

Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области

П. Н. Николаев¹, О. А. Юсова^{1✉}, И. В. Сафонова², Н. И. Аниськов²

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

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

✉ E-mail: ksanajusva@rambler.ru

Аннотация. Цель исследований – определение адаптивности Омских сортов пленчатого и голозерного ячменя по признаку «урожайность зерна». В данной статье представлены результаты многолетнего изучения набора сортов ячменя в условиях южной лесостепной зоны Омского региона. Дана оценка параметров экологической адаптивности по урожайности. **Методы.** Исследования проводились с 2015 по 2019 гг. в условиях южной лесостепи г. Омска. Приведен подробный анализ параметров адаптивности: Вычислены коэффициент индекса условий среды (I_j), пластичности и стабильности; коэффициент мультипликативности (KM); эквалента пластичности (W_j); гомеостатичность (Hom) и индекс стабильности (ИС); селекционная ценность (Sc); генотипический эффект, показатель эффекта реакции сортов на условия среды (ЭР). Окончательная адаптивность сортов оценена по сумме рангов, полученных каждым сортом по исследуемым параметрам. **Результаты.** Результаты проведенных исследований показали, что наиболее адаптивны в условиях южной лесостепной зоны Омского региона двурядные пленчатые линии Нутанс 4883, Нутанс 4812 и сорт Омский 101 (сумма рангов – 34, 36, 38 соответственно); многорядные пленчатые – Омский 99 и Рикотензе 4885 (сумма рангов – 54 и 56); двурядный голозерный сорт Омский голозерный 1 (сумма рангов – 82); многорядные голозерные сорта Омский голозерный 2, Омский голозерный 4 (сумма рангов – 86 и 84). **Научная новизна** заключается в исследовании 8 сортов и 5 новых перспективных линий пленчатой и голозерной групп ячменя селекции Омского аграрного научного центра. Выделены наиболее адаптивные сорта и линии для условий южной лесостепи Западной Сибири, которые рекомендованы для внедрения в производство и для дальнейшей селекционной работы.

Ключевые слова: ячмень, урожайность, пластичность, стабильность, интенсивность, гомеостатичность, коэффициент мультипликативности, селекционная ценность, ранг.

Для цитирования: Николаев П. Н., Юсова О. А., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12 (203). С. 22–34. DOI: ...

Дата поступления статьи: 05.10.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В Российской Федерации ячмень распространен и возделывается во всех почвенно-климатических зонах. Широкое применение он получил как универсальная культура, имеющая большое комовое, продовольственное, техническое и агротехническое значение, а также благодаря устойчивости и способности формировать урожай в экстремальных климатических условиях возделывания в сравнении с большинством зерновых культур [1, с. 42–49], [2, с. 37–43].

В 2019 г. общая площадь посева ячменя отмечена на уровне 8786,9 тыс. га. Из них 92,9 % занимал яровой ячмень. Согласно данным рис. 1, площади посева ячменя неизменно сокращались (от 10 094,7 тыс. га в 2001 г. до 8325,1 тыс. га в 2018 г.) и лишь в 2019 г. наблюдался их некоторый рост (на 461,8 тыс. га по отношению к 2018 г.) [3].

В 2019 г. по отношению к 2018 г. произошло увеличение площадей выращивания ячменя практически во всех федеральных округах страны, за исключением Северо-Западного ФО и Южного ФО (1 % от общероссийских) [3]

(рис. 2). Максимальные площади ячменя наблюдались в Приволжском (36 %) и Центральном ФО (23 %). В Сибирском ФО площади составили 14 %.

Изучение сортов различных культур, в том числе и ячменя, в разных условиях очень часто показывает, что изменение условий возделывания в разной мере оказывает влияние на поведение генотипов, т. е. наблюдается взаимодействие «генотип × среда». Анализ взаимодействия генотипа и среды используется для выяснения целесообразности размещения того или иного сорта в определенной климатической зоне, обоснованности направления селекции, оценки биологического потенциала сортов, их уровня экологической приспособленности, что имеет большое значение для использования их в производстве, селекционном процессе, при передаче на государственное сортоиспытание.

Успешные сорта должны быть адаптированы к широкому диапазону условий окружающей среды для стабильной реализации своего генетического потенциала [4, с. 657–662] и эффективности сельскохозяйственного производства [5, с. 335–342].

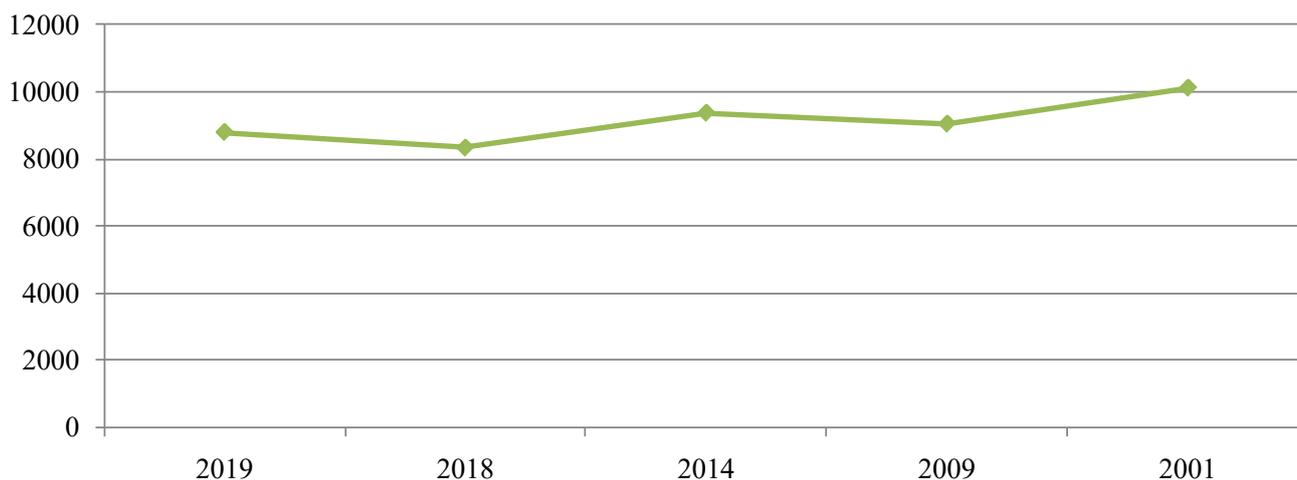


Рис. 1. Площадь посева ячменя в среднем по России, тыс. га
Fig. 1. Barley sown area, thousand ha

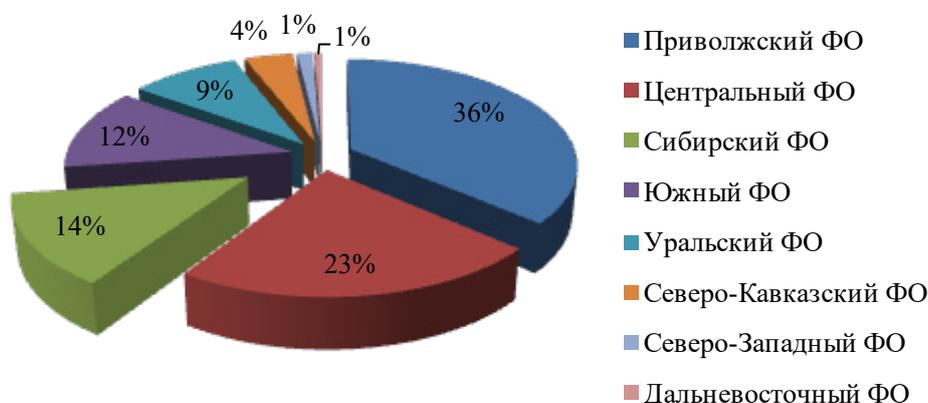


Рис. 2. Площадь посева ячменя в среднем по Федеральным округам

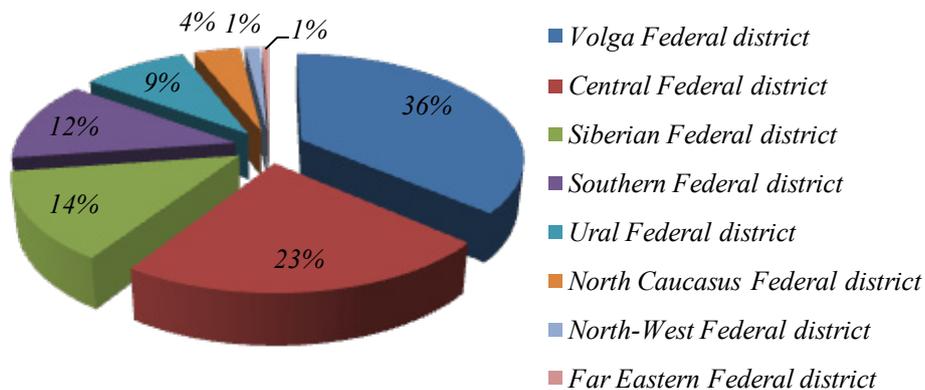


Fig. 2. Average area of barley sown in Federal districts

Любой селекционер заинтересован в том, чтобы селекцию на адаптивность вести с самого начала селекционного процесса, для чего нужно уметь оценить реакцию сорта на окружающие условия в математическом выражении. Селекционеры справедливо полагают, что современная практическая селекция должна иметь в своем распоряжении целенаправленные методы создания экологически стабильных сортов [6, с. 110–118], сочетающих высокую урожайность с приспособленностью к неблагоприятным факторам среды [7, с. 623–628], [8, с. 537–544].

Выяснение механизмов адаптивных реакций организма на внешние воздействия – одна из наиболее сложных и актуальных проблем современности [9, с. 820–829].

На основании этого целью нашего изучения было определение адаптивности омских сортов пленчатого и голозерного ячменя по признаку «урожайность зерна».

Методология и методы исследования (Methods)

Экспериментальная часть работы проводилась в течение 2015–2019 гг. на опытных полях Омского АНЦ (Южная лесостепь, г. Омск). Агротехника проведения опытов общепринятая для Западно-Сибирского региона, все наблюдения, оценки и учеты в питомнике проводились согласно методике ВИР по изучению коллекции ячменя и овса [10, с. 11]. Площадь делянки – 10 м², повторность четырехкратная. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га.

Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа [11, с. 352]. Расчет показателей адаптивности проводили, используя следующие параметры: коэффициент индекса условий среды (I_j), коэффициент пластичности и стабильности S. A. Eberhart, W. A. Russell в изложении В. А. Зыкина [12, с. 31–34]. Коэффициент мультипликативности (KM) рассчитывали по В. А. Драгавцеву [13, с. 134–141]. Дальнейшее статистическое выражение пластичности – экваленту (W_i) – предложил С. Wricke [14, с. 4–12]. В. В. Хангильдин предложил для расчета гомеостатичности использовать показатель (Hom) [15, с. 42–45]. Также рассчитаны селекционная ценность (Sc) [16, с. 3–7], индекс стабильности (ИС) [17, с. 100–108], генотипический эффект [18, с. 3–9], показатель эффекта реакции сортов на условия среды (ЭР) [19, с. 627–635].

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований с 2015 по 2019 г. сложились контрастные условия. Период вегетации 2015 г. характеризовался как сухой и холодный. Достаточным увлажнением отличился период вегетации 2016 г.: сумма осадков превышала среднее многолетние данные в июне и июле (+192 мм; +167 мм к норме) на фоне избытка тепла

(+0,1...+2,3 °C к среднеемноголетним данным). В 2017 г. наблюдался недобор осадков в мае, июле, августе (–77,0; –63,0; –26,0 к норме соответственно). Недостаток тепла был отмечен в мае, июне, августе 2018 г. В 2019 г. вегетация ячменя проходила в относительно благоприятных условиях. Период с мая по август характеризовался гидро-термическим обеспечением, близким к среднему многолетнему значению – средняя температура воздуха 15,4 °C при сумме осадков 240 мм (102,4 % от нормы) (рис. 3).

Объектами исследований, результаты которых представлены в данной статье, являлись сорта ярового ячменя селекции Омского АНЦ, рекомендованные для возделывания в данном регионе, а также новые перспективные линии.

Группа двурядных пленчатых: Омский 95 (стандарт), Саша, Подарок Сибири, Омский 100, Омский 101, Медикум 4867, Нутанс 4883, Нутанс 4812.

Группа многорядных пленчатых: Омский 99 (стандарт), Рикотензе 4885, Паллидум 4861.

Группа двурядных голозерных: Омский голозерный 1 (стандарт).

Группа многорядных голозерных: Омский голозерный 2 (стандарт), Омский голозерный 4.

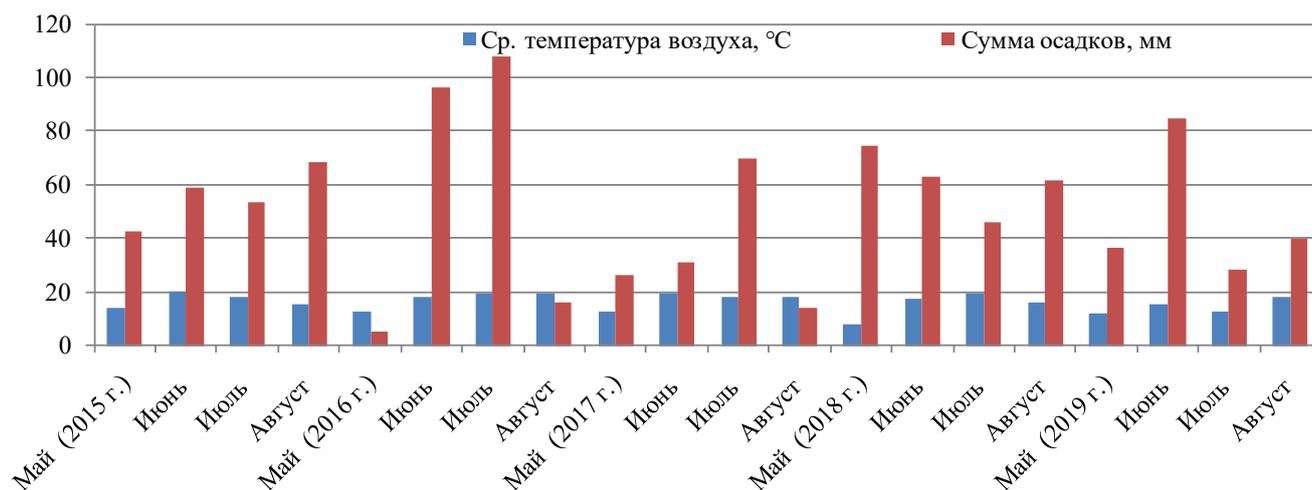


Рис. 3 Характеристика вегетационных периодов 2015–2019 гг. (Омская гидрометеорологическая станция)

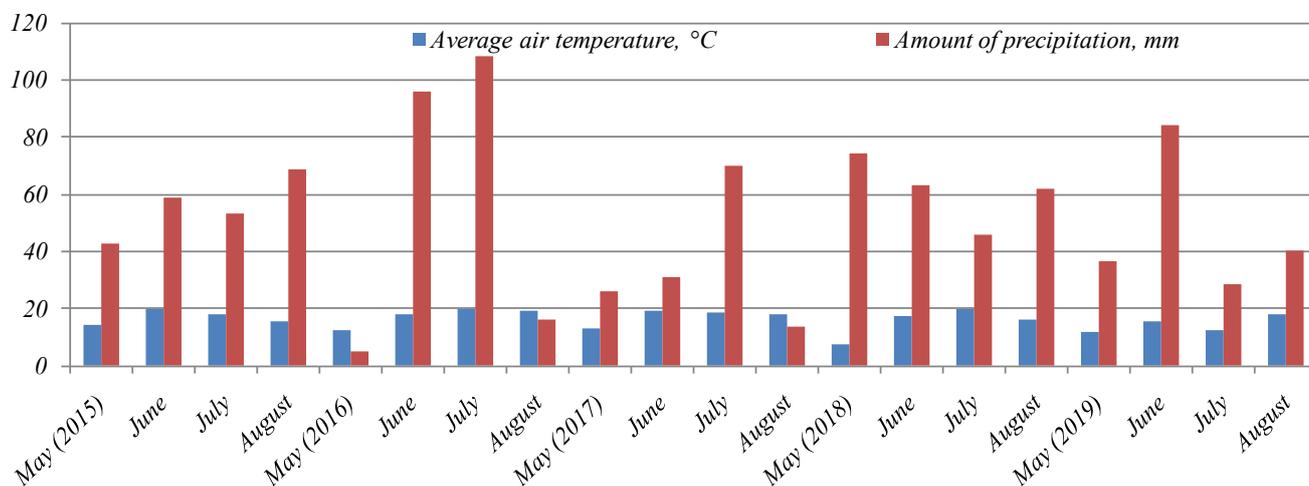


Fig. 3 Characteristics of vegetation periods in 2015–2019 (Omsk hydrometeorological station)

Результаты (Results)

Урожайность зерна представляет собой основной признак, определяющий ценность агробиологических и хозяйственных свойств сорта [1, с. 42–49], [2, с. 37–43]. Она формируется в результате взаимодействия его генотипа с условиями внешней среды, но в современных агроэкологических условиях недостаточная стрессоустойчивость сельскохозяйственных культур способствует низкой реализации урожайного потенциала [20, с. 617–626]. В наших исследованиях средняя величина урожайности по культуре составила 5,14 т/га, она изменилась от 4,06 т/га у сорта Омский голозерный 2 до 5,72 т/га у сорта Подарок Сибири (таблица 3). Максимальная средняя урожайность

(7,19 т/га) получена у сорта Подарок Сибири в 2019 г, минимальная урожайность (2,10 т/га) – в 2016 г. у сорта Омский голозерный 1. В среднем за период исследований, сорта пленчатой группы превышали по урожайности сорта голозерной группы на 1,17 т/га.

Все исследуемые сорта превышали стандарты всех групп в среднем за период исследований (+0,13...+0,90 т/га к стандарту). Также отличаются повышенной урожайностью новые перспективные линии в группе двурядных пленчатых Медикум 4867, Нутанс 4883 и Нутанс 4812 (+0,59...+0,80 т/га к стандарту.) в группе многорядных пленчатых Рикотензе 4885 и Паллидум 4861 (+0,16...+0,13 т/га к стандарту) в среднем за период исследований.

Таблица 1
Урожайность зерна сортов ярового ячменя КСИ за 2015–2019 гг., т/га

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее за период испытаний, кг/га	
						X	± к St
Двурядные пленчатые							
Омский 95 (St)	5,80	2,24	5,09	5,38	5,60	4,82	–
Саша	6,44	4,02	4,54	6,13	6,49	5,52	+0,70
Подарок Сибири	6,43	3,61	5,16	6,25	7,19	5,72	+0,90
Омский 100	6,55	3,96	5,01	5,26	6,54	5,46	+0,64
Омский 101	6,52	3,72	5,28	5,97	6,44	5,58	+0,76
Медикум 4867	6,54	3,61	4,85	5,99	6,39	5,47	+0,65
Нутанс 4883	5,80	3,78	5,25	6,17	7,11	5,62	+0,80
Нутанс 4812	6,16	3,63	4,50	6,09	6,71	5,41	+0,59
Многорядные пленчатые							
Омский 99 (St)	5,32	4,08	4,92	5,69	5,79	5,16	+0,34
Рикотензе 4885	5,17	3,94	5,82	5,81	5,89	5,32	+0,50
Паллидум 4861	4,93	3,83	6,30	5,59	5,83	5,29	+0,47
Двурядные голозерные							
Омский голозерный 1 (St)	4,24	2,10	3,29	5,25	5,97	4,17	–0,65
Многорядные голозерные							
Омский голозерный 2 (St)	3,71	2,75	3,99	4,84	5,05	4,06	–0,76
Омский голозерный 4	4,14	2,59	4,85	5,01	5,18	4,35	–0,47
Среднее	5,60	3,42	4,94	5,67	6,16	5,14	–
HCP ₀₅	0,90	0,80	0,90	1,00	0,90	0,70	–
Ij	+0,46	–1,7	–0,3	+0,53	+1,01	–	–

Table 1
Grain yield of KSI spring barley varieties for 2015–2019, t/ha

Variety	2015	2016	2017	2018	2019	Average for the test period, kg/ha	
						X	± to St
Double-row scaffy							
Omskiy 95 (St)	5.80	2.24	5.09	5.38	5.60	4.82	–
Sasha	6.44	4.02	4.54	6.13	6.49	5.52	+0.70
Podarok Sibiri	6.43	3.61	5.16	6.25	7.19	5.72	+0.90
Omskiy 100	6.55	3.96	5.01	5.26	6.54	5.46	+0.64
Omskiy 101	6.52	3.72	5.28	5.97	6.44	5.58	+0.76
Medikum 4867	6.54	3.61	4.85	5.99	6.39	5.47	+0.65
Nutans 4883	5.80	3.78	5.25	6.17	7.11	5.62	+0.80
Nutans 4812	6.16	3.63	4.50	6.09	6.71	5.41	+0.59
Multi-row scaffy							
Omskiy 99 (St)	5.32	4.08	4.92	5.69	5.79	5.16	+0.34
Rikotenze 4885	5.17	3.94	5.82	5.81	5.89	5.32	+0.50
Pallidum 4861	4.93	3.83	6.30	5.59	5.83	5.29	+0.47
Double-row bare grain							
Omskiy golozernyy 1 (St)	4.24	2.10	3.29	5.25	5.97	4.17	–0.65
Multi-row bare grain							
Omskiy golozernyy 2 (St)	3.71	2.75	3.99	4.84	5.05	4.06	–0.76
Omskiy golozernyy 4	4.14	2.59	4.85	5.01	5.18	4.35	–0.47
Average	5.60	3.42	4.94	5.67	6.16	5.14	–
HCP ₀₅	0.90	0.80	0.90	1.00	0.90	0.70	–
Ij	+0.46	–1.7	–0.3	+0.53	–1.01	–	–

Благоприятные условия выращивания для получения высокой продуктивности сортов сложились в 2015, 2018 и 2019 гг. (5,60; 5,67 и 6,16 т/га) при максимальном индексе окружающей среды $I_j +0,46; +0,53; +1,01$. Неблагоприятные условия отмечались в 2016 г. (3,42 т/га) и 2017 г. (4,94 т/га) (таблица 1).

Для определения существенности величины сортов и лет испытания в формирование урожайности проведен двухфакторный дисперсионный анализ (таблица 2). Результаты проведенного анализа выявили достоверное влия-

ние на формирование урожайности фактора «год» – 65 %, доля влияния фактора «сорт» составила 19%.

В настоящее время существует и применяется большое количество методов математического определения отзывчивости сорта на меняющиеся погодные условия. Они отличаются по степени информативности, сложности расчета, объективности разрешающей способности. В этой связи возникает настоятельная потребность в сравнении некоторых из них в данной работе.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа сортов ярового ячменя

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Среднее квадратичное	Критерий Фишера F		Доля вклада, %
				$F_{\text{факт}}$	F_{05}	
Общая	227,8	69	3,3	–	–	–
Сорта (A)	43,2	13	3,3	4,7	2,07	19,0
Годы (B)	148,1	4	37,0	52,8	2,69	65,0
Остаток (ошибка)	36,5	52	0,7	–	–	–

Table 2

Results of dispersion analysis of spring barley varieties

Dispersion	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	Fischer's criterion F		The percentage contribution, %
				F_{actual}	F_{05}	
General	227.8	69	3.3	–	–	–
Grades (A)	43.2	13	3.3	4.7	2.07	19.0
Years (B)	148.1	4	37.0	52.8	2.69	65.0
Remainder (error)	36.5	52	0.7	–	–	–

Таблица 3

Параметры адаптивности ячменя по урожайности

Сорт	b_i	σ_d^2	a_i	E_i	Ном
Двурядные пленчатые					
Омский 95 (St)	1,02	0,43	1,96	–0,32	0,16
Саша	1,01	0,23	2,08	0,38	0,26
Подарок Сибири	1,14	0,22	2,27	0,58	0,24
Омский 100	0,92	0,33	1,97	0,32	0,27
Омский 101	1,05	0,24	2,14	0,44	0,27
Медикум 4867	1,11	0,14	2,18	0,33	0,24
Нутанс 4883	1,12	0,10	2,22	0,48	0,26
Нутанс 4812	1,18	0,17	2,24	0,27	0,20
Многорядные пленчатые					
Омский 99 (St)	0,63	0,20	1,63	0,02	0,38
Рикотензе 4885	0,65	0,26	1,67	0,18	0,34
Паллидум 4861	0,59	0,70	1,61	0,15	0,29
Двурядные голозерные					
Омский голозерный 1 (St)	1,37	0,34	2,11	–0,97	0,11
Многорядные голозерные					
Омский голозерный 2 (St)	0,76	0,45	1,60	–1,08	0,18
Омский голозерный 4	0,87	0,34	1,74	–0,79	0,18
S_x	0,06	0,04	0,07	0,15	0,02

Table 3
Parameters of adaptability of barley for yield

Variety	b_i	σ_a^2	a_i	E_i	Hom
Double-row scaffy					
Omskiy 95 (St)	1.02	0.43	1.96	-0.32	0.16
Sasha	1.01	0.23	2.08	0.38	0.26
Podarok Sibiri	1.14	0.22	2.27	0.58	0.24
Omskiy 100	0.92	0.33	1.97	0.32	0.27
Omskiy 101	1.05	0.24	2.14	0.44	0.27
Medikum 4867	1.11	0.14	2.18	0.33	0.24
Nutans 4883	1.12	0.10	2.22	0.48	0.26
Nutans 4812	1.18	0.17	2.24	0.27	0.20
Multi-row scaffy					
Omskiy 99 (St)	0.63	0.20	1.63	0.02	0.38
Rikotenze 4885	0.65	0.26	1.67	0.18	0.34
Pallidum 4861	0.59	0.70	1.61	0.15	0.29
Double-row bare grain					
Omskiy golozernyy 1 (St)	1.37	0.34	2.11	-0.97	0.11
Multi-row bare grain					
Omskiy golozernyy 2 (St)	0.76	0.45	1.60	-1.08	0.18
Omskiy golozernyy 4	0.87	0.34	1.74	-0.79	0.18
$S_{\bar{x}}$	0.06	0.04	0.07	0.15	0.02

Таблица 4
Урожайность, селекционная ценность и стабильность сортов ячменя, в среднем за 2015–2019 гг.

Сорт	Урожайность, т/га			Селекционная ценность (Sc)	Индекс стабильности (ИС)
	min	max	\bar{x}		
Двурядные плечатые					
Омский 95 (St)	2,24	5,80	4,82	8,97	10,8***
Саша	4,02	6,49	5,52	18,9	22,7*
Подарок Сибири	3,61	7,19	5,72	16,4	17,0**
Омский 100	3,96	6,55	5,46	18,0	24,6*
Омский 101	3,72	6,52	5,58	17,8	22,7*
Медикум 4867	3,61	6,54	5,47	16,5	19,7**
Нутанс 4883	3,78	7,11	5,62	16,8	20,8**
Нутанс 4812	3,63	6,71	5,41	15,8	14,1***
Многорядные плечатые					
Омский 99 (St)	4,08	5,79	5,16	18,8	55,5*
Рикотензе 4885	3,94	5,89	6,32	18,9	41,9*
Паллидум 4861	3,83	6,30	5,29	17,0	30,4*
Двурядные голозерные					
Омский голозерный 1 (St)	2,10	5,97	4,17	6,12	7,3***
Многорядные голозерные					
Омский голозерный 2 (St)	2,75	5,05	4,06	8,97	19,1**
Омский голозерный 4	2,59	5,18	4,35	9,46	16,7***
$S_{\bar{x}}$	0,18	0,17	0,17	1,19	3,36

Примечание: * высокостабильные, ** стабильные, *** нестабильные.

Table 4
Yield, breeding value and stability of barley varieties, average for 2015–2019

Variety	Yield, t/ha			Breeding value	Stability index (SI)
	min	max	\bar{x}		
Double-row scaffy					
Omskiy 95 (St)	2.24	5.80	4.82	8.97	10.8***
Sasha	4.02	6.49	5.52	18.9	22.7*
Podarok Sibiri	3.61	7.19	5.72	16.4	17.0**
Omskiy 100	3.96	6.55	5.46	18.0	24.6*
Omskiy 101	3.72	6.52	5.58	17.8	22.7*
Medikum 4867	3.61	6.54	5.47	16.5	19.7**
Nutans 4883	3.78	7.11	5.62	16.8	20.8**
Nutans 4812	3.63	6.71	5.41	15.8	14.1***
Multi-row scaffy					
Omskiy 99 (St)	4.08	5.79	5.16	18.8	55.5*
Rikotenze 4885	3.94	5.89	6.32	18.9	41.9*
Pallidum 4861	3.83	6.30	5.29	17.0	30.4*
Double-row bare grain					
Omskiy golozernyy 1 (St)	2.10	5.97	4.17	6.12	7.3***
Multi-row bare grain					
Omskiy golozernyy 2 (St)	2.75	5.05	4.06	8.97	19.1**
Omskiy golozernyy 4	2.59	5.18	4.35	9.46	16.7***
$S_{\bar{x}}$	0.18	0.17	0.17	1.19	3.36

Note: * highly stable, ** stable, *** unstable.

Наиболее широкое применение из-за своей доступности и информативности в мировой практике получил метод S. A. Eberhart, W. A. Russel. Он позволяет рассчитать как экологическую пластичность сорта при помощи коэффициента регрессии (b_i), так и стабильность его урожая через средний квадрат отклонений от линии регрессии (σ_a^2). По мнению авторов, наиболее ценны для использования в производственных условиях сорта, которые соответствуют условию $b_i > 1$, $\sigma_a^2 = 0$. Такие сорта относятся к высокоинтенсивным. Они отзывчивы на улучшение условий выращивания и характеризуются стабильной урожайностью. В нашем опыте к ним относятся сорта Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867, Подарок Сибири, Омский 101 ($b_i = 1,18; 1,12; 1,11; 1,14; 1,05$; $\sigma_a^2 = 0,17; 0,1; 0,14; 0,22; 0,24$ соответственно).

Сорта с высокими показателями b_i и σ_a^2 менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью. К ним принадлежит сорт голозерного ячменя Омский голозерный 1 ($b_i = 1,37$ и $\sigma_a^2 = 0,34$).

Генотипы, которые соответствуют условию $b_i \leq 1$ и $\sigma_a^2 = 0$, относительно слабо реагируют на улучшение внешних условий, но в то же время имеют стабильную урожайность. К ним относятся сорта Саша, Омский 100, Омский 99, Рикотензе 4885, Омский голозерный 4 ($b_i = 1,01; 0,92; 0,63; 0,65; 0,87$; $\sigma_a^2 = 0,23; 0,33; 0,2; 0,26; 0,34$ соответственно).

Те генотипы, у которых $b_i \leq 1$ и высокий показатель σ_a^2 , слабо реагируют на улучшение внешних условий и имеют невысокую стабильность урожайности, это сорта: Омский 95, Паллидум 4861, Омский голозерный 2 (таблица 3).

В. А. Драгавцев полагал, что мера адаптивности надежно работает лишь тогда, когда у сравниваемых генотипов примерно одинаковые средние величины, иначе на коэффициент регрессии может повлиять эффект метрической шкалы (чем выше средняя величина, тем выше мера пластичности). По его мнению, в этом случае более достоверно и объективно использовать коэффициент мультипликативности. Чем этот показатель больше, тем сильнее изменяется урожай сорта в различных условиях. Анализируя характер мультипликативности у исследуемых сортов за 2015–2019 гг. можно выделить сорта Омский голозерный 2 ($a_i = 1,6$); Паллидум 4861 ($a_i = 1,61$); Омский 99 ($a_i = 1,63$); Рикотензе 4885 ($a_i = 1,67$); Омский голозерный 4 ($a_i = 1,74$). Они характеризуются слабой реакцией на улучшение условий выращивания, что свойственно сортам экстенсивного типа. Сорта: Омский 100 ($a_i = 1,97$); Омский 95 ($a_i = 1,96$) – полуинтенсивного типа. К сортам интенсивного типа, которые хорошо реагируют на улучшение условий возделывания, отнесены сорта Подарок Сибири, Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867, Омский 10, Омский голозерный 1, Саша ($a_i = 2,27; 2,24; 2,22; 2,18; 2,14; 2,11; 2,08$ соответственно).

Высокая степень проявления генотипического эффекта характеризуется высоким положительным показателем (Ei). Отрицательное его значение указывает на низкую адаптационную способность сорта. Оценка сортов по показателю эффекта генотипа позволила установить распределение сортов по уровню адаптивной способности: Подарок Сибири ($Ei = 0,58$); Нутанс 4883 ($Ei = 0,48$); Омский

101 ($Ei = 0,44$); Саша ($Ei = 0,38$); Медикум 4867 ($Ei = 0,33$); Омский 100 ($Ei = 0,32$); Нутанс 4812 ($Ei = 0,27$); Рикотензе 4885 ($Ei = 0,18$); Паллидум 4861 ($Ei = 0,15$); Омский 99 ($Ei = 0,02$). Отрицательный эффект генотипа отмечен у сортов с низкой адаптационной способностью: Омский голозерный 2, Омский голозерный 1, Омский голозерный 4, Омский 95 ($Ei = -1,08; -0,97; -0,79; -0,32$ соответственно).

Высокую гомеостатичность (по В. В. Хангильдину) проявляют сорта Омский 99, Рикотензе 4885, Паллидум 4861, Омский 100, Омский 101, Саша, Нутанс 4883, Подарок Сибири, Медикум 4867, Нутанс 4812 ($Hom = 0,38; 0,34; 0,29; 0,27; 0,27; 0,26; 0,26; 0,24; 0,24; 0,20$ соответственно). Низкая гомеостатичность отмечена у сортов Омский голозерный 2 ($Hom = 0,18$), Омский голозерный 4 ($Hom = 0,18$), Омский 95 ($Hom = 0,16$), Омский голозерный 1 ($Hom = 0,11$).

Использование эквиваленты (W_i), по С. Wricke, при анализе результатов изучения выявило, что высокой степенью стабильности характеризуется сорта Нутанс 4812, Омский 101, Нутанс 4883, Подарок Сибири, Медикум 4867 ($W_i = 0,23...0,58$). Средняя степень стабильности отмечена у сортов Омский 99, Саша, Омский голозерный 2, Омский 100, Рикотензе 4885 ($W_i = 0,89...1,18$). Низкий уровень стабильности выявлен у сортов Омский 95, Омский голозерный 1, Омский голозерный 4, Паллидум 4861 ($W_i = 1,29...2,52$).

Ведущие позиции по величине селекционной ценности [15, с. 42], согласно методу В. В. Хангильдина в трактовке Н. А. Орлянского, занимают сорта Саша, Рикотензе 4885, Омский 99, Омский 100, Омский 101, Паллидум 4861, Нутанс 4883, Медикум 4867, Подарок Сибири, Нутанс 4812 ($Sc = 18,9; 18,9; 18,8; 18,0; 17,8; 16,8; 16,5; 16,4; 15,8$ соответственно) (таблица 4).

При расчете индекса стабильности (ИС) В. В. Хангильдин использовал среднеквадратический уровень урожайности и общую дисперсию этого признака. Приведенные результаты расчетов показали, что сорта Омский 99 (ИС = 55,5); Рикотензе 4885 (ИС = 41,9); Паллидум 4861 (ИС = 30,4); Омский 100 (ИС = 24,6); Саша (ИС = 22,7); Омский 101 (ИС = 22,7) относятся к группе высокостабильных. В группу стабильных сортов определены сорта Нутанс 4883, Медикум 4867, Омский голозерный 2, Подарок Сибири (ИС = 20,8; 19,7; 19,1; 17,0 соответственно), а к числу нестабильных – сорта Омский голозерный 4, Нутанс 4812, Омский 95, Омский голозерный 1.

Высокие положительные значения параметра эффекта реакции сортов (ЭР), по предложению В. В. Новохатина, указывают на высокую адаптивность сортов к условиям выращивания. В нашем изучении повышенная адаптивность отмечена у сортов Подарок Сибири, Нутанс 4812, Омский голозерный 2 (ЭР = 0,05). Низкая характерна для сортов Омский 95, Нутанс 4883, Омский 99, Омский голозерный 1 (ЭР = 0,01...0,02) (таблица 5).

Для измерения приспособительных возможностей сортов необходимо использование целого ряда методов и подходов, позволяющих объективно оценить их адаптивные возможности. При этом требуется применять ранжирование сортов и проводить окончательную оценку по сумме рангов, учитывая то обстоятельство, что первый ранг самый высокий (таблица 6).

Показатели эффекта реакции (ЭР) сортов ячменя ярового, в среднем за 2015–2019 гг.

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Двурядные пленчатые						
Омский 95 (St)	0,52	-0,88	0,57	0,03	-0,22	0,02
Саша	0,46	0,20	-0,68	0,08	-0,03	0,03
Подарок Сибири	0,25	-0,41	-0,26	0,00	0,47	0,05
Омский 100	0,63	0,20	-0,15	-0,73	0,08	0,03
Омский 101	0,48	-0,16	0,00	-0,14	-0,14	0,04
Медикум 4867	0,61	-0,16	-0,32	-0,01	-0,08	0,04
Нутанс 4883	-0,28	-0,14	-0,07	0,02	0,49	0,02
Нутанс 4812	0,29	-0,08	-0,61	0,15	0,30	0,05
Многорядные пленчатые						
Омский 99 (St)	-0,30	0,62	0,06	0,00	-0,37	0,01
Рикотензе 4885	-0,61	0,32	0,80	-0,04	-0,43	0,04
Паллидум 4861	-0,82	0,24	1,31	-0,23	-0,46	0,04
Двурядные голозерные						
Омский голозерный 1 (St)	-0,39	-0,37	-0,58	0,55	0,80	0,01
Многорядные голозерные						
Омский голозерный 2 (St)	-0,81	0,39	0,23	0,25	-0,01	0,05
Омский голозерный 4	-0,67	-0,06	0,80	0,13	-0,17	0,03
$S_{\bar{x}}$	0,15	0,10	0,16	0,07	0,10	0,01

Table 5

Indicators of the reaction effect of spring barley varieties, average for 2015–2019

Variety	2015	2016	2017	2018	2019	Average
Double-row scaffy						
Omskiy 95 (St)	0.52	-0.88	0.57	0.03	-0.22	0.02
Sasha	0.46	0.20	-0.68	0.08	-0.03	0.03
Podarok Sibiri	0.25	-0.41	-0.26	0.00	0.47	0.05
Omskiy 100	0.63	0.20	-0.15	-0.73	0.08	0.03
Omskiy 101	0.48	-0.16	0.00	-0.14	-0.14	0.04
Medikum 4867	0.61	-0.16	-0.32	-0.01	-0.08	0.04
Nutans 4883	-0.28	-0.14	-0.07	0.02	0.49	0.02
Nutans 4812	0.29	-0.08	-0.61	0.15	0.30	0.05
Multi-row scaffy						
Omskiy 99 (St)	-0.30	0.62	0.06	0.00	-0.37	0.01
Rikotenze 4885	-0.61	0.32	0.80	-0.04	-0.43	0.04
Pallidum 4861	-0.82	0.24	1.31	-0.23	-0.46	0.04
Double-row bare grain						
Omskiy golozernyy 1 (St)	-0.39	-0.37	-0.58	0.55	0.80	0.01
Multi-row bare grain						
Omskiy golozernyy 2 (St)	-0.81	0.39	0.23	0.25	-0.01	0.05
Omskiy golozernyy 4	-0.67	-0.06	0.80	0.13	-0.17	0.03
$S_{\bar{x}}$	0.15	0.10	0.16	0.07	0.10	0.01

Использование параметров приспособительных возможностей и рангового анализа сортов позволило выделить генотипы ячменя, обладающие высокой адаптивностью:

Двурядные пленчатые – новые перспективные линии Нутанс 4883, Нутанс 4812 и сорт Омский 101 (сумма рангов – 34, 38, соответственно).

Многорядные пленчатые – стандартный сорт Омский 99 и новая перспективная линия Рикотензе 4885 (сумма рангов – 54 и 56).

Двурядные голозерные – стандарт Омский голозерный 1 (сумма рангов – 82).

Многорядные голозерные – стандарт Омский голозерный 2 и сорт Омский голозерный 4 (сумма рангов – 86 и 84).

Таблица 6

Ранжирование сортов ячменя по параметрам адаптивности

Сорт	Ранг по параметрам									Сумма рангов
	b_i	σ_d^2	a_i	W_i	Hom	Sc	ИС	E_i	ЭР	
Двурядные пленчатые										
Омский 95 (St)	7	11	9	11	9	10	12	11	4	84
Саша	8	6	7	7	5	1	5	4	3	46
Подарок Сибири	3	5	1	4	6	8	9	1	1	48
Омский 100	9	9	8	9	4	3	4	6	3	55
Омский 101	6	7	5	2	4	4	5	3	2	38
Медикум 4867	5	2	4	5	6	7	7	5	2	43
Нутанс 4883	4	1	3	3	5	6	6	2	4	34
Нутанс 4812	2	3	2	1	7	9	11	7	1	36
Многорядные пленчатые										
Омский 99(St)	13	4	12	6	1	2	1	10	5	54
Рикотензе 4885	12	8	11	10	2	1	2	8	2	56
Паллидум 4861	14	13	13	14	3	5	3	9	2	76
Двурядные голозерные										
Омский голозерный 1 (St)	1	10	6	12	10	12	13	13	5	82
Многорядные голозерные										
Омский голозерный 2 (St)	11	12	14	8	8	10	8	14	1	86
Омский голозерный 4	10	10	10	13	8	11	10	12	3	84

Table 6

Ranking of barley varieties in the parameters of adaptability

Grade	Rank in the parameters									The sum of the ranks
	b_i	σ_d^2	a_i	W_i	Hom	Sc	SI	E_i	RE	
Double-row scaffy										
<i>Omskiy 95 (St)</i>	7	11	9	11	9	10	12	11	4	84
<i>Sasha</i>	8	6	7	7	5	1	5	4	3	46
<i>Podarok Sibiri</i>	3	5	1	4	6	8	9	1	1	48
<i>Omskiy 100</i>	9	9	8	9	4	3	4	6	3	55
<i>Omskiy 101</i>	6	7	5	2	4	4	5	3	2	38
<i>Medikum 4867</i>	5	2	4	5	6	7	7	5	2	43
<i>Nutans 4883</i>	4	1	3	3	5	6	6	2	4	34
<i>Nutans 4812</i>	2	3	2	1	7	9	11	7	1	36
Multi-row scaffy										
<i>Omskiy 99 (St)</i>	13	4	12	6	1	2	1	10	5	54
<i>Rikotenze 4885</i>	12	8	11	10	2	1	2	8	2	56
<i>Pallidum 4861</i>	14	13	13	14	3	5	3	9	2	76
Double-row bare grain										
<i>Omskiy golozernyy 1 (St)</i>	1	10	6	12	10	12	13	13	5	82
Multi-row bare grain										
<i>Omskiy golozernyy 2 (St)</i>	11	12	14	8	8	10	8	14	1	86
<i>Omskiy golozernyy 4</i>	10	10	10	13	8	11	10	12	3	84

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Выводы

1. Средняя урожайность по культуре составила за период исследований 2015–2019 гг. 5,14 т/га. Максимальная урожайность отмечена в 2015, 2018 и 2019 гг. (5,60; 5,67 и 6,16 т/га) при высоком положительном индексе окружающей среды I_j , равном +0,46; +0,53; +1,01 соответственно.

2. В среднем за период исследований сорта и линии пленчатой группы превышали по урожайности сорта голозерной группы на 1,17 т/га.

3. Все исследуемые сорта и линии превышали стандарт во всех группах в среднем за период исследований (+0,13...+0,90 т/га).

4. На формирование урожайности ячменя доля влияния фактора «год» составила 65 %, фактора «сорт» – 19 %.

5. Высокоинтенсивны, по S. A. Eberhart и W. A. Russel, линии Нутанс 4812, Нутанс 4883, Ме²ум 4867, сорта Подарок Сибири и Омский 101 ($b_i > 1$, $\sigma_d^2 = 0$).

6. К сортам интенсивного типа (которые хорошо реагируют на улучшение условий возделывания), по В. А. Дра-

гавцеву, относятся сорта Подарок Сибири, Омский 10, Омский голозерный 1, Саша и линии Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867, ($a_i = 2,08...2,27$).

7. Сорта с высокой адаптивной способностью (по Б. П. Гурьеву): Подарок Сибири, Нутанс 4883, Омский 101, Саша, Медикум 4867, Омский 100 и Омский 99; линии Нутанс 4812, Рикотензе 4885, Паллидум 4861 ($E_i = 0,02...0,58$).

8. Высокую гомеостатичность, по В. В. Хангильдину, проявляют сорта Омский 99, Омский 100, Омский 101, Саша, Подарок Сибири и линии Нутанс 4883, Рикотензе 4885, Паллидум 4861, Медикум 4867, Нутанс 4812 ($Hom = 0,20...0,38$).

9. Высокой степенью стабильности, по С. Wricke, характеризуется сорта Омский 101, Подарок Сибири и линии Нутанс 4812, Нутанс 4883, Медикум 4867 ($W_i = 0,23...0,58$).

10. Ведущие позиции по величине селекционной ценности, согласно методу В. В. Хангильдина в трактовке Н. А. Орлянского, занимают сорта Саша, Омский 99, Омский 100, Омский 101, Подарок Сибири, Паллидум 4861, Нутанс 4883, Медикум 4867, Рикотензе 4885, Нутанс 4812 ($Sc = 15,8...18,9$).

11. Высокостабильны, по В. В. Хангильдину, сорта Омский 99, Омский 100, Саша, Омский 101 и линии Рикотензе 4885, Паллидум 4861, ($IS = 22,7...55,5$).

12. Повышенная адаптивность, по В. В. Новохатину, отмечена у сортов Подарок Сибири, Омский голозерный 2 и линии Нутанс 4812 ($ЭР = 0,05$).

Рекомендации

Для получения повышенного урожая в условиях южной лесостепи Западной Сибири рекомендуются к возделыванию наиболее адаптивные сорта ячменя согласно ранговому анализу всех используемых методик:

Двурядные пленчатые – новые перспективные линии Нутанс 4883, Нутанс 4812 и сорт Омский 101 (сумма рангов – 34, 36, 38 соответственно).

Многорядные пленчатые – стандартный сорт Омский 99 и перспективная линия Рикотензе 4885 (сумма рангов – 54 и 56).

Двурядные голозерные – стандарт Омский голозерный 1 (сумма рангов – 82).

Многорядные голозерные – стандарт Омский голозерный 2 и сорт Омский голозерный 4 (сумма рангов – 86 и 84).

Библиографический список

1. Юсова О. А., Николаев П. Н., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Изменение урожайности и качества зерна овса с повышением адаптивности сортов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. № 181 (2). С. 42–49. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49.
2. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Агробиологическая характеристика многорядных голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (1). С. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
3. Агровести АПК. 2019 [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadivalovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii> (дата обращения: 30.08.2020).
4. Солонечный П. Н. Ammi и gge biplot анализ взаимодействия генотип-среда линий ячменя ярового // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 6. С. 657–662. DOI: 10.18699/VJ17.283.
5. Чеботарь В. К., Заплаткин А. Н., Щербаков А. В., Мальфанова Н. В., Старцева А. А., Костин Я. В. Микробные препараты на основе эндофитных и ризобактерий, которые перспективны для повышения продуктивности и эффективности использования минеральных удобрений у ярового ячменя (*Hordeum Vulgare* L.) и овощных культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 3. С. 335–342. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.335rus.
6. Гудзенко В. Н. Статистическая и графическая (gge biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 1. С. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469.
7. Шуплецова О. Н., Щенникова И. Н. Результаты использования клеточных технологий в создании новых сортов ячменя, устойчивых к токсичности алюминия и засухе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20. № 5. С. 623–628. DOI: 10.18699/VJ16.183.
8. Компанец Е. В., Козаченко М. Р., Васько Н. И., Наумов А. Г., Солонечный П. Н., Святченко С. И. Комбинационная способность сортов ячменя ярового в системе прямых диаллельных скрещиваний // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 5. С. 537–544. DOI: 10.18699/VJ17.271.
9. Чурюкин Р. С., Гераськин С. А. Проявление эффекта гормезиса у растений ячменя (*Hordeum Vulgare* L.) в контрастных условиях произрастания при γ -облучении семян // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 4. С. 820–829. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.820rus.
10. Тимошенкова Т. А., Тишков Н. И. Новый сорт ярового ячменя Лида, адаптированный к засушливым условиям Оренбургского Предуралья // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 2. С. 11.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
12. Егушова Е. А. Урожайность и параметры адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы // Проблемы развития АПК региона. 2016. Т. 25. № 1-1 (25). С. 31–34.
13. Драгавцев В. А. Как «устроены» признаки продуктивности растений и почему России необходим селекционный фитотрон // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 72. С. 134–141. DOI: 10.21515/1999-1703-72-134-141.

14. Сюков В. В., Захаров В. Г., Мальчиков П. Н., Кривобочек В. Г., Никонов В. И., Василова Н. З., Ганеев В. А., Гулаева Н. В., Менибаев А. И. Эффективность статистических методов оценки адаптивности генотипов яровой мягкой пшеницы вдоль экологического вектора // Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 4–12.
15. Андреев А. А., Драчева М. К. Оценка адаптивной способности сортов ярового ячменя и подбор родительских пар для селекционного процесса // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4 (64). С. 42–45.
16. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов // Кукуруза и сорго. 2016. № 2. С. 3–7.
17. 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.
18. Сотченко В. С., Горбачева А. Г., Орлянский Н. А., Орлянская Н. А., Ветошкина И. А., Панфилова О. Н., Кривошеев Г. Я. Оптимизация семеноводства гибридной кукурузы с использованием селекционных индексов // Кукуруза и сорго. 2017. № 3. С. 3–9.
19. Новохатин В. В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 627–635. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.627rus.
20. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 51 (5). С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.

Об авторах:

Петр Николаевич Николаев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур, ORCID 0000-0002-5192-2967, AuthorID 834930; nikolaevpetr@mail.ru

Оксана Александровна Юсова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией генетики, биохимии и физиологии растений, ORCID 0000-0003-3679-8985, AuthorID 547227; ksanajusva@rambler.ru

Ирина Владимировна Сафонова², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608; i.safonova@vir.nw.ru

Николай Иванович Аниськов², доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589

¹ Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

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

Implementation of the biological yield of spring barley in the southern forest-steppe of the Omsk region

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

¹ Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

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

✉ E-mail: ksanajusva@rambler.ru

Abstract. In the Russian Federation, barley is widespread and cultivated in all soil and climate zones. The purpose of the research is to determine the adaptability of Omsk varieties of filmy and naked barley on the basis of “grain yield”. **Methods.** The research was conducted from 2015 to 2019 in the conditions of the southern forest-steppe of Omsk. A detailed analysis of the adaptivity parameters is given: the coefficient of the index of environmental conditions, plasticity and stability according; multiplicative coefficient according; the ecovalent of plasticity according; homeostaticity and the stability index; breeding value; genotypic effect, the rate of reaction of varieties to the environmental conditions. Final adaptability of varieties is estimated by the sum of ranks obtained each grade of the studied parameters. **Results.** The results of the research showed that the most adaptive in the conditions of the southern forest-steppe zone of the Omsk region are double-row filmy lines Nutans 4883, Nutans 4812 and variety Omskiy 101 (the sum of ranks = 34...38); multilayered membranous – Omskiy 99 and Nutans 4883 (sum of ranks = 54 and 56); two-row hullless cultivar Omskiy golozernyy 1 (sum of ranks = 82); multi-row hullless varieties Omskiy golozernyy 2, Omskiy golozernyy 4 (sum of ranks = 86 and 84). **Scientific novelty** consists in the study of 8 varieties and 5 new promising lines of filmy and naked groups of barley, selection of the Omsk agricultural research center. The most adaptive varieties and lines for the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia are identified, which are recommended for introduction into production and for further breeding work.

Keywords: barley, yield, plasticity, stability, intensity, homeostaticity, multiplicative coefficient, breeding value, rank.

For citation: Nikolaev P. N., Yusova O. A., Safonova I. V., Aniskov N. I. Realizatsiya biologicheskoy urozhaynosti yachmenya yarovogo v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Omskoy oblasti [Implementation of the biological yield of spring barley in the southern forest-steppe of the Omsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 12 (203). Pp. 22–34. DOI: ... (In Russian.)

Paper submitted: 05.10.2020.

References

1. Yusova O. A., Nikolayev P. N., Safonova I. V., Anis'kov N. I. *Izmeneniye urozhaynosti i kachestva zerna ovsa s povysheniym adaptivnosti sortov* [Changes in the yield and quality of oat grain with an increase in the adaptability of varieties] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020. No. 181 (2). Pp. 42–49. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-2-42-49. (In Russian.)
2. Nikolayev P. N., Yusova O. A., Anis'kov N. I., Safonova I. V. *Agrobiologicheskaya kharakteristika mnogoryadnykh golozernykh sortov yachmenya seleksii Omskogo ANTS* [Agrobiological characteristics of multilayer naked barley varieties of the Omsk ANC selection] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. No. 180 (1). Pp. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43. (In Russian)
3. Agrovosti APK. 2019 [Agrarian news of the agro-industrial complex] [e-resource]. URL: <https://agrovosti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-rzhi-v-rossii> (appeal date: 30.08.2020).
4. Solonechnyy P. N. *Ammi i gge biplot analiz vzaimodeystviya genotip-sreda liniy yachmenya yarovogo* [Ammi and gge biplot analyses of genotype-environment interaction in Spring Barley Lines] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. T. 21. No. 6. Pp. 657–662. DOI 10.18699/VJ17.283. (In Russian.)
5. Chebotar' V. K., Zaplatkin A. N., Shcherbakov A. V., Mal'fanova N. V., Startseva A. A., Kostin Ya. V. *Mikrobnyye preparaty na osnove endofitnykh i rizobakteriy, kotoryye perspektivny dlya povysheniya produktivnosti i effektivnosti ispol'zovaniya mineral'nykh udobreniy u yarovogo yachmenya (Hordeum Vulgarel.) i ovoshchnykh kul'tur* // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. T. 51. No. 3. Pp. 335–342. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.335rus. (In Russian.)
6. Gudzenko V. N. *Statisticheskaya i graficheskaya (gge biplot) otsenka adaptivnoy sposobnosti i stabil'nosti selektsionnykh liniy yachmenya ozimogo* [Statistical and Graphical (gge biplot) Evaluation of the Adaptive Ability and Stability of Winter Barley Breeding Lines] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. T. 23. No. 1. Pp. 110–118. DOI: 10.18699/VJ19.469. (In Russian.)
7. Shupletsova O. N., Shchennikova I. N. *Rezultaty ispol'zovaniya kletochnykh tekhnologiy v sozdanii novykh sortov yachmenya, ustoychivyykh k toksichnosti alyuminiya i zasukhe* [Results of using Cell technologies for Creation of new Barley Varieties resistant against aluminum toxicity and drought] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2016. T. 20. No. 5. Pp. 623–628. DOI: 10.18699/VJ16.183. (In Russian.)
8. Kompanets E. V., Kozachenko M. R., Vas'ko N. I., Naumov A. G., Solonechnyy P. N., Svyatchenko S. I. *Kombinatsionnaya sposobnost' sortov yachmenya yarovogo v sisteme pryamykh diallel'nykh skreshchivaniy* [Combining Ability of Spring Barley Varieties in the direct diallel cross System] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. T. 21. No. 5. Pp. 537–544. DOI: 10.18699/VJ17.271. (In Russian.)
9. Churyukin R. S., Geras'kin S. A. *Proyavleniye effekta gormezisa u rasteniy yachmenya (Hordeum Vulgare L.) v kontrastnykh usloviyakh proizrastaniya pri γ -obluchenii semyan* [Hormesis in Barley (Hordeum Vulgare L.) Plants derived from γ -Irradiated seeds under contrasting Weather conditions] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2017. T. 52. No. 4. Pp. 820–829. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.820rus. (In Russian.)
10. Timoshenkova T. A., Tishkov N. I. *Novyy sort yarovogo yachmenya Lida, adaptirovanny k zasushlivym usloviyam Orenburgskogo Predural'ya* [A new variety of Lida spring barley adapted to the arid conditions of the Orenburg pre-Urals] // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. 2019. No. 2. P. 11. (In Russian.)
11. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta* [Field experiment technique]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 352 p. (In Russian.)
12. Egushova E. A. *Urozhaynost' i parametry adaptivnosti sortov ozimoy myagkoy pshenitsy* [Productivity and adaptability parameters of winter soft wheat varieties] // Problemy razvitiya APK regiona. 2016. Vol. 25. No. 1-1 (25). Pp. 31–34. (In Russian.)
13. Dragavtsev V. A. *Kak "ustroyeny" priznaki produktivnosti rasteniy i pochemu Rossii neobkhodim selektsionnyy fitotron* [How the signs of plant productivity are "arranged" and why Russia needs a breeding phytotron] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 72. Pp. 134–141. DOI: 10.21515/1999-1703-72-134-141. (In Russian.)
14. Syukov V. V., Zakharov V. G., Mal'chikov P. N., Krivobochechek V. G., Nikonov V. I., Vasilova N. Z., Ganeyev V. A., Gulayeva N. V., Menibayev A. I. *Effektivnost' statisticheskikh metodov otsenki adaptivnosti genotipov yarovoy myagkoy pshenitsy vdol' ekologicheskogo vektora* [Effectiveness of statistical methods for assessing the adaptability of spring soft wheat genotypes along the ecological vector] // The Agrarian Scientific Journal. 2019. No. 2. Pp. 4–12. (In Russian.)
15. Andreev A. A., Dracheva M. K. *Otsenka adaptivnoy sposobnosti sortov yarovogo yachmenya i podbor roditel'skikh par dlya selektsionnogo protsesssa* [Assessment of adaptive capacity of spring barley varieties and selection of parent pairs for the breeding process] // Zernovoye khozyaystvo Rossii. 2019. No. 4 (64). Pp. 42–45. (In Russian.)
16. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A. *Otsenka rezultatov ekologicheskogo sortoispytaniya gibridov kukuruzy s ispol'zovaniyem selektsionnykh indeksov* [Evaluation of the results of ecological variety testing of maize hybrids using selection indices] // Kukuruza i sorgo. 2016. No. 2. Pp. 3–7. (In Russian.)
17. Grebennikova I. G., Cheshkova A. F., Stepochkin P. I., Aleynikov A. F., Chanyshv D. I. *Metodika otsenki ekologicheskoy plastichnosti sortov zlakovykh kul'tur* [Methods for assessing the ecological plasticity of cereal varieties] // Siberian Herald of Agricultural Science. 2020. V. 50. No. 2. Pp. 100–108. (In Russian.)

18. Sotchenko V. S., Gorbacheva A. G., Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A., Vetoshkina I. A., Panfilova O. N., Krivosheyev G. Ya. Optimizatsiya semenovodstva gibridnoy kukuruzy s ispol'zovaniyem selektsionnykh indeksov [Optimization of hybrid corn seed production using selection indexes] // Kukuruz i sorgo. 2017. No. 3. Pp. 3–9. (In Russian.)
19. Novokhatin V. V. Obosnovaniye geneticheskogo potentsiala u intensivnykh sortov myagkoy pshenitsy (*Triticum Aestivum* L.) [Justification of genetic potential in intensive varieties of soft wheat (*Triticum Aestivum* L.)] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. Vol. 51. No. 5. Pp. 627–635. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.627rus. (In Russian.)
20. Rybas' I. A., Rybas' I. A. Povysheniye adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. No. 51 (5). Pp. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus. (In Russian.)

Authors' information:

Petr N. Nikolaev¹, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory for selection of grain forage crops,

ORCID 0000-0002-5192-2967, AuthorID 834930; nikolaevpetr@mail.ru

Oksana A. Yusova¹, candidate of agricultural sciences, head of the laboratory of genetics, biochemistry and plant physiology,

ORCID 0000-0003-3679-8985, AuthorID 547227; ksanajusva@rambler.ru

Irina V. Safonova², candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-8138-930X, AuthorID 430608;

i.safonova@vir.nw.ru

Nikolay I. Aniskov², doctor of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-7819-8286, AuthorID 260589

¹Omsk Agrarian Scientific Center, Omsk, Russia

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