

DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235

УДК 633.16.321.631.526.32:631.529

Юсова О. А.¹, Николаев П. Н.¹, Аниськов Н. И.², Сафонова И. В.²

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА
АБИОТИЧЕСКИЕ И БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ
ОМСКОГО РЕГИОНА**

¹ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»;

²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР)

Реферат. Цель исследований – оценка адаптивной способности Омских сортов ярового ячменя (*Hordeum sativum* Jess.) по урожайности в южной лесостепи Омской области. Сорты оценивали в 2015–2019 гг. по сумме рангов ряда расчетных показателей адаптивности: размаху урожайности (d , по В. А. Зыкину), индексу экологической пластичности (Jsp , по Eberhart и Rassel), фактору стабильности ($S.F.$, по D. Lewis), гомеостатичности и селекционной ценности ($Нот$ и Sc по В. В. Хангильдину), относительной стабильности и критерию стабильности (St^2 и A по Н. А. Соболеву), коэффициенту вариации (CV по Б. А. Доспехову). Материал для исследования – 14 сортов и линий ячменя селекции Омского АНЦ. Согласно ранговой оценке, двурядные пленчатые сорта Саша, Омский 101 имели повышенные показатели реализации потенциала урожайности (85,0 и 85,5 %) и селекционной ценности ($Sc = 3,42$ и $3,18$), стабильны ($S.F. = 1,61$ и $1,75$ и $St^2 = 0,956$ соответственно), гомеостатичны ($Нот = 10,63$ и $9,50$). Сорт Омский 100 характеризовался невысокой изменчивостью урожайности ($d = 2,59$ т/га), высокой стабильностью ($S.F. = 1,65$), повышенной селекционной ценностью ($Sc = 3,30$) и гомеостатичностью ($Нот = 10,46$), обладал оптимальным сочетанием средней урожайности и относительной стабильности ($A = 5,34$). Сумма рангов этой группы варьирует от 48 до 100. Среди многорядных пленчатых сортов адаптивностью характеризуются сорта Омский 99 и линия Рикотензе 4885 – повышенные показатели реализации потенциала урожайности (89,1–90,3 %) и селекционной ценности ($Sc = 3,56$ – $3,64$), стабильности ($S.F. = 1,42$ – $1,49$), гомеостатичности ($Нот = 17,7$ – $22,56$). Сумму рангов на уровне стандарта Омский 99 (42) наблюдали у линии Рикотензе 4885 (43). В голозерной группе адаптивен многорядный сорт Омский голозерный 4 – повышенные показатели реализации потенциала урожайности (84 %) и селекционной ценности ($Sc = 3,65$), интенсивного типа ($И = 59,8$ %); сумма рангов (79) ниже стандарта Омский голозерный 2 (81).

Ключевые слова: ячмень (*Hordeum sativum* Jess.), урожайность, пластичность, стабильность, гомеостатичность, параметр, интенсивность.

Для цитирования: Юсова О. А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Экологическая реакция сортов ярового ячменя на абиотические и биотические факторы южной лесостепи Омского региона // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1(25). С. 224–235. DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235.

For citation: Yusova O. A., Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Safonova I. V. Ecological response of spring barley varieties to abiotic and biotic factors in the southern forest-steppe of the Omsk region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 1(25). P. 224–235. DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-224-235.

Введение

В современной России ячмень (в основном яровые сорта) возделывают во всех районах земледелия. Повышенное содержание в его зерне питательных веществ

(белок, крахмал) обуславливает его востребованность в ряде отраслей (продовольственной, технической, пивоваренной) [1–3].

По итогам 2019 г., площади посевов ячменя в России составляли 8786,9 тыс. га, из них 8164,6 тыс. га – ярового ячменя. Несмотря на увеличение площадей по отношению к 2018 г. (на 461,8 тыс. га, или 5,5 %), наблюдается их сокращение как за пять лет (–6,1 %), так и за 10 лет (–2,7 %) по отношению к 2019 г. [4].

Рост площадей в 2019 г. закономерно отразился на увеличении валового сбора данной культуры. Так, валовые сборы ячменя (20459,4 тыс. т) превысили аналогичный показатель 2018 г. на 20,4 %. Повышение валовых сборов ячменя на 0,4 % за пять лет и на 14,4 % за 10 лет на фоне снижения площадей может говорить о внедрении в производство более высокоурожайных сортов.

Основным требованием, предъявляемым к сортам, является устойчивость к абиотическим и биотическим факторам среды [5, 6]. Повышение экологической устойчивости сортов [7], а также реализация их адаптивного потенциала [8, 9] обуславливает стабильно высокую урожайность.

Как правило, даже в рамках одной культуры сорта могут иметь различную реакцию к условиям возделывания. Такую реакцию возможно оценить с помощью ряда общепринятых методик, которые имеют существенные отличия по ряду показателей.

Цель исследований – оценка адаптивной способности Омских сортов ярового ячменя (*Hordeum sativum* Jess.) по урожайности в условиях южной лесостепи Омской области.

Материалы и методы исследований

Представлены данные многолетних исследований сортов ячменя селекции Омского АНЦ по урожайности (с 2015 по 2019 гг.), согласно методике ВИР [10], с последующей математической обработкой данных [11].

Расчет показателей адаптивности проводили, используя следующие параметры:

- размах урожайности (d) и реализация потенциала урожайности по Зыкину В.А. [12];
- индекс экологической пластичности (J_{sp}) по Eberhart и Rassel [13];
- фактор стабильности (S.F.) по D. Lewis [14];
- гомеостатичность (H_{om}) и селекционная ценность сортов (Sc) по методике В. В. Хангильдина [15];
- показатель относительной стабильности (St^2) и критерий стабильности (A) по Н. А. Соболеву [16];
- коэффициент интенсивности (I) сорта по Р. А. Удачину и А. В. Головченко [17];
- коэффициент вариации (CV) по Б. А. Доспехову [11].

Окончательную оценку адаптивности сорта по всем перечисленным методам выполняли на основании суммы рангов путем присвоения порядкового номера значениям признака.

Период проведения исследований характеризовался контрастными условиями. Так, вегетационный период 2015 г. отмечен как сухой и холодный. Период 2017 г. характеризовался недостатком осадков в мае, июле, августе (–77,0; –63,0; –26,0 мм соответственно). Недостаток тепла был отмечен в мае, июне, августе 2018 г. Достаточным увлажнением отличился период вегетации 2016 г.: сумма осадков превышала средне многолетние данные в июне и июле (+192 мм; 167 мм) на фоне избытка тепла (0,1–2,3 °C). В 2017 г. наблюдали недобор осадков в мае, июне, августе

(–77,0; –63,0; –26,0 мм). В 2019 г. вегетация ячменя проходила в относительно благоприятных условиях. Период май–август характеризовался гидротермическим обеспечением, близким к среднему многолетнему значению (рисунок).

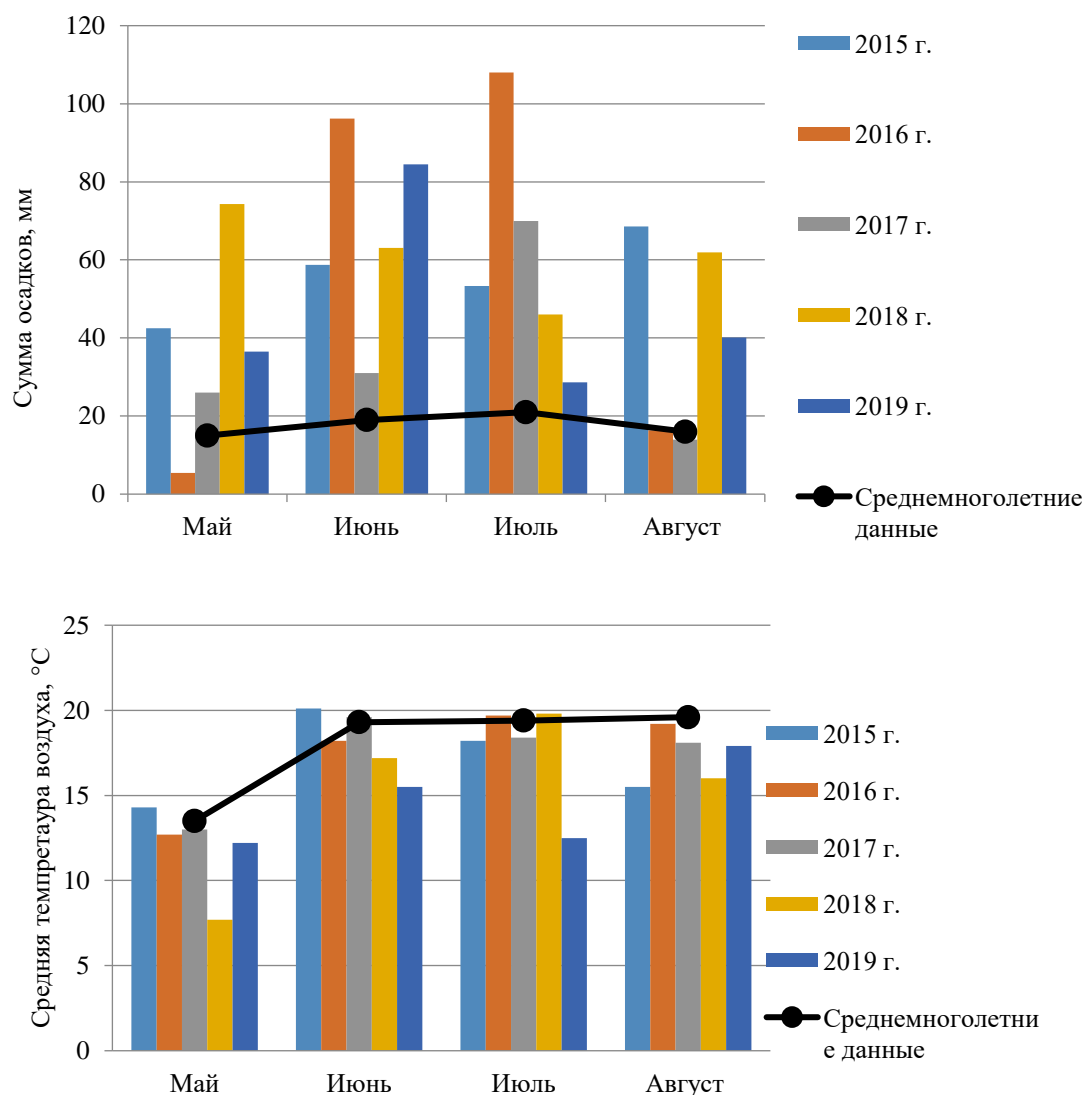


Рисунок 1 – Характеристика климатических условий вегетационных периодов (Омская гидрометеорологическая станция)

Объекты исследований – сорта и новые перспективные линии ярового ячменя селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» (таблица 1).

Таблица 1 – Сорта ярового ячменя

Название сорта, № каталога ВИР	Учреждение-оригинатор	Разновидность	Происхождение
1	2	3	4
Двурядные пленчатые			
Омский 95 (к-31043)	Сибирский НИИСХ, Патент №3102, 26.04.2006 г.	Нутанс	Тогузак × Омский 88
Саша (к-31110)	Сибирский НИИСХ, Патент № 6052, 24.08.2011 г.	Медикум	Медикум 4396 × Медикум 4369

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Подарок Сибири (к-31335)	ФГБНУ «Омский АНЦ», Патент № 9505, 12.02.2018 г.	Медикум	Медикум 4369 × Медикум 4396
Омский 100 (к-31336)	ФГБНУ «Омский АНЦ», Патент № 9507, 12.02.2018 г.	Медикум	Медикум 4365 × Медикум 4549
Омский 101 (к-31440)	ФГБНУ «Омский АНЦ», Передан на ГСУ 2018 г.	Медикум	Нутанс 4621 × Нудум 4731
Медикум 4867	Испытание в КСИ 2015–2019 гг.	Медикум	-
Нутанс 4883	Испытание в КСИ 2015–2019 гг.	Нутанс	-
Нутанс 4812	Испытание в КСИ 2015–2019 гг.	Нутанс	-
Многорядные пленчатые			
Омский 99 (к-31230)	Сибирский НИИСХ, Патент № 7832, 15.12.2011 г.	Паллидум	-
Рикотензе 4885	Испытание в КСИ 2015–2019 гг.	Рикотензе	-
Паллидум 4861	Испытание в КСИ 2015–2019 гг.	Паллидум	-
Двурядные голозерные			
Омский голозерный 1 (к-30919)	ФГБНУ «Омский АНЦ», Патент № 2379, 16.11.2004 г.	Нудум	Голозерный × Омский 88) × (Голозерный × Омский 91)
Многорядные голозерные			
Омский голозерный 2 (к-31187)	ФГБНУ «Омский АНЦ», Патент № 4075, 25.05.2008 г.	Целесте	[(Голозерный × Нутанс 4303) × Рикотензе + Паллидум 4414]
Омский голозерный 4 (к-31419)	ФГБНУ «Омский АНЦ», Патент № 10851, 31.01.2020 г.	Целесте	Нутанс 4621 × Омский голозерный 2

Результаты и их обсуждение

Формирование высоких и устойчивых урожаев ярового ячменя в различных почвенно-климатических условиях Западной Сибири ограничивается значительными колебаниями температуры воздуха и недостаточным увлажнением в течении периода вегетации. Средняя по сортам урожайность составила 5,14 т/га ($Lim = 4,06-5,72$ т/га), (таблица 2). Максимальной в опыте (7,19 т/га) она была у сорта Подарок Сибири в 2019 г., минимальной (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.

Отличительной особенностью всех исследуемых сортов является превышение стандарта по урожайности во всех группах в среднем за период исследований (+0,13...+0,90 т/га к стандарту). Также отличаются повышенной урожайностью новые перспективные линии в группе двурядных пленчатых (в среднем за период исследований): 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).

По мнению Зыкина В. А., в ходе экологического исследования надлежит использовать параметр «размах урожайности» (d), который позволяет определить уровень стабильности сортов, выраженной в т/га, а затем и в процентах [12] (таблица 3).

Нами установлен сильный размах урожайности у сортов ячменя: Омский голозерный 1 ($d = 3,87$ т/га), Подарок Сибири ($d = 3,58$ т/га), Омский 95 ($d = 3,56$ т/га),

Нутанс 4883 ($d = 3,33$ т/га), Нутанс 4812 ($d = 3,1$ т/га), Омский 101 ($d = 2,8$ т/га), Медикум 4867 ($d = 2,63$ т/га).

Таблица 2 – Характеристика сортов ярового ячменя по урожайности зерна, т/га

Сорт	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
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
Подарок Сибири	6,43	3,61	5,16	6,25	7,19	5,72
Омский 100	6,55	3,96	5,01	5,26	6,54	5,46
Омский 101	6,52	3,72	5,28	5,97	6,44	5,58
Медикум 4867	6,54	3,61	4,85	5,99	6,39	5,47
Нутанс 4883	5,80	3,78	5,25	6,17	7,11	5,62
Нутанс 4812	6,16	3,63	4,50	6,09	6,71	5,41
Среднее по группе	6,28	3,57	4,96	5,91	6,56	5,45
Многорядные пленчатые						
Омский 99 (St.)	5,32	4,08	4,92	5,69	5,79	5,16
Рикотензе 4885	5,17	3,94	5,82	5,81	5,89	5,32
Паллидум 4861	4,93	3,83	6,30	5,59	5,83	5,29
Среднее по группе	5,14	3,95	5,68	5,70	5,84	5,26
Двурядные голозерные						
Омский голозерный 1, (St.)	4,24	2,10	3,29	5,25	5,97	4,17
Многорядные голозерные						
Омский голозерный 2, (St.)	3,71	2,75	3,99	4,84	5,05	4,06
Омский голозерный 4	4,14	2,59	4,85	5,01	5,18	4,35
Среднее по группе	3,93	2,67	4,42	4,93	5,12	4,21
Среднее по культуре	5,6	3,42	4,94	5,67	6,16	5,14
НСР ₀₅	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9	0,7

Относительно невысокую изменчивость этого показателя наблюдали у сортов: Омский 99, линий Рикотензе 4885, Паллидум 4861, Омский голозерный 2, Саша, Омский 100, Омский голозерный 4 ($d = 1,71; 1,95; 2,47; 2,3; 2,47; 2,59; 2,6$ соответственно). Восполняет характеристику уровня реакции сортов степень реализации потенциала. По результатам нашей оценки реализация потенциала урожайности варьировала от 69,8 % у сорта Омский голозерный 1 до 90,3 % у сорта ячменя Рикотензе 4885. Более высокая реализация потенциала урожайности установлена у сортов: Рикотензе 4885, Омский 99, Омский 101, Саша, Паллидум 4861, Омский голозерный 4, Медикум 4867 (см. таблицу 3).

При установлении широты ареала по показателю урожайности зачастую используют индекс экологической пластичности, предложенный S. A. Eberhart, W. A. Rassel [13]. Изучаемый набор сортов ячменя по частоте встречаемости индекса $J_{sp} > 1,0$ распределился на четыре группы:

1. Сорта широкого ареала: Подарок Сибири, Омский 101, Нутанс 4883, при $J_{sp} > 1,0$ в течении пяти лет испытания.
2. Сорта среднего ареала, у которых значение $J_{sp} > 1,0$ отмечено в течении четырех лет испытания: Саша, Омский 100, Медикум 4867, Нутанс 4812.
3. Сорта узкого ареала ($J_{sp} > 1$ в течении двух–трех лет испытания): Омский 95, Омский 99, Рикотензе 4885, Паллидум 4861.
4. Сорта очень узкого ареала ($J_{sp} > 1$ в пределах одного года испытания): Омский голозерный 1, Омский голозерный 2 и Омский голозерный 4.

D. Lewis предлагал оценку реакции сорта вести на основании поведения в альтернативных условиях [14]. Он утверждал, что чем больше показатель отклоняется

от единицы, тем менее стабилен сорт. Высокие значения (S.F.), а поэтому низкая фенотипическая устойчивость свойственна сортам: Омский голозерный 1 (S.F. = 2,84), Омский 95 (S.F. = 2,59), Омский голозерный 4 (S.F. = 2,0), Подарок Сибири (S.F. = 1,99), Нутанс 4883 (S.F. = 1,88), Нутанс 4819 (S.F. = 1,85), Омский голозерный 2 (S.F. = 1,84). Сравнительно небольшие значения фактора стабильности, а значит более высокая стабильность свойственна сортам ячменя: Омский 99, Рикотензе 4885, Саша, Паллидум 4861, Омский 100, Омский 101 (S.F. = 1,42; 1,49; 1,61; 1,64; 1,65; 1,75 соответственно).

Таблица 3 – Характеристика сортов ячменя по показателям адаптивности

Сорт	Размах урожайности (d), %		Реализация потенциала урожайности, %	Jsp	S.F.	Sc	Hom	St ²	A	И	CV
	т/га	%									
Двурядные пленчатые											
Омский 95, (St.)	3,56	61,4	83,1	0,94	2,59	1,87	4,47	0,910	4,59	73,8	30,3
Саша	2,47	38,1	85,0	1,07	1,61	3,42	10,63	0,956	5,40	44,7	21,0
Подарок Сибири	3,58	49,8	79,5	1,11	1,99	2,87	6,57	0,941	5,55	62,6	24,3
Омский 100	2,59	39,5	83,4	1,06	1,65	3,30	10,46	0,959	5,34	47,4	20,2
Омский 101	2,80	42,9	85,5	1,08	1,75	3,18	9,50	0,956	5,46	50,2	21,0
Медикум 4867	2,63	40,2	83,6	1,06	1,81	3,02	14,0	0,949	5,32	48,1	22,6
Нутанс 4883	3,33	46,8	79,0	1,09	1,88	2,99	7,71	0,952	5,43	59,2	21,9
Нутанс 4812	3,10	46,2	80,6	1,05	1,85	2,92	6,55	0,929	5,36	57,3	26,6
Многорядные пленчатые											
Омский 99, (St.)	1,71	89,1	89,1	1,00	1,42	3,64	22,56	0,982	5,11	32,9	13,5
Рикотензе 4885	1,95	90,3	90,3	1,03	1,49	3,56	17,7	0,976	5,26	36,6	15,0
Паллидум 4861	2,47	84,0	84,0	1,03	1,64	3,22	11,8	0,965	5,20	46,7	18,1
Двурядные голозерные											
Омский голозерный 1, (St.)	3,87	69,8	69,8	0,81	2,84	1,47	2,91	0,860	5,77	92,0	36,9
Многорядные голозерные											
Омский голозерный 2, (St.)	2,30	80,4	80,4	0,79	1,84	2,21	7,71	0,948	4,96	56,6	22,8
Омский голозерный 4	2,59	84,0	84,0	0,85	2,0	3,65	6,87	0,940	4,22	59,8	24,4
S _x	2,61	1,32	1,32	0,03	0,11	0,18	1,41	0,01	0,11	4,03	3,43

Анализ селекционной ценности сорта (Sc) ячменя, предложенный Хангильдиным В. В., тождественен параметру фактора стабильности и создан по аналогии сравнения урожайности в лимитированных и оптимальных условиях выращивания с надлежащим учетом усредненного показателя урожайности [15]. При этом следует принять к сведению, что чем выше числовая величина показателя, тем стабильнее сорт. Значительную селекционную ценность рассматриваемого показателя проявили сорта: Омский голозерный 4 (Sc = 3,65), Омский 99 (Sc = 3,64), Рикотензе 4885 (Sc = 3,56), Омский 99 (Sc = 3,64), Саша (Sc = 3,42), Омский 100 (Sc = 3,30), Паллидум 4861 (Sc = 3,22), Омский 101 (Sc = 3,18), Медикум 4867 (Sc = 3,02).

Гомеостатичность (Hom), рекомендованная этим же отечественным исследователем – это устойчивость сортов к воздействию неблагоприятных условий внешней среды. Повышенной гомеостатичностью характеризовались сорта: Омский 99, Рикотензе 4885, Медикум 4867, Паллидум 4861, Саша, Омский 100, Омский 101, Нутанс 4883 (Hom = 22,56; 17,7; 14,0; 11,8; 10,63; 10,46; 9,50; 7,71 соответственно).

Ведущие позиции по величине относительной стабильности (по Н. А. Соболеву [16]), занимают сорта: Омский 99, Рикотензе 4885, Паллидум 4861, Омский 100, Саша, Омский 101, Нутанс 4883, Медикум 4867 (St² = 0,982; 0,976; 0,965; 0,959;

0,956; 0,956; 0,952; 0,949 соответственно). Оптимальное сочетание средней урожайности и относительной ее стабильности отмечено у сортов: Омский голозерный 1 ($A = 5,77$), Подарок Сибири ($A = 5,55$), Омский 101 ($A = 5,46$), Нутанс 4883 ($A = 5,43$), Саша ($A = 5,40$), Нутанс 4812 ($A = 5,36$), Омский 100 ($A = 5,34$).

Коэффициент интенсивности (И) (по методике Р. А. Удачина и А. В. Головченко [17]) рассчитывали, как отношение разности величин признака в контрастных условиях к средней ее величине, выраженное в процентах. В результате проведенных расчетов можно предположить, что сорта Омский 99 (И = 32,9 %), Рикотензе 4885 (И = 36,6 %) – экстенсивного типа. Группа интенсивного типа включала Омский голозерный 1 (И = 92 %), Омский 95 (И = 73,8 %), Подарок Сибири (И = 62,6 %), Омский голозерный 4 (И = 59,8 %), Нутанс 4883 (И = 59,2 %). Все остальные сорта отнесены к полуинтенсивному типу.

С точки зрения Доспехова Б. А. [11] коэффициент вариации довольно активно используют при определении величины адаптивных свойств генотипа. Чем меньше параметры величины стабильности, тем более стабилен сорт по урожайности. Наибольшая стабильность характерна сортам и линиям со средней изменчивостью: Омский 99, Рикотензе 4885, Паллидум 4861 ($CV = 13,5; 15,0; 18,1$ % соответственно).

Установлено, что определение реакции сортов по одному или двум параметрам не позволяют достоверно и объективно оценить их адаптивную способность [18]. Необходимо использовать разносторонние методы и подходы, которые позволят определить их адаптивность. Имея большой выбор оценочных показателей, можно использовать ранжирование сортов.

Следует учитывать, что чем меньше сумма рангов изучаемого сорта, тем он имеет большую хозяйственную ценность. Ранжированная оценка сортов по параметрам адаптивности с учетом меньшей суммы позволила выделить сорта, способные реализовать свои адаптивные возможности в условиях южной лесостепи Омской области (таблица 4).

Таблица 4 – Адаптивность сортов ячменя по урожайности, согласно ранговой оценке

Сорт	Ранг по параметрам									Сумма рангов
	d	Jsp	S.F.	Sc	Hom	St ²	A	И	V	
Двурядные пленчатые										
Омский 95, (St.)	12	11	13	13	12	12	13	2	12	100
Саша	5	4	3	4	5	5	5	12	5	48
Подарок Сибири	13	1	11	11	10	9	2	3	10	70
Омский 100	6	5	5	5	6	4	7	10	4	52
Омский 101	9	3	6	7	7	5	3	8	5	53
Медикум 4867	8	6	7	8	3	7	8	9	7	63
Нутанс 4883	11	2	10	9	8	6	4	5	6	61
Нутанс 4812	10	7	9	10	11	11	6	6	11	81
Многорядные пленчатые										
Омский 99, (St.)	1	10	1	2	1	1	11	14	1	42
Рикотензе 4885	2	8	2	3	2	2	9	13	2	43
Паллидум 4861	3	9	4	6	4	3	10	11	3	53
Двурядные голозерные										
Омский голозерный 1, (St.)	14	13	14	14	13	13	1	1	13	96
Многорядные голозерные										
Омский голозерный 2, (St.)	4	14	8	12	8	8	12	7	8	81
Омский голозерный 4	7	12	12	1	9	10	14	4	10	79

В наших исследованиях большей устойчивостью к варьирующим условиям выращивания обладают следующие сорта ярового ячменя:

- группа двурядных пленчатых: Саша, Омский 100, Омский 101 (сумма рангов 48, 52 и 53 соответственно);
- группа многорядных пленчатых: Омский 99 и Рикотензе 4885 (сумма рангов 42 и 43);
- в группе многорядных голозерных по сумме рангов сорт Омский голозерный 4 ниже стандарта (79).

По нашей оценке, в условиях южной лесостепи Омской области исследуемые сорта ячменя характеризовались различным уровнем адаптивности согласно различным методикам.

Среди группы двурядных пленчатых сортов наиболее адаптивны:

Стандартный сорт Омский 95 – отнесен к интенсивным $I = 73,8 \%$, обладает повышенной селекционной ценностью $Sc = 1,87$;

Саша, Омский 101 – повышенные показатели реализации потенциала урожайности (85,0 и 85,5 %) и селекционной ценности ($Sc = 3,42$ и $3,18$), стабильны ($S.F. = 1,61$ и $1,75$, $St^2 = 0,956$), гомеостатичны ($Hom = 10,63$ и $9,50$);

Омский 100 – невысокая изменчивость урожайности по Зыкину ($d = 2,59$ т/га), высокая стабильность по Lewis ($S.F. = 1,65$), повышенная селекционная ценность ($Sc = 3,30$) и гомеостатичность по Хангильдину ($Hom = 10,46$), характеризуется оптимальным сочетанием средней урожайности и относительной стабильности ($A = 5,34$) по Соболеву;

Подарок Сибири – пластичен по Eberhart и Rassel ($Jsp = 1,11$), стабилен по Соболеву ($St^2 = 0,941$), относится к сортам интенсивного типа по Удачину и Головченко ($I = 62,6 \%$);

Медикум 4867 – повышенные показатели реализации потенциала урожайности по Зыкину (83,6 %) и селекционной ценности по Хангильдину ($Sc = 3,02$), стабилен по Соболеву ($St^2 = 0,949$), гомеостатичен по Хангильдину ($Hom = 14,0$);

Нутанс 4883 – пластичен по Eberhart и Rassel ($Jsp = 1,09$), стабилен по Соболеву ($St^2 = 0,952$), гомеостатичен по Хангильдину ($Hom = 7,71$), относится к сортам интенсивного типа по Удачину и Головченко ($I = 59,2 \%$);

Нутанс 4812 – стабилен по Соболеву ($St^2 = 0,929$);

Сумма рангов в данной группе варьирует от 48 до 100. Минимальное значение данного показателя наблюдается у сортов Саша, Омский 100, Омский 101 (Σ рангов = 48, 52 и 53 соответственно), что существенно ниже, чем у стандартного сорта Омский 95 (Σ рангов = 100).

Адаптивность сортов группы многорядных пленчатых:

Стандартный сорт Омский 99, Рикотензе 4885 и Паллидум 4861 характеризовались повышенными показателями реализации потенциала урожайности по Зыкину (84,0–90,3 %) и селекционной ценности по Хангильдину ($Sc = 3,22$ – $3,64$), стабильны по Lewis ($S.F. = 1,42$ – $1,64$), гомеостатичны по Хангильдину ($Hom = 11,8$ – $22,56$), обладают средней изменчивостью урожайности по Доспехову ($V = 13,2$ – $18,1 \%$). Также линии Рикотензе 4885 и Паллидум 4861 относятся к интенсивному типу ($I = 36,6$ и $46,7 \%$) по Удачину и Головченко.

В данной группе сумма рангов менялась от 72 до 53. Минимальная сумма рангов наблюдалась у стандарта Омский 99 (42), на уровне стандарта линия Рикотензе 4885 (Σ рангов = 43);

Группа двурядных голозерных:

Стандартный сорт Омский голозерный 1 – стабилен по Соболеву ($St^2 = 0,860$), относится к интенсивному типу по Удачину и Головченко ($I = 92,0 \%$). Сумма рангов составила 96.

В группе многорядных голозерных повышенной адаптивностью характеризуются:

Стандартный сорт Омский голозерный 2 – низкий размах урожайности по Зыкину ($d = 2,30$ т/га).

Омский голозерный 4 – повышенные показатели реализации потенциала урожайности по Зыкину (84 %) и селекционной ценности по Хангильдину ($Sc = 3,65$), относится к интенсивному типу по Удачину и Головченко ($I = 59,8$ %).

Согласно ранговой оценке, сумма рангов сорта Омский голозерный 4 (79) оказалась существенно ниже данного показателя стандарта Омский голозерный 2 (Σ рангов = 81).

Выводы

Для условий южной лесостепи Омской области выявлены адаптивные сорта ячменя (*Hordeum sativum* Jess.) двурядной пленчатой группы: Саша, Омский 101 – с повышенными показателями реализации потенциала урожайности (85,0 и 85,5 %) и селекционной ценности ($Sc = 3,42$ и 3,18), стабильны ($S.F. = 1,61$ и 1,75 и $St^2 = 0,956$ соответственно), гомеостатичны ($Hom = 10,63$ и 9,50). Сорт Омский 100 характеризовался невысокой изменчивостью урожайности ($d = 2,59$ т/га), высокой стабильностью ($S.F. = 1,65$), повышенной селекционной ценностью ($Sc = 3,30$) и гомеостатичностью ($Hom = 10,46$), обладал оптимальным сочетанием средней урожайности и относительной стабильности ($A = 5,34$). Сумма рангов этих сортов составляет 42–53.

Среди многорядных пленчатых сортов адаптивностью характеризуются сорт Омский 99 и линия Рикотензе 4885, имеющие повышенные показатели реализации потенциала урожайности (89,1–90,3 %) и селекционной ценности ($Sc = 3,56$ –3,64), стабильности ($S.F. = 1,42$ –1,49), гомеостатичности ($Hom = 17,7$ –22,56). Сумму рангов на уровне стандарта Омский 99 (42) наблюдали у линии Рикотензе 4885 (43).

В голозерной группе адаптивен многорядный сорт Омский голозерный 4 – повышенные показатели реализации потенциала урожайности (84 %) и селекционной ценности ($Sc = 3,65$), интенсивного типа ($I = 59,8$ %); сумма рангов (79) ниже стандарта.

Литература

1. Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. № 2. С. 378–386.
2. Аниськов Н. И., Поползухин П. В. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография. Омск: ООО «Вариант-Омск», 2010. 388 С.
3. Полонский В. И., Сурин Н. А., Герасимов С. А., Липшин А. Г., Сумина А. В., Зюте С. Изучение сортов овса (*Avena sativa* L.) различного географического происхождения по качеству зерна и продуктивности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (6). С. 53–60. DOI: 10.18699/VJ19.541.
4. 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.
5. Robinson L. H., Juttner J., Milligan A., Lahnstein J., Eglinton J. K. Evans D.E. 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. Vol. 45. No. 3. P. 343–352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
6. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
7. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И., Сафонова И. В., Ряполова Я. В. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции, 2019. № 180 (2). С. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.

8. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А. Комплексная оценка селекционного материала в селекции ячменя на адаптивность в Восточносибирском регионе // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 4(64). С. 98–103.
9. Karsai I., Mészáros K., Láng L., Hayes P. M. Bedö Z. Multivariate analysis of traits determining adaptation in cultivated barley // Plant Breeding. 2001. No. 120 (3). P. 217–222. DOI: 10.1046/j.1439-0523.2001.00599.x.
10. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 63 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Альянс, 2011. 350 с.
12. Зыкин В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. 24 с.
13. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.
14. Lewis D. Gene-environment interaction: a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. 1954. Vol. 8. P. 333–356.
15. Хангильдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научно-технический Бюллетень Всесоюзного селекционно-генетического института. 1986. № 2(60). С. 36–41.
16. Соболев Н. А. Проблема отбора и оценки селекционного материала. Киев: Наукова думка, 1980. С. 100–106.
17. Удачин Р. А., Головченко А. П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы // Селекция и семеноводство. 1990. № 5. С. 2–6.
18. Важенина О. Е., Козаченко М. Р., Васьюк Н. И., Наумов А. Г. Экологическая стабильность элементов продуктивности сортов ячменя ярового и эффективность селекции на основе их использования в гибридизации // Вісник Сумського національного аграрного університету. 2013. № 11. С. 164–169.

References

1. Surin N. A., Zobova N. V., Lyakhova N. E. The genetic potential of barley in Siberia and its importance for breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2014. No. 2. P. 378–386.
2. Aniskov N. I., Popolzukhin P. V. Spring barley in Western Siberia (breeding, seed production, varieties): monograph. Omsk: LLC “Variant-Omsk”, 2010. 388 p.
3. Polonsky V. I., Surin N. A., Gerasimov S. A., Lipshin A. G., Sumina A. V., Zute S. The study of oat varieties (*Avena sativa* L.) of various geographical origin for grain quality and productivity // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 23 (6). P. 53–60. DOI: 10.18699 / VJ19.541.
4. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V. Agrobiological characteristics of hullless barley cultivars developed at Omsk Agrarian Scientific Center // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. No. 180 (1). P. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
5. Robinson L. H., Juttner J., Milligan A., Lahnstein J., Eglinton J. K. Evans D.E. 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. Vol. 45. No. 3. P. 343–352. DOI: 10.1016/j.jcs.2006.08.012.
6. Sarkar B. Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2014. No. 1(74). P. 26–33. DOI: 10.5958/j.0975-6906.74.1.004.
7. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Aniskov N. I., Safonova I. V., Ryapalova Ya. V. New mid-season spring barley cultivar Omsky 101 // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. No. 180 (2). P. 83–88. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-83-88.
8. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A. Comprehensive breeding patterns assessment on adaptability in the Eastern Siberia region in the selection of barley // Bulletin of Kemerovo State University. 2015. No. 4 (64). P. 98–103.
9. Karsai I., Mészáros K., Láng L., Hayes P. M. Bedö Z. Multivariate analysis of traits determining adaptation in cultivated barley // Plant Breeding. 2001. No. 120 (3). P. 217–222. DOI: 10.1046/j.1439-0523.2001.00599.x.
10. Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats. Saint-Petersburg: VIR, 2012. 63 p.
11. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Alyans, 2011. 350 p.
12. Zykin V. A. Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: guidelines. Novosibirsk: Siberian branch of the V. I. Lenin Academy of Agricultural Sciences (VASKhNIL), 1984. 24 p.

13. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. 1966. Vol. 6. No. 1. P. 36–40.
14. Lewis D. Gene-environment interaction: a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability // Heredity. 1954. Vol. 8. P. 333–356.
15. Khangildin V. V. Parameters for assessing the homeostaticity of varieties and breeding lines in tests of spike crops // Nauchno-tehnicheskii Byulleten Vsesoyuznogo selektsionno-geneticheskogo instituta. 1986. No. 2 (60). P. 36–41.
16. Sobolev N. A. The problem of selection and evaluation of breeding material. Kiev: Naukova dumka, 1980. P. 100–106.
17. Udachin R. A., Golovchenko A. P. Methods for assessing the ecological plasticity of wheat varieties // Seleksiya I semenovodstvo. 1990. No. 5. P. 2–6.
18. Vazhenina O. E., Kozachenko M. R., Vasko N. I., Naumov A. G. Environmental sustainability of productivity elements of spring barley varieties and efficiency of breeding on the bases of hybridization // Bulletin of Sumy NAU [Visnik Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu]. 2013. No. 11. P. 164–169.

UDC 633.16.321.631.526.32:631.529

Yusova O. A., Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Safonova I. V.

ECOLOGICAL RESPONSE OF SPRING BARLEY VARIETIES TO ABIOTIC AND BIOTIC FACTORS IN THE SOUTHERN FOREST-STEPPE OF THE OMSK REGION

Summary. *The purpose of the research was to assess the adaptability of Omsk varieties of spring barley (*Hordeum Sativum* Jess.) in the context of yield parameter under conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region. The studies were conducted from 2015 to 2019. Spring barley varieties were evaluated by the sum of the ranks of several calculated adaptability parameters: crop yield variability (d , according to V.V. Zykin guidelines), environmental condition index and ecological plasticity of varieties (J_{sp} , calculated according to S.A. Eberhart and W.A. Russell), stability factor ($S.F.$, determined according to D. Lewis), homeostaticity and breeding value (Hom and Sc , by the method of V.V. Khangildin), relative stability and stability criteria (St^2 and A , according to N. A. Sobolev), coefficient of variation (V , by B.A. Dospekhov methodology). Fourteen varieties and lines of spring barley created in the Omsk Agrarian Scientific Center served as the material for the research. According to the ranking, two-row covered (hulled) varieties ‘Sasha’ and ‘Omskiy 101’ had increased indicators of yield potential realization (85.0 and 85.5%) and breeding value ($Sc = 3.42$ and 3.18); they are stable ($S.F. = 1.61$ and 1.75 , $St^2 = 0.956$) and homeostatic ($Hom = 10.63$ and 9.50). Variety ‘Omskiy 100’ had low yield variability ($d = 2.59$ t/ha), high stability ($S.F. = 1.65$), increased breeding value ($Sc = 3.30$) and homeostaticity ($Hom = 10.46$), as well as optimal combination of average yield and relative stability ($A = 5.34$). The sum of the ranks of this group varied from 48 to 100. Among multi-row hulled varieties, varieties ‘Omskiy 99’ and line ‘Rikotenze 4885’ were characterized as adaptive, namely by increased indicators of yield potential realization (89.1–90.3 %), breeding value ($Sc=3.56$ – 3.64), stability ($S.F.=1.42$ – 1.49), homeostaticity ($Hom=17.7$ – 22.56). The sum of the ranks at the level of standard – ‘Omskiy 99’ (42) was also observed for the line ‘Rikotenze 4885’ (43). In the hullless or “naked” barley group, adaptive was multi-row variety ‘Omskiy Golozerny 4’. This variety is of intensive type ($I = 59.8\%$) with increased indicators of yield potential realization (84%) and breeding value ($Sc = 3.65$). Its sum of the ranks (79) was significantly lower than the same of the standard ‘Omskiy Golozerny 2’ (81).*

Keywords: *barley (*Hordeum sativum* Jess.), yield, plasticity, stability, homeostaticity, intensity parameter.*

Юсова Оксана Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биохимии и физиологии растений, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: ksanajusva@rambler.ru.

Николаев Петр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»; 644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26; e-mail: nikolaevpetr@mail.ru.

Анисков Николай Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»; 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская 42-44.

Сафонова Ирина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова»; 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская 42-44; e-mail: i.safonova@vir.nw.ru.

Yusova Oksana Aleksandrovna, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory of genetics, biochemistry and plant physiology, FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”; 26, Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: ksanajusva@rambler.ru.

Nikolaev Petr Nikolaevich, Cand. Sc. (Agr.), head of the Laboratory for the selection of grain crops, FSBSI “Omsk Agrarian Scientific Center”; 26, Korolev ave., Omsk, 644012, Russia; e-mail: nikolaevpetr@mail.ru.

Aniskov Nikolay Ivanovich, Dr. Sc. (Agr.), senior researcher of the FSBSI “Federal Research Centre N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources” (VIR); 42, Bol’shaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia.

Safonova Irina Vladimirovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the FSBSI “Federal Research Centre N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources” (VIR); 42, Bol’shaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia; e-mail: i.safonova@vir.nw.ru.

Дата поступления в редакцию – 29.09.2020.

Дата принятия к печати – 01.02.2021.