

 pismavavilov.ru

doi 10.18699/letvjgb-2025-11-11

Оригинальное исследование

Оценка адаптивных свойств сортов ячменя по урожайности в Приобской лесостепи

А.Я. Сотник✉

Аннотация: Цель работы – оценка адаптивного потенциала сортов ячменя, созданных в селекционных учреждениях Сибири, по урожайности в северной лесостепи Новосибирского Приобья. Исследования проводились в 2014–2023 гг. в севообороте Сибирского научно-исследовательского института растениеводства и селекции – филиала ФИЦ ИЦиГ СО РАН. Материалом исследования были 52 сорта ячменя, включенные в Госреестр РФ (районированные) по Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам. Сорта оценены по показателям: общая адаптивность к условиям внешней среды, устойчивость к экстремальным факторам по годам, стабильность формирования урожайности в контрастных условиях. Адаптивность сортов определяли по методике Л.А. Животкова с коллегами, устойчивость сортов к стрессовым условиям – по формулам в изложении А.А. Гончаренко, размах урожайности – по методике В.А. Зыкина с коллегами. Высокую общую адаптивность к условиям внешней среды показали сорта по группам спелости: раннеспелые – Червонец, Танай и Симон (100–102 %); среднеранние – Саша, Абалак, Колчан, Талан, Золотник, Омский 88, Омский 86 (107–117 %); среднеспелые – Салаир, Ворсинский, Ворсинский 2, Омский 85 (117–122 %). Наиболее высокий потенциал урожайности за 10 лет показали сорта: Омский 85 (1070 г/м²), Ворсинский 2, Саша (1025 г/м²), Салаир (1017 г/м²) и Нарымчанин (1016 г/м²). Устойчивость к стрессу (наименьшая разница между максимальной и минимальной урожайностями) имели сорта: раннеспелые – Заларинец, Червонец, Айхал, Алтан-Булаг (–371...–437 г/м²); среднеранние – Омский 88, Золотник, Паллидум 394 и Омский 80 (–237...–387 г/м²); среднеспелые – Красноярский 1, Омский 87, Ворсинский, Енисей, Обской и Никита (–434...–563 г/м²). Компенсаторной способностью (наибольшей средней урожайностью в контрастных условиях) характеризуются: раннеспелые – Танай, Червонец, Симон и Казьминский (550–591 г/м²); среднеранние – Колчан, Саша, Омский 90, Ворсинский, Абалак, Талан и Омский 86 (650–720 г/м²); среднеспелые – Омский 95, Салаир, Омский 85, Ворсинский и Омский 90 (682–707 г/м²). Стабильную урожайность в контрастных условиях продемонстрировали: раннеспелые – Червонец, Танай, Заларинец; среднеранние – Паллидум 394, Абалак, Колчан, Омский 80, Талан; среднеспелые – Омский 95, Красноярский 1, Ворсинский и Омский 87. Данные сорта рекомендуются для широкого использования в селекционном процессе.

Ключевые слова: ячмень; адаптивность; стрессоустойчивость; компенсаторная способность; стабильность

Для цитирования: Сотник А.Я. Оценка адаптивных свойств сортов ячменя по урожайности в Приобской лесостепи. *Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2025;11(2):73-79. doi 10.18699/letvjgb-2025-11-11

Финансирование: Работа поддержана бюджетными проектами ИЦиГ СО РАН № FWN-2022-0018 и FWN-2024-0013.

Original article

Evaluation of barley varieties adaptive properties by productivity in the Priobskaya forest-steppe zone

A.Ya. Sotnik✉

Abstract: The aim of the work is to assess the adaptive potential of barley varieties created in breeding institutions in Siberia for yield in the northern forest-steppe of the Novosibirsk Ob region. The studies were carried out in 2014–2023 in the collection crop rotation of the Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the ICG SB RAS. The study material was 52 varieties of barley included in the State Register of the Russian Federation (zoned) in the West Siberian (10) and East Siberian (11) regions. The varieties were assessed according to the following indicators: general adaptability to environmental conditions, resistance to extreme environmental conditions, stability of yield formation in contrasting conditions. The adaptability of varieties was determined using the method of L.A. Zhivotkov et al. Resistance of varieties to stress conditions was assessed using A.A. Goncharenko, and the range of yield was assessed using the method of V.A. Zykina et al. The following varieties demonstrated high general adaptability to environmental

Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра
Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия
Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

 sotnik@bionet.nsc.ru © Сотник А.Я., 2025

conditions by maturity groups: early ripening varieties – Chervonets, Tanai and Simon (100–102 %); mid-early varieties – Sasha, Abalak, Kolchan, Talan, Zolotnik, Omskiy 88, Omskiy 86 (107–117 %); mid-season varieties – Salair, Vorsinskiy, Vorsinskiy 2, Omskiy 85 (117–122 %). The highest yield potential over 10 years was demonstrated by: Omskiy 85 (1070 g/m²), Vorsinskiy 2, Sasha (1025 g/m²), Salair (1017 g/m²), and Narymchanin (1016 g/m²). The following varieties demonstrated resistance to stress (the smallest difference between maximum and minimum yields): early-ripening varieties – Zalarinets, Chervonets, Aikhal, Altan-Bulag (–371...–437 g/m²); mid-early varieties – Omskiy 88, Zolotnik, Pallidum 394 and Omskiy 80 (–237...–387 g/m²); mid-ripening varieties – Krasnoyarskiy 1, Omskiy 87, Vorsinskiy, Yenisei, Obskoy and Nikita (–434...–563 g/m²). The following varieties are characterized by compensatory capacity (the highest average yield in contrasting conditions): early-ripening varieties – Tanai, Chervonets, Simon and Kazminski (550–591 g/m²); mid-early varieties – Kolchan, Sasha, Omskiy 90, Vorsinskiy, Abalak, Talan and Omskiy 86 (650–720 g/m²); mid-season varieties – Omskiy 95, Salair, Omskiy 85, Vorsinskiy and Omskiy 90 (682–707 g/m²). The following varieties demonstrated stable yield in contrasting conditions: early-ripening varieties – Chervonets, Tanai, Zalarinets; mid-early varieties – Pallidum 394, Abalak, Kolchan, Omskiy 80, Talan; mid-season varieties – Omskiy 95, Krasnoyarskiy 1, Vorsinskiy and Omskiy 87. These varieties are recommended for wide use in the breeding process.

Key words: barley; adaptability; stress resistance; compensatory ability; stability

For citation: Sotnik A.Ya. Evaluation of barley varieties adaptive properties by productivity in the Priobskaya forest-steppe zone. *Pisma v Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii* = *Lett Vavilov J Genet Breed*. 2025;11(2):73–79. doi 10.18699/letvjgb-2025-11-11 (in Russian)

Funding: This work was supported by Institute of Cytology and Genetics SB RAS budget projects No. FWNR-2022-0018 and FWNR-2024-0013.

Введение

Прогнозируемое изменение климата на планете может ограничить тенденцию увеличения валового сбора сельскохозяйственных культур. Предполагается, что 79 % от общего сбора продукции будет обеспечено за счет повышения урожайности (OECD-FAO, 2023). Изменение уровня урожайности и по годам, и по зонам зависит от складывающихся климатических условий: продолжительности и типа засухи, переувлажнения почвы, резких перепадов температуры воздуха (Гудзенко, 2019; Брагин и др., 2023). Уменьшение негативного влияния этих факторов на увеличение стабильного сбора зерна с единицы площади является одной из основных проблем сельскохозяйственного производства (Баталова, 2011; Чекмарев, 2011; Vujanovic, Germida, 2017). Для ее решения большое значение отводится возделыванию сортов с высоким потенциалом продуктивности и устойчивостью к контрастным условиям внешней среды (Юсова и др., 2020; Сурин и др., 2023). Уровень урожайности сорта при возделывании в контрастных условиях среды характеризует степень его адаптивности (Сурин и др., 2018; Филиппов и др., 2022).

В настоящее время в «Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию по Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам» включено 85 сортов ячменя ярового, созданных в селекционных учреждениях Сибири (Государственный реестр..., 2023). Многие из них сочетают в себе высокую урожайность и качество зерна, засухоустойчивость и устойчивость к полеганию.

Цель исследования – оценить адаптивные свойства районированных (включенных в «Госреестр...») сортов ячменя, созданных в селекционных учреждениях Сибири, по урожайности в северной лесостепи Новосибирского Приобья.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2014–2023 гг. в Сибирском научно-исследовательском институте растениеводства и селекции – филиале ФИЦ ИЦиГ СО РАН, расположенном в 17 км

от г. Новосибирска. Сорта высевались в демонстрационном питомнике без повторности с чередованием стандартного сорта Ача через 10 номеров согласно методике ВИР (Методические указания..., 1981). Агротехника в севообороте: площадь деланки 1 м², срок сева – первая-вторая декада мая, посев сеялкой ССФК-7, норма высева – 550 всхожих семян на 1 м², предшественник – чистый пар. Чередование культур: 1) пар; 2) коллекционные питомники; 3) пар; 4) селекционное размножение пшеницы. Материалом исследования стали 52 сорта ячменя ярового, созданные в селекционных учреждениях Сибири (Государственный реестр..., 2023).

Общую адаптивность сортов оценивали по методике Л.А. Животкова с коллегами (1994). Уровень устойчивости сорта к стрессу (разность между минимальным и максимальным показателями) и компенсаторную способность (средний показатель сорта в контрастные годы) вычисляли по формулам в изложении А.А. Гончаренко (2005). Стабильность формирования урожайности сортов (отношение разницы между максимальным и минимальным значениями к ее максимальной величине) определяли по методике В.А. Зыкина с коллегами (2000).

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно различались по температурному фактору и по количеству осадков (табл. 1).

Среднесуточная температура воздуха за 10 лет по каждому месяцу превышала среднемноголетний показатель за 25 лет на 1.0–1.6 °С. Средняя за 10 лет сумма выпавших осадков за четыре месяца вегетации была равна среднемноголетнему значению. Показатель гидротермического коэффициента (ГТК) за период май–август изменялся по годам от 0.68 до 1.94 (табл. 2).

Обеспеченность растений влагой за вегетационный период была: в 2022 г. очень низкая (ГТК = 0.68); в 2023 г. – низкая (ГТК = 0.98); в 2014, 2016, 2019, 2021 гг. – недостаточная (ГТК = 1.06–1.36); в 2015, 2017 и 2020 гг. – достаточная (ГТК = 1.58–1.78); в 2018 г. – повышенная (ГТК = 1.94) (Pogodaiklimat.ru, 2024). Градация обеспеченности влагой представлена по (Зоидзе, Хомякова, 2006).

Таблица 1. Метеорологические показатели вегетационных периодов, 2014–2023 гг.**Table 1.** Meteorological indicators of vegetation periods, 2014–2023

Год	Среднесуточная температура воздуха, °С					Количество осадков, мм				
	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию	Май	Июнь	Июль	Август	За вегетацию
2014	10.0	17.4	20.2	18.4	14.0	50.5	17.4	76.9	32.0	176.8
2015	12.9	19.2	19.6	17.1	17.2	71.7	31.9	112.7	63.2	279.2
2016	10.5	19.7	20.2	17.3	16.9	31.6	37.7	76.7	20.0	166.0
2017	12.6	19.3	18.5	16.9	16.8	33.9	71.9	99.5	65.6	270.9
2018	7.0	19.1	18.5	16.6	15.3	80.5	70.2	64.6	33.3	248.6
2019	10.9	16.4	19.2	18.3	16.2	43.2	25.2	97.6	22.0	188.0
2020	15.5	16.6	19.7	18.6	17.6	53.7	23.8	84.9	81.5	242.9
2021	14.3	16.2	19.7	18.1	17.1	25.1	73.1	22.4	67.3	187.9
2022	15.4	17.3	18.9	16.5	17.0	2.5	58.8	47.8	22.8	131.9
2023	11.8	19.0	21.6	17.8	17.5	5.5	26.1	62.3	112.3	206.2
Среднее	12.1	18.0	19.6	17.6	17.1	39.8	43.6	74.5	52.0	209.9
Среднее многолетнее	10.5	17.0	19.4	15.9	15.7	37.0	45.0	61.0	67.0	210.0

Таблица 2. Варьирование гидротермического коэффициента, 2014–2023 гг.**Table 2.** Variation of the hydrothermal coefficient, 2014–2023

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Май-август	Влагообеспеченность за вегетацию
2014	2.99	0.37	1.23	0.59	0.98	Недостаточная
2015	2.06	0.55	1.86	1.19	1.36	Достаточная (оптимальная)
2016	1.28	0.66	1.22	0.37	0.84	Недостаточная
2017	1.01	1.24	1.73	1.26	1.35	Достаточная (оптимальная)
2018	0.47	1.23	1.13	0.65	1.43	Повышенная
2019	1.60	0.51	1.64	0.39	0.98	Недостаточная
2020	1.19	0.50	1.39	1.42	1.15	Достаточная (оптимальная)
2021	0.60	1.51	0.37	1.20	0.90	Недостаточная
2022	0.06	1.22	0.81	0.45	0.66	Низкая (слабая засуха)
2023	0.18	0.46	0.93	2.04	0.98	Недостаточная
Среднее за 10 лет	1.16	0.87	1.23	0.96	1.03	Недостаточная
Среднее многолетнее	1.05	0.94	1.14	1.07	1.06	Недостаточная

Показатели ГТК и его составляющих элементов (температура воздуха и количество осадков) в целом за вегетацию не позволяют объяснить изменения уровня урожайности. Урожайность зависит от тепло- и влагообеспеченности растений на протяжении всего вегетационного периода, поэтому ГТК и метеорологические показатели представлены по всем месяцам вегетации.

Результаты и обсуждение

Сорта ячменя по результатам 10-летнего изучения распределены по группам спелости, при этом учитывался тип спелости, указанный в характеристике при районировании

сортов (Государственный реестр..., 2023). Из 52 сортов 12 имеют самый короткий период роста и развития – группа «ранние», 20 относятся к группе «среднеранние», 19 входят в группу «среднеспелые», а в группу «среднепоздние» можно отнести только сорт Сибиряк, имеющий наиболее продолжительный период «всходы-восковая спелость» (75 суток). У большинства сортов (34) группа спелости полностью соответствует группе, заявленной автором; у 9 сортов отклонение от параметров групп составляет 1 сутки, у 4 сортов – 2 суток и у 5 сортов не указана такая информация или они исключены из «Госреестра...» (табл. 3). Отклонения некоторых сортов от параметров группы спелости можно

Таблица 3. Адаптивность сортов ячменя по урожайности, 2014–2023 гг.**Table 3.** Adaptability of barley varieties by yield (2014–2023)

Сорт, происхождение	Продолжи- тельность ве- гетационного периода, сутки X _{ср} [ТС*]	Урожайность, г/м ²			Показатели адаптивности			
		средняя	MIN	MAX	Общая, %	MIN – MAX, г/м ²	(MIN + MAX)/2, г/м ²	d, %
Ранние								
Омский 89, Омская область	66 [р]	545	237	780	92	–543	508	70
Омский 96, Омская область	66 р]	540	200	867	91	–667	533	77
Неван, Иркутская область	66 [р]	575	255	813	97	–558	534	69
Заларинец, Иркутская область	67 [р]	456	262	633	77	–371	447	59
Неполегающий, Иркутская область	67 [с-р]	477	237	713	80	–476	475	67
Айхал, Якутия	67 [р]	385	137	565	65	–428	351	76
Казьминский, Приморский край	67 [с-р]	532	175	925	89	–750	550	81
Червонец, Иркутская область	68 [-]	609	375	791	102	–416	583	53
Баган, Новосибирская область	68 [р]	490	137	771	82	–634	454	82
Танай, Новосибирская область	68 [с-р]	602	356	826	101	–470	591	57
Симон, Кемеровская область	68 [с-р]	594	312	847	100	–535	579	63
Алтан-Булаг, Бурятия	68 [с-р]	466	250	687	78	–437	468	64
Среднее по группе		523						
Среднеранние								
Ранний 1, Новосибирская область	69 [р]	414	200	843	69	–643	521	76
Биом, Новосибирская область	69 [ср]	599	315	876	101	–561	595	64
Омский 13709, Омская область	69 [с-р]	543	200	785	91	–585	492	74
Ново-Омский, Омская область	69 [-']	550	222	860	92	–638	541	74
Омский 86, Омская область	69 [с-р]	638	400	901	107	–501	650	56
Саша, Омская область	69 [ср]	696	387	1025	117	–638	706	62
Агул 2, Красноярский край	69 [с-р]	550	200	775	92	–575	487	74
Паллидум 394, Бурятия	69 [с-р]	602	400	749	101	–349	574	47
Муссон, Приморский край	69 [ср]	518	200	815	87	–615	507	75
Ача, Новосибирская область	70 [с-р]	584	297	880	98	–583	588	66
Золотник, Новосибирская область	70 [с-р]	643	312	916	108	–307	614	66
Талан, Новосибирская область	70 [с-р]	658	400	960	111	–560	680	58
Колчан, Алтайский край	70 [ср]	680	450	990	114	–540	720	54
Омский 80, Омская область	70 [-]	568	387	856	95	–387	621	55
Омский 88, Омская область	70 [с-р]	644	275	881	108	–237	578	69
Нарымчанин, Томская область	70 [с-р]	559	187	1016	94	–829	601	82
Кедр, Красноярский край	70 [ср]	591	362	818	99	–456	590	56
Бахус, Красноярский край	70 [с-р]	575	262	833	97	–571	547	68
Абалак, Красноярский край	70 [с-р]	664	437	936	112	–499	686	53
Приморский 44, Приморский край	70 [ср]	518	212	742	87	–530	477	71
Среднее по группе		591						
Среднеспелые								
Обской, Новосибирская область	71 [ср]	604	275	838	102	–563	556	67
Омский 85, Омская область	71 [ср]	698	325	1070	117	–745	697	70
Енисей, Красноярский край	71 [ср]	574	250	793	96	–543	521	68
Красноярский 80, Красноярский край	71 [ср]	601	212	875	101	–663	543	75
Соболек, Красноярский край	71 [ср]	604	263	906	101	–643	584	71

Окончание табл. 3

Сорт, происхождение	Продолжи- тельность вегетацион- ного периода, сутки X_{cp} [ТС*]	Урожайность, г/м ²			Показатель адаптивности			
		средняя	MIN	MAX	Общая, %	MIN – MAX, г/м ²	(MIN + MAX)/2, г/м ²	d, %
Новосибирский 80, Новосибирская область	72 [ср]	604	275	862	102	–587	568	68
Салаир, Алтайский край	72 [ср]	725	387	1017	122	–630	702	62
Никита, Кемеровская область	72 [ср]	590	287	850	99	–563	568	66
Омский 87, Омская область	72 [ср]	654	400	911	110	–511	655	56
Омский 90, Омская область	72 [ср]	689	362	1002	116	–640	682	64
Сибирский авангард, Омская область и Красноярский край	72 [ср]	682	275	1004	115	–729	639	73
Ворсинский, Алтайский край	73 [ср]	726	437	956	122	–519	696	54
Ворсинский 2, Алтайский край	73 [ср]	702	262	1025	118	–763	643	74
Омский 95, Омская область	73 [ср]	692	475	939	116	–464	707	49
Бархатный, Томская область	73 [ср]	551	212	1007	93	–795	610	79
Красноярский 1, Красноярский край	73 [–]	614	362	796	103	–34	579	54
Сигнал, Новосибирская область	74 [ср]	617	257	939	104	–82	598	73
Алей, Алтайский край	74 [ср]	681	362	948	114	–586	655	62
Буян, Красноярский край	74 [с-п]	570	237	892	96	–655	564	73
Среднее по группе		641						
Среднепоздние								
Сибиряк, Кемеровская область	75 [–]	614	262	938	103	–676	600	81
Среднее всех сортов		595	292	870	100			

Примечание. X – среднее за 10 лет, ошибка среднего у всех сортов составляла от 1.6 до 2.5 суток (в целых цифрах = 2 суток. У сорта Енисей = 2.6 суток); MIN = $[\min_1 + \min_2]/2$ – минимальный показатель за 2 года; MAX = $[\max_1 + \max_2]/2$ – максимальный показатель за 2 года; общая (%) – коэффициент общей адаптивности (отношение значения сорта к среднесортному показателю); MIN– MAX – стрессоустойчивость (разность между минимальной и максимальной урожайностью); (MAX + MIN)/2 – компенсаторная способность сорта (средняя урожайность в контрастных условиях среды); d – размах урожайности – (MAX – MIN)/MAX – отношение разницы между MAX- и MIN-показателями к MAX-значению.

* [ТС] – тип спелости сорта, указанный в «Госреестре...» (Государственный реестр..., 2023); [р] – ранние; [с-р] – среднеранние; [ср] – среднеспелые; [с-п] – среднепоздние.

объяснить и разными условиями среды, и особенностями генотипа.

Между группами спелости существует биологически обусловленная закономерность: чем продолжительнее вегетационный период, тем выше потенциал продуктивности (см. табл. 3). Аналогичная связь этих признаков отмечена и при исследовании сортов овса (Сотник, 2023).

Различие урожайности между сортами в условиях засухи составило 338 г/м², в благоприятных условиях – 460 г/м², а лимиты всего набора генотипов в контрастные годы значительно выходят за пределы сортового варьирования. Так, урожайность всего набора генотипов в годы с контрастными условиями составила от 292 г/м² (средняя MIN) до 870 г/м² (средняя MAX). Эти показатели показывают, что основным фактором, влияющим на варьирование урожайности, является внешняя среда.

Самую высокую урожайность сорта ячменя формировали в 2019 и 2020 гг. Высокую урожайность сорта показывали и в 2021 г. Осадков в этот год было значи-

тельно меньше, но они распределились порционно по декадам июня и в I декаде июля, что способствовало формированию высокого уровня урожая относительно годов с достаточной (оптимальной) влагообеспеченностью. В 2022 г. при низкой влагообеспеченности в целом за летние месяцы (39 %) основное количество осадков выпало в июне (107 %) и июле (70 % от месячной нормы), при этом они распределились по всем декадам, что способствовало сортам формировать урожайность на уровне средней за 10 лет. Аналогичная тенденция распределения осадков по всем декадам отмечена и в 2023 г. (в июне 47 %, в июле 92 % от месячной нормы) и, соответственно, урожайность была на уровне среднего значения за 10 лет. В условиях 2016 и 2017 гг. отмечен недостаток осадков, что и обусловило очень низкую урожайность. Наиболее высокий потенциал урожайности в благоприятных условиях среды продемонстрировали сорта Омский 85 (1070 г/м²), Ворсинский 2 и Саша (1025 г/м²), Салаир (1017 г/м²), Нарымчанин (1016 г/м²).

Сравнение урожайности сортов со средним значением всех генотипов выявило, что наиболее высокую урожайность за 10 лет имели сорта: раннеспелые – Червонец, Танай и Симон (100–102 %), среднеранние – Саша, Абалак, Колчан, Талан, Золотник, Омский 88, Омский 86 (107–117 %), среднеспелые – Салаир, Ворсинский, Ворсинский 2, Омский 85 (117–122 %), что свидетельствует об их высокой общей адаптивности к почвенно-климатическим условиям.

В неблагоприятных условиях потенциальная продуктивность проявляется слабо, но именно экстремальные условия 2016 и 2017 гг. позволили определить степень адаптационных свойств изучаемых генотипов.

Устойчивость сорта к стрессу характеризует степень его приспособленности к контрастным по метеорологическим условиям годам. Чем меньше перепад между максимальным и минимальным показателями урожайности, тем выше стрессоустойчивость сорта, т. е. он более приспособлен к экстремальным факторам. Установлено, что самую высокую устойчивость к стрессу имели сорта: раннеспелые – Заларинец, Червонец, Айхал, Алтан-Булаг (–371...–437 г/м²); среднеранние – Омский 88, Золотник, Паллидум 394 и Омский 80 (–237...–387 г/м²); среднеспелые – Красноярский 1, Омский 87, Ворсинский, Енисей, Обской и Никита (–434...–563 г/м²) с наименьшей разницей между минимальной и максимальной урожайностью.

Степень приспособленности сорта к экстремальным условиям внешней среды дополняет компенсаторная способность, которая определяется по средней урожайности сорта в контрастных условиях (между крайними значениями). Чем выше средняя урожайность в благоприятных и неблагоприятных условиях, тем устойчивее сорт к контрастным перепадам среды. В группе раннеспелых более высокую среднюю урожайность в контрастных условиях в сравнении с другими генотипами имели сорта Танай, Червонец, Симон и Казьминский (550–591 г/м²). В группе среднеранних сортов хорошую компенсаторную способность продемонстрировали: Колчан, Саша, Омский 90, Ворсинский, Абалак, Талан и Омский 86 (650–720 г/м²). В большей степени выделялись сорта Колчан и Абалак, которые характеризуются не очень высоким уровнем устойчивости к стрессовым условиям, но отнесены к группе сортов с очень высокой компенсаторной способностью (720 и 686 г/м²). В группе среднеспелых сортов высокую среднюю урожайность в благоприятных и неблагоприятных условиях формировали: Омский 95, Салаир, Омский 85, Ворсинский и Омский 90 (682–707 г/м²). Особенно выделился сорт Омский 95, который продемонстрировал минимальное различие между крайними значениями (–464 г/м²) и максимальное их среднее (707 г/м²).

Основной проблемой селекционного процесса является создание сортов с высокой потенциальной и стабильной по годам урожайностью. Стабильность сорта учитывается по величине размаха варьирования урожайности, которая позволяет ранжировать генотипы по их способности репродуцировать в экстремальных условиях. Чем меньше размах варьирования, тем стабильнее генотип формирует урожайность. Размах варьирования урожайности у сортов в рассматриваемые годы составил от 49 (Омский 95) до 82 %

(Баган, Нарымчанин). Стабильную урожайность в контрастных условиях продемонстрировали: раннеспелые – Червонец, Танай, Заларинец; среднеранние – Паллидум 394, Абалак, Колчан, Омский 80, Талан; среднеспелые – Омский 95, Красноярский 1, Ворсинский и Омский 87. Эти сорта имели наиболее стабильную урожайность за 10 лет изучения (с размахом варьирования 33–59 %). Минимальный размах варьирования урожайности в контрастные по агроклиматическим условиям годы имели: Золотник (33 %), Паллидум 394 (47 %) и Омский 95 (49 %).

Заключение

В результате десятилетних исследований выделены сорта ячменя – источники признаков адаптивности. Высокую общую адаптивность к условиям внешней среды продемонстрировали сорта по группам спелости: раннеспелые – Червонец, Танай и Симон (100–102 %); среднеранние – Саша, Абалак, Колчан, Талан, Золотник, Омский 88, Омский 86 (107–117 %); среднеспелые – Салаир, Ворсинский, Ворсинский 2, Омский 85 (117–122 %). Наиболее высокий потенциал урожайности за 10 лет показали: Омский 85 (1070 г/м²), Ворсинский 2, Саша (1025 г/м²), Салаир (1017 г/м²) и Нарымчанин (1016 г/м²).

Устойчивость к стрессу (наименьший перепад между максимальной и минимальной урожайностями) имели сорта: раннеспелые – Заларинец, Червонец, Айхал, Алтан-Булаг (–371...–437 г/м²); среднеранние – Омский 88, Золотник, Паллидум 394 и Омский 80 (–237...–387 г/м²); среднеспелые – Красноярский 1, Омский 87, Ворсинский, Енисей, Обской и Никита (–434...–563 г/м²).

Компенсаторной способностью (наибольшей средней урожайностью в контрастных условиях) характеризуются сорта: раннеспелые – Танай, Червонец, Симон и Казьминский (550–591 г/м²); среднеранние – Колчан, Саша, Омский 90, Ворсинский, Абалак, Талан и Омский 86 (650–720 г/м²); среднеспелые – Омский 95, Салаир, Омский 85, Ворсинский и Омский 90 (682–707 г/м²). Стабильную урожайность в контрастных условиях продемонстрировали: раннеспелые – Червонец, Танай, Заларинец; среднеранние – Паллидум 394, Абалак, Колчан, Омский 80, Талан; среднеспелые – Омский 95, Красноярский 1, Ворсинский и Омский 87. Данные сорта ячменя рекомендуются для широкого использования в селекционном процессе.

Список литературы / References

- Баталова Г.А. Состояние и перспективы селекции и возделывания зернофуражных культур в России. *Зерновое хозяйство России*. 2011;3:14–22
- [Batalova G.A. Condition and perspectives of grain forage crops selection and cultivation in Russia. *Zernovoe Khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2011;3:14–22 (in Russian)]
- Брагин Р.Н., Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П. Анализ урожайности сортов ярового ячменя в условиях изменчивости природной среды. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2023;53(10):31–42. doi 10.26898/0370-8799-2023-10-4
- [Bragin R.N., Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P. Yield analysis of spring barley varieties under conditions of environmental variability. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaystvennoi Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023;53(10):31–42. doi 10.26898/0370-8799-2023-10-4 (in Russian)]

- Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2005;6:49-53
[Goncharenko A.A. On adaptability and ecological resistance of grain crop varieties. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk = Vestnik of the Russian Agricultural Sciences*. 2005;6:49-53 (in Russian)]
- Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (офици. изд.). М.: Росинформарпотех, 2023
[State Register of Selection Achievements Authorized for Use for Production Purposes. Vol. 1. Plant Varieties (official publication). Moscow: Rosinformagrotekh Publ., 2023 (in Russian)]
- Гудзенко В.Н. Статистическая и графическая (GGE biplot) оценка адаптивной способности и стабильности селекционных линий ячменя озимого. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2019;23(1):110-118. doi 10.18699/VJ19.469
[Gudzenko V.N. Statistical and graphical (GGE biplot) evaluation of the adaptive ability and stability of winter barley breeding lines. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selekcii = Vavilov J Genet Breed*. 2019;23(1):110-118. doi 10.18699/VJ19.469 (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 «урожайность». *Селекция и семеноводство*. 1994;2:3-6
[Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Methodology for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of "yield". *Selekcziya i Semenovodstvo = Breeding and Seed Production*. 1994;2:3-6 (in Russian)]
- Зойдзе Е.К., Хомякова Т.В. Моделирование формирования влагообеспеченности на территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности. *Метеорология и гидрология*. 2006;2:98-105
[Zoidze E.K., Khomyakova T.V. Modeling of the water supply formation over European Russia under current conditions and estimating agroclimatic safety. *Meteorologiya i Gidrologiya = Russian Meteorology and Hydrology*. 2006;2:73-79]
- Зыкин В.А., Шаманин В.П., Белан И.А. Экология пшеницы. Омск, 2000
[Zykin V.A., Shamanin V.P., Belan I.A. Ecology of the Wheat. Omsk, 2000 (in Russian)]
- Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. Л.: ВИР, 1981
[Guidelines for Studying the World Collection of Barley and Oats. Leningrad: VIR, 1981 (in Russian)]
- Сотник А.Я. Оценка адаптивных свойств сортов овса по урожайности в Приобской лесостепи. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2023;53(5):40-46. doi 10.26898/0370-8799-2023-5-5
[Sotnik A.Ya. Evaluation of oat varieties adaptive properties by productivity in the Priobskaya forest-steppe zone. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023;53(5):40-46. doi 10.26898/0370-8799-2023-5-5 (in Russian)]
- Сури́н Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Селекционная оценка и отбор генотипов ячменя восточносибирской селекции. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. 2018;48(3):70-77. doi 10.31677/2072-6724-2018-48-3-70-77
[Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Selection and assessment of barley genotypes of Eastern-Siberian selection. *Vestnik NGAU (Novosibirskii Gosudarstvennyy Agrarnyy Universitet) = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2018;3(48):70-77. doi 10.31677/2072-6724-2018-48-3-70-77 (in Russian)]
- Сури́н Н.А., Герасимов С.А., Ляхова Н.Е. Адаптивность и экологическая пластичность ячменя в условиях лесостепи Красноярского края. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2023;53(6):15-23. doi 10.26898/0370-8799-2023-6-2
[Surin N.A., Gerasimov S.A., Lyakhova N.E. Adaptability and ecological plasticity of barley under forest-steppe conditions of the Krasnoyarsk territory. *Sibirskii Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2023;53(6):15-23. doi 10.26898/0370-8799-2023-6-2 (in Russian)]
- Филиппов Е.Г., Брагин Р.Н., Донцов Д.П. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании. *Таврический вестник аграрной науки*. 2022;4(32):221-230
[Filippov E.G., Bragin R.N., Dontsov D.P. Analysis of adaptability indicators of spring barley varieties and lines in the ecological variety testing. *Tavricheskiy Vestnik Agrarnoy Nauki = Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2022;4(32):221-230 (in Russian)]
- Чекмарев П.А. Стратегия развития селекции и семеноводства в России. *Земледелие*. 2011;6:3-5
[Chekmarev P.A. Strategy of breeding and seed breeding development in Russia. *Zemledelie*. 2011;6:3-5 (in Russian)]
- Юсова О.А., Николаев П.Н., Анисков Н.И., Сафонова И.В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(2):24-28. doi 10.24411/0235-2451-2020-10205
[Yusova O.A., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Safonova I.V. Adaptability of barley varieties by the weight of 1000 grains under forest-steppe conditions of the Omsk region. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK = Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2020;34(2):24-28. doi 10.24411/0235-2451-2020-10205 (in Russian)]
- OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032. Paris, OECD, 2023. Available: <https://openknowledge.fao.org/items/a4e5c326-37f7-43c7-9455-b35efb613827>
- Pogodaiklimat.ru. Online resource. Available: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=29638&month=1&year=2024>
- Vujanovic V., Germida J.J. Seed endosymbiosis: a vital relationship in providing prenatal care to plants. *Can J Plant Sci*. 2017;97(6):972-981. doi 10.1139/cjps-2016-0261

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 10.12.2024. После доработки 30.12.2024. Принята к публикации 26.02.2025.