_{\min} - Y_{\max}; \quad (4)$$

$$Компенсаторная способность = \frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}, \quad (5)$$

где Y_{\min} и Y_{\max} – минимальная и максимальная урожайность сорта.

Наиболее адаптивные для условий Омского Прииртышья сорта выделяли на основании суммы рангов по перечисленным методам. Математическая обработка проведена в приложении Microsoft Office Excel для ПК.

Погодные условия в период роста и развития растений, несомненно, оказывали существенное влияние на формирование белковости зерна овса. Согласно данным Омской ГМОС, средняя температура мая и июня существенно превышала среднемноголетние данные (0,4–2,8 °С) в течение всего периода исследований (рис. 1). Превышение над среднемноголетними данными наблюдалось также в июле 2012 г. (на 3,4 °С) и 2016 г. (на 0,3 °С), в августе 2011, 2012, 2014, 2014 и 2016 гг. (на 0,5–3,2 °С).

Недостаточное увлажнение наблюдалось в мае и июне 2011 г. (–3,3 и –5,6 мм соответственно, что составило 70,0 и 68,3% от нормы), июне 2014 г. (недобор 15 мм, или 83,3% от нормы), июле 2012 г. (–16,0 мм, или 33,3% от нормы). Вегетационный период 2016 г. характеризовался засушливым маем и августом (–5,6 и –16,3 мм соответственно, что составило 49,1 и 97,8% к среднемноголетним данным). В остальные периоды количество выпавших осадков в 2–3 раза превышало норму (рис. 2).

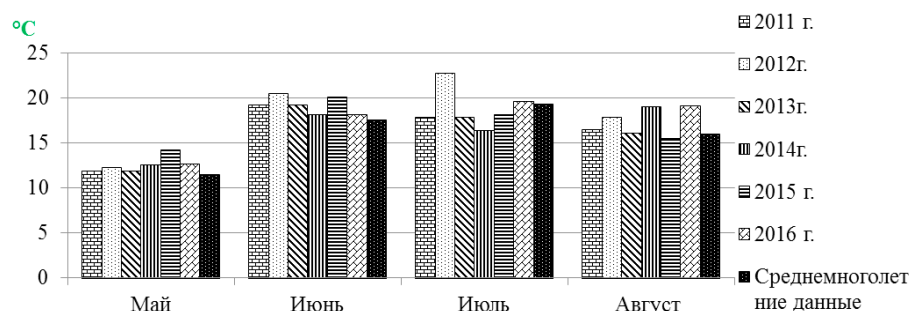


Рис. 1. Характеристика вегетационных периодов 2011–2016 гг.

по средней температуре воздуха (Омская ГМОС)

Characteristics of vegetation periods in 2011–2016 according to the average air temperature (Omsk Hydrometeorological Station)

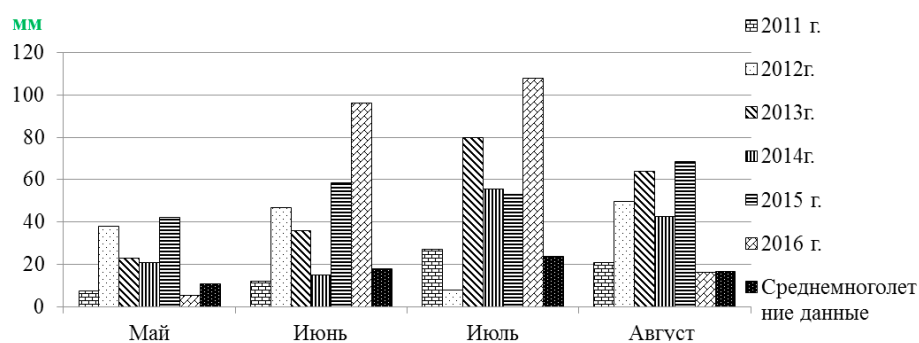


Рис. 2. Характеристика вегетационных периодов 2011–2016 гг.

по количеству осадков (Омская ГМОС)

Characteristics of vegetation periods in 2011–2016 according to the precipitation (Omsk Hydrometeorological Station)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные дисперсионного анализа по содержанию в зерне овса белка за период исследований с 2011 по 2016 г. показали, что данный показатель у сортов пленчатой формы являлся генетически обусловленным признаком (фактор А = 56,04%) с высокой долей вклада условий года (фактор Б = 28,02%), что подтверждает исследования других авторов [15]. Сорта голозерной формы характеризовались равноценным вкладом в формирование белковости зерна как доли года (фактор Б = 39,6%), так и взаимодействия факторов генотип × среда (факторы А × Б = 40%).

Максимальное содержание белка в зерне наблюдалось в 2016 г. (групповая средняя данного показателя составила 13,3% при $Ij = 1,26$). В 2011 г. наблюдалось снижение белковости зерна до 11,0% в среднем по опыту при минимальном индексе условий окружающей среды

$Ij = -1,25$, что свидетельствует о неблагоприятных условиях данного периода вегетации.

Согласно оценке по S.A. Eberhart и W.A. Russell, к пластичным сортам относятся: Сибирский голозерный, Прогресс, Скакун и Левша ($bi > 1$) (табл. 1). Согласуется с полученными данными и расчет параметров адаптивности по Драгавцеву на основе коэффициента мультипликативности (КМ). Так, сорта Прогресс, Скакун и Сибирский голозерный характеризуются максимальными по опыту КМ (2,1–2,6). У данных сортов под влиянием улучшения условий выращивания наблюдалась тенденция к увеличению содержания белка в зерне, что соответствует интенсивному типу. Сорта Орион и Тарский 2 характеризовались полным соответствием содержания белка в зерне изменению условий выращивания ($bi = 0,9$), по S.A. Eberhart и W.A. Russell у остальных исследуемых сортов наблюдалась слабая реакция белковости на изменение

Таблица 1

Содержание белка, адаптивность и ранжирование сортов овса
Protein concentration, adaptivity and ranging the oat varieties

Сорт	Содержание белка, %			bi	σ^2d	КМ	ИЭП	КА, %	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}$	Сумма рангов
	Lim	\bar{x}	$\pm st.$								
Орион, st.	10,0–13,4	11,4	-	0,9	0,2	2,1	0,9	91,4	-3,4	11,7	39,0
Иртыш 13	10,5–12,1	11,2	-0,2	0,7	0,1	1,7	0,9	90,1	-1,6	11,3	44,0
Иртыш 21	9,5–12,0	10,7	-0,7	0,9	0,2	2,1	0,9	85,9	-2,5	10,8	51,0
Иртыш 23	10,4–12,3	11,6	0,2	0,8	0,1	1,8	0,9	93,4	-2,0	11,4	38,0
Тарский 2	10,2–12,6	11,2	-0,2	0,9	0,3	2,1	0,9	89,9	-2,4	11,4	40,0
Памяти Богачкова	10,3–11,9	11,2	-0,2	0,8	0,2	1,8	0,9	89,6	-1,6	11,1	46,0
Скакун	9,7–12,1	11,0	-0,4	1,1	0,3	2,3	0,9	88,4	-2,4	10,9	46,0
Факел	9,9–13,6	11,0	-0,4	0,3	0,2	1,3	0,9	88,4	-3,7	11,7	54,0
Сибирский геркулес	10,5–13,7	11,7	+0,3	0,2	0,4	1,3	0,9	94,5	-3,2	12,1	49,0
Сибирский голозерный, st.	12,7–18,0	15,9	+4,5	2,1	0,7	2,6	1,3	127,6	-5,3	15,3	29,0
Прогресс	12,7–17,4	15,6	+4,2	1,8	1,7	2,5	1,3	125,5	-4,6	15,1	34,0
Левша	13,9–18,8	17,0	+5,6	1,4	2,5	2,1	1,4	136,3	-4,9	16,3	34,0
НСР ₀₅	0,7			-	-	-	-	-	-	-	-
$S_{\bar{x}}$	-			0,2	0,2	0,1	0,1	5,3	0,4	0,6	2,2

Примечание. Lim – лимиты; st. – стандартный сорт; $S_{\bar{x}}$ – абсолютная ошибка выборочной средней; \bar{x} – среднее значение показателя (по Б. А. Доспехову); bi – коэффициент линейной регрессии; σ^2d – величина стабильности реакции сортов (по S.A. Eberhart и W.A. Russell); КА – коэффициент адаптивности (по Л. А. Животкову); $Y_{\min} - Y_{\max}$ – показатель стрессоустойчивости сорта; $\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}$ – компенсаторная способность (по А. А. Rossielle, J. Hemblin); ИЭП – индекс экологической пластичности (по А. А. Грязнову).

Lim. – limits; st. – standard variety; $S_{\bar{x}}$ – absolute error of the sample mean; \bar{x} – mean (according to B.A. Dospikhov); bi – coefficient of linear regression; σ^2d – stability value of varieties responses (according to S.A. Eberhart and W.A. Russell); КА – adaptivity coefficient (according to L.A. Zhivotkov); $Y_{\min} - Y_{\max}$ – value of stress resistance of a variety; $\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}$ – compensatory capacity (according to A.A. Rossielle, J. Hemblin); ИЭП – index of environmental plasticity (according to A.A. Griaznov).

условий выращивания, что соответствует экстенсивному типу ($bi < 1$).

В настоящее время особое значение в селекционном процессе приобретает стабильность исследуемого признака [16], т.е. способность сорта поддерживать оптимальный уровень признака в различных почвенно-климатических условиях. В наших исследованиях высокой стабильностью реакции на условия среды, при оценке по S.A. Eberhart и W.A. Russell, характеризовались сорта Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Иртыш 23, Факел, Сибирский голозерный, Тарский 2, Памяти Богачкова, Скакун, Сибирский геркулес ($\sigma^2d = 0,1 \dots 0,9$). Сорта Памяти Богачкова, Скакун, Прогресс и Левша отличались низкой стабильностью (при $\sigma^2d > 1$).

Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью (при $bi > 1$, $\sigma^2d < 1$) обладали сорта Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Иртыш 23, Тарский 2, Факел, Сибирский геркулес. Селекционную ценность перечисленных сортов подтвержда-

ет тот факт, что большинство из них ежегодно используется в программах гибридизации лабораторий селекции овса для создания нового селекционного материала.

Важным показателем адаптивности сортов является показатель устойчивости к стрессу. Стрессоустойчивость рассчитывается как разность минимального и максимального содержания белка в зерне, поэтому данный показатель имеет отрицательный знак. С повышением стрессоустойчивости сортов данный показатель стремится к нулю [13, 14]. Согласно результатам наших исследований, повышенной стрессоустойчивостью обладали сорта Памяти Богачкова, Иртыш 13, Иртыш 23, Тарский 2, Скакун и Иртыш 21 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -1,6 \dots -2,5$).

Оценку стрессоустойчивости сортов дополняет показатель компенсаторной способности, отражающий, насколько соответствует генотип исследуемого сорта факторам окружающей среды. В наших исследованиях к сортам с высокой компенсаторной

способностью относятся Левша, Сибирский голозерный, Прогресс ($\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2} = 15,0 \dots 16,3$).

При исследованиях в неблагоприятных по климатическим условиям регионах (например, резко-континентальные условия Западной Сибири) принято использовать индекс экологической пластичности (ИЭП). Сорты характеризуются как пластичные при ИЭП > 1 [11]. К таким сортам относятся Левша, Сибирский голозерный, Прогресс (ИЭП = 1,3...1,4), что позволяет отметить рост содержания белка в зерне при улучшении условий среды. Низкие показатели индекса характерны для сортов Сибирский геркулес, Иртыш 23, Орион, Иртыш 13, Тарский 2, Памяти Богачкова, Скаун, Факел, Иртыш 21 (ИЭП = 0,9...0,9) – данные сорта лучше использовать на экстенсивном фоне, где они сформируют высокое содержание белка при минимуме затрат.

В следующем методе оценки для сравнения адаптивной реакции сортов использовали среднесортную белковость зерна по показателю года, выраженную в процентах [12]. Согласно данным расчетов, наиболее пластичны сорта Левша, Сибирский голозерный, Прогресс (КА = 126 ÷ 136%).

Как показано нами ранее [17], 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 сортом. При этом следует учитывать, что 1-й ранг наиболее высокий, 12-й наиболее низкий. В наших исследованиях сорта Сибирский голозерный, Прогресс, Левша, Иртыш 23, Орион, Тарский 2, которые набрали меньшую сумму рангов (29,0 ÷ 40,0), оказались наиболее адаптивными к условиям возделывания по содержанию белка в зерне.

В табл. 2 представлены данные производственных испытаний некоторых исследуемых сортов овса. Изменчивость урожайности сортов при возделывании в различных зонах Западной Сибири значительная (Cv > 20%), данный факт объясняется существенным воздействием (до 50,0%) условий выращивания [18, 19]. Максимальное значение данный показатель принимал в зоне южной лесостепи Омского ГСУ (среднегрупповая составила 5,04 т/га).

Анализ урожайности сортов позволяет сделать вывод, что сорта Тарский 2, Иртыш

Таблица 2

Урожайность сортов овса в производственных посевах, т/га
Crop yield of oat varieties in industrial sowings, t/ha

Сорт	Омский ГСУ, зона южной лесостепная	Щербакульский ГСУ, зона южной лесостепи	Тарский ГСУ, зона тайги и подтайги	Горьковский ГСУ, зона северной лесостепи	Павлоградский ГСУ, зона степи	Cv, %
Орион, st.	4,50	2,64	1,94	4,01	2,54	34,51
Иртыш 21	4,46	2,68	2,85	4,00	2,52	26,36
Тарский 2	5,39	2,65	2,06	3,93	-	42,14
Памяти Богачкова	4,68	-	-	4,12	2,63	27,81
Факел	7,04	2,57	1,70	4,35	3,61	53,09
Сибирский геркулес	5,83	2,57	2,55	3,87	3,35	37,09
Сибирский голозерный, st.	5,05	1,66	1,01	2,88	2,85	57,33
Прогресс	3,40	1,77	1,85	2,60	1,56	33,99
Среднее по сортам	5,04	2,36	1,99	3,72	2,72	-
max	7,04	2,68	2,85	4,35	3,61	-
min	3,40	1,66	1,01	2,60	1,56	-
$S_{\bar{x}}$	0,38	0,16	0,21	0,22	0,23	-

Примечание. ГСУ – государственный сортоиспытательный участок; st. – стандартный сорт; $S_{\bar{x}}$ – абсолютная ошибка выборочной средней; Cv – коэффициент вариации.

Note. SSTG – State seed-trial ground plot государственный; st. – standard variety; $S_{\bar{x}}$ – absolute error of the sample mean; Cv – coefficient of variation.

21 и Прогресс имели повышенную урожайность при возделывании только в одной зоне (соответственно +0,89 т/га к стандарту в южной лесостепи Омского ГСУ; +0,91 и +0,84 т/га в тайге и подтайге). Сорта Факел и Сибирский геркулес характеризуются как высокоурожайные независимо от зоны возделывания. Так, Факел превышал стандарт на 2,54 т/га в южной лесостепи Омского ГСУ, на 0,34 т/га в северной лесостепи и на 1,07 т/га в зоне степи. Прибавка по урожайности сорта Сибирский геркулес составила 1,33 т/га в южной лесостепи Омского ГСУ; 0,61 т/га в зонах тайги и подтайги и 0,81 т/га в зоне степи.

Поводя итог, можно отметить, что наиболее адаптивные по содержанию белка в зерне сорта Сибирский голозерный, Прогресс, Орион и Тарский 2 не характеризовались повышенной урожайностью вследствие выявленной нами средней обратной сопряженности ($r = -0,436$) между данными показателями. Очевидно, стоит вести речь о конкуренции между качеством и количеством урожая и предложить либо вести селекцию овса по двум направлениям – по урожайности и качеству зерна отдельно, либо найти определенный баланс, позволяющий сочетать указанные показатели в одном сорте. Выявленные нами тенденции подтверждают литературные данные [20, 21].

ВЫВОДЫ

1. В условиях Западной Сибири в среднем за период исследований с 2011 по 2016 г. в питомнике КСИ содержание белка в зерне

овса составило 11,2% у пленчатых и 16,2% у голозерных сортов.

2. Согласно оценке по S.A. Eberhart и W.A. Russell, сочетали высокие стабильность и отзывчивость на улучшение условий среды ($bi > 1$, $\sigma^2 d < 1$) при формировании белка в зерна сорта Орион, Иртыш 13, Иртыш 21, Иртыш 23, Тарский 2, Факел и Сибирский геркулес.

3. Отзывчивы на условия выращивания сорта Сибирский голозерный, Прогресс, Скакун и Левша (по S.A. Eberhart и W.A. Russell $bi = 1,1 \dots 1,7$; по В. А. Драгавцеву $KM = 2,1 \dots 2,6$).

4. Высокая стрессоустойчивость (по А. А. Rossielle и J. Hemblin) наблюдалась у сортов Памяти Богачкова, Иртыш 13, Иртыш 23, Тарский 2, Скакун, Иртыш 21 ($Y_{\min} - Y_{\max} = -1,6 \dots -2,5$). Высокой степенью соответствия между факторами среды и генотипом характеризовались сорта Левша, Сибирский голозерный, Прогресс ($\frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2} = 15,0 \dots 16,3$).

5. Сорта Левша, Сибирский голозерный и Прогресс относятся пластичным по А. А. Грязнову ($ИЭП = 1,3 \dots 1,4$) и к адаптивным по А. А. Животкову ($КА = 126,0 \dots 136,0\%$).

6. Рекомендуются для включения в селекционные программы, а также для возделывания в условиях Западной Сибири:

– наиболее адаптивные по белковости пленчатые сорта Сибирский голозерный, Прогресс, Левша, Иртыш 23, Орион, Тарский 2 (сумма рангов $29,0 \div 40,0$), а также голозерный сорт Левша (сумма рангов 47,0);

– высокоурожайные, независимо от зоны возделывания, сорта Факел (+0,34 – 2,54 т/га к стандарту) и Сибирский геркулес (+0,61 – 1,33 т/га).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баталова Г. А. Формирование урожая и качества зерна овса // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 1. – С. 10–13
2. Юсова О. А., Васюкевич С. В. Оценка коллекционных образцов овса по продуктивности и биохимическим показателям в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 7. – С. 33–39.
3. Сотник А. Я. Продуктивность и адаптивность сортов овса в условиях приобской лесостепи // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2017. – Т. 47. – № 1 (254). – С. 38–43.
4. Елисеев С. Л., Сатаев Э. Ф. Адаптивная реакция сортов овса на изменение временных и пространственных экологических условий // Перм. аграр. вестн. – 2018. – № 2 (22). – С. 44–49.

5. *Multivariate Analysis of Traits determining Adaptation in cultivated Barley* / I. Karsai, K. Mészáros, L. Láng [et al.] // *Plant Breeding*. – 2001. – N 120 (3). – P. 217–222. – DOI: 10.1046/j.1439-0523.2001.00599.x.
6. *Robinson L. H., Lahnstein J., Eglinton J. K.* The Identification of a Barley Haze active Protein that influences Beer haze stability: Cloning and Characterisation of the Barley se Protein as a Barley Trypsin Inhibitor of the Chloroform/Methanol Type // *Journal of Cereal Science*. – 2007. – N 45 (3). – P. 343–352. – DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
7. *Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В.* Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. – СПб.: Копи-Р, 2012. – 62 с.
8. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. – Изд. 6-е, доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 35.
9. *Eberhart S. A., Russell W. A.* Stability parameters for comparing varieties // *Crop. Sci.* – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 36–40.
10. *Драгавцев В. А., Цильке В. А., Рейтер Б. Г.* Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1984. – 229 с.
11. *Грязнов А. А.* Карабальский ячмень. – Кустанай: Печат. двор, 1996. – 448 с.
12. *Животков Л. А., Морозова З. А., Секатиева 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.
13. *Rossielle A. A., Hemblin J.* Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // *Crop. Sci.* – 1981. – Vol. 21, N 6. – P. 27–29.
14. *Гончаренко А. А.* Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // *Вестн. РАСХН*. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
15. *Иванова Ю. С., Фомина М. Н., Лоскутов И. Г.* Биохимические показатели качества зерна у коллекционных образцов овса голозерного в условиях северной лесостепи // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32, № 6. – С. 38–41.
16. *Hincha D. K.* Fructans from Oat and rye: Composition and Effects on Membrane Stability during Drying // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*. – 2007. – N 6. – P. 1611–1619. DOI: 10.1016/j.bbamem.2007.03.011.
17. *Николаев П. Н., Аниськов Н. А., Юсова О. А.* Пластичность, стабильность и адаптивность качества зерна сортов ярового ячменя в условиях Омской области // *Вестн. Ульянов. гос. с.-х. акад.* – 2018. – № 1. – С. 43–49. – DOI: 10.18286/1816-4501-2018-1-43-48.
18. *Иванова Ю. С., Фомина М. Н.* Урожайность коллекционных образцов голозерного овса в условиях Северного Зауралья // *Сиб. вестн. с.-х. науки*. – 2017. – Т. 47. – № 3 (256). – С. 27–35.
19. *Фомина М. Н.* Урожайность пленчатых сортов овса и особенности её формирования в условиях северной лесостепи Тюменской области // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 24–27.
20. *Байкалова Л. П., Долгова О. А.* Корреляционная зависимость содержания белка в зерне овса различных сортов от биологических и экологических факторов // *Кормопроизводство*. – 2018. – № 8. – С. 30–34.
21. *Игнатьева Е. Ю., Колмаков Ю. В., Пыко Т. Ю., Васюкевич С. В.* Изменчивость и соответствие оценок качества зерна овса в различных условиях выращивания // *Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та*. – 2017. – № 2 (148). – С. 11–16.

REFERENCES

1. *Batalova G. A.* Formirovanie urozhaya i kachestva zerna ovsa, *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*, 2010, No. 1, pp. 10–13. (In Russ.)
2. *Yusova O. A., Vasyukevich S. V.* Ocenka kollekcionnyh obrazcov ovsa po produktivnosti i biohimicheskim pokazatelyam v usloviyah Yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri, *Vestnik Altajskogo Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 7, pp. 33–39. (In Russ.)
3. *Sotnik A. Ya.* Produktivnost i adaptivnost sortov ovsa v usloviyah Priobskoy Lesostepi, *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2017, Vol. 47, No. 1 (254), pp. 38–43. (In Russ.)

4. Eliseev S. L., Sataev E. H. F. Adaptivnaya reakciya sortov ovsa na izmenenie vremennyh i prostranstvennyh ehkologicheskikh uslovij, *Permskij agrarnyj vestnik*, 2018, No. 2 (22), pp. 44–49. (In Russ.)
5. Karsai I, Mészáros K, Láng L, Hayes PM, Bedő Z. Multivariate Analysis of Traits determining Adaptation in cultivated Barley, *Plant Breeding*, 2001, No. 120 (3), pp. 217–222. DOI: 10.1046/j.1439–0523.2001.00599.x.
6. Robinson L. H., Lahnstein J., Eglinton J. K. The Identification of a Barley Haze active Protein that influences Beer haze stability: Cloning and Characterisation of the Barley se Protein as a Barley Trypsin Inhibitor of the Chloroform, *Methanol Type. Journal of Cereal Science*, 2007, No. 45 (3), pp. 343–352. DOI:10.1016/j.jcs.2006.08.012.
7. Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sohraneniyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsa* (Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats), SPb., ООО Kopi-R, 2012, p. 62.
8. Dosphehov B. A. *Metodika polevogo opyta* (Methods of field experience), Moscow, Agropromizdat, 1985, p. 35.
9. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties, *Crop. Sci.*, 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36–40.
10. Dragavcev V. A., Cil'ke V. A., Rejter B. G. *Genetika priznakov produktivnosti yarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri* (Genetics of signs of spring wheat productivity in Western Siberia), Novosibirsk, Nauka, 1984, p. 229.
11. Gryaznov A. A. *Karabal'skij yachmen* (Carbolic barley), Kustanaj, Kustanajskij pechatnyj dvor, 1996, p. 448.
12. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Metodika vyyavleniya potencial'noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionnyh form ozimoy pshenicy po pokazatelyu urozhajnosti, *Selekcija i semenovodstvo*, 1994, No. 2, pp. 3–6. (In Russ.)
13. Rossielle A. A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments, *Crop. Sci.*, 1981, Vol. 21, No. 6, pp. 27–29
14. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ehkologicheskoy ustojchivosti sortov zernovyh kul'tur, *Vestnik RASKHN*, 2005, No. 6, pp. 49–53. (In Russ.)
15. Ivanova YU. S., Fomina M. N., Loskutov I. G. Biohimicheskie pokazateli kachestva zerna u kollekcionnyh obrazcov ovsa golozernogo v usloviyah severnoj lesostepi, *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2018., Vol. 32, No. 6, pp. 38–41. (In Russ.)
16. Hinch D. K. Fructans from Oat and rye: Composition and Effects on Membrane Stability during Drying, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*, 2007, No. 6, pp. 1611–1619. DOI:10.1016/j.bbamem.2007.03.011.
17. Nikolaev P. N., Anis'kov N. A., YUsova O. A. Plastichnost», stabil'nost» i adaptivnost» kachestva zerna sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Omskoj oblasti, *Vestnik ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*, 2018, No. 1, pp. 43–49. DOI: 10.18286/1816–4501–2018–1–43–48. (In Russ.)
18. Ivanova Yu. S., Fomina M. N. Urozhajnost» kollekcionnyh obrazcov golozernogo ovsa v usloviyah severnogo Zaural'ya, *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*, 2017, Vol. 47, No. 3 (256), pp. 27–35. (In Russ.)
19. Fomina M. N. Urozhajnost» plenchatyh sortov ovsa i osobennosti eyo formirovaniya v usloviyah severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti, *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2016, Vol. 30, No. 12, pp. 24–27. (In Russ.)
20. Bajkalova L. P., Dolgova O. A. Korrelyacionnaya zavisimost» sodержaniya belka v zerne ovsa razlichnyh sortov ot biologicheskikh i ehkologicheskikh faktorov, *Kormoproizvodstvo*, 2018, No. 8, pp. 30–34. (In Russ.)
21. Ignat'eva E. Yu., Kolmakov Yu. V., Pyko T. Yu., Vasyukevich S. V. Izmenchivost» i sootvetstvie ocenok kachestva zerna ovsa v razlichnyh usloviyah vyrashchivaniya, *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, No. 2 (148), pp. 11–16. (In Russ.)