

УРОЖАЙНОСТЬ, СОРТОВОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ЕГО СОРТОВ

В.А. Сапега, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, урожайность, стрессоустойчивость, изменчивость урожайности, экологическая пластичность, относительная стабильность, генотипический эффект, показатель стабильности сорта, ранг сорта.

Реферат. Цель исследования – оценка урожайности ярового ячменя в производстве и госсортоиспытании Тюменской области за 2017–2022 гг., его сортового районирования, а также урожайности и адаптивности сортов за 2021–2023 гг. в условиях подтайги. Отмечено значительное превышение урожайности в госсортоиспытании по сравнению с производством, которое в среднем за 2017–2022 гг. составило 15,0 ц/га. Оригинаторами большинства допущенных к использованию сортов являются федеральные исследовательские центры Урала и Западной Сибири. По величине средней урожайности лучшим был сорт Кудесник (44,8 ц/га), а по реализации ее потенциала – Челябинский 99 (69,2 %). Стрессоустойчивость низкая у всех сортов, показатель которой был от -31,2 (Орда) до -49,0 (Норд 18/2613). Все сорта характеризовались значительной изменчивостью урожайности, от 42,7 % (Орда) до 69,4 % (Норд 18/2613). Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов КВС Джесси ($b_i = 1,10$) и Норд 18/2613 ($b_i = 1,34$), которые отнесены к интенсивным. Сорта Ача, Деспина, Кудесник, Дивный и Абба, с коэффициентом регрессии равным или близким единице, характеризовались как пластичные, а сорта Орда, Челябинский 99 и Абалак были слабоотзывчивыми на изменение условий ($b_i < 1$). Стабильность урожайности низкая у всех сортов, от $St^2 = 0,52$ (Норд 18/2613) до $St^2 = 0,82$ (Абалак, Орда). Наибольшим показателем генотипического эффекта характеризовался сорт Кудесник ($E_{i..} = 4,8$), а показателем урожайности и стабильности сорта – Абалак (143,5 %). По сумме рангов показателей урожайности и адаптивности ярового ячменя за 2021–2023 гг. в условиях подтайги Тюменской области лучшими признаны сорта Абалак (сумма рангов 32) и Кудесник (сумма рангов 35).

YIELD, VARIETAL ZONING OF SPRING BARLEY IN TYUMEN REGION AND ASSESSMENT OF ECOLOGICAL PLASTICITY AND STABILITY OF ITS VARIETIES

V.A. Sapega, Doctor of Agricultural Sciences, professor

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: sapegavalerii@rambler.ru

Keywords: spring barley, variety, yield, stress resistance, yield variability, ecological plasticity, relative stability, genotypic effect, indicator of variety stability, rank of varieties.

Abstract. The purpose of the study is to assess the yield of spring barley in the production and state variety testing of the Tyumen region for 2017-2022, its varietal zoning, as well as the yield and adaptability of varieties for 2021-2023 in the conditions of the subtaiga. There was a significant excess of yield in state variety testing compared to production, which averaged 15.0 c/ha in 2017-2022. The originators of most of the varieties approved for use are the Federal Research Centers of the Urals and Western Siberia. The variety Kudesnik (44.8 c/ha) was the best in terms of average yield, and Chelyabinsky 99 (69.2%) – in terms of the realization of its potential. Stress resistance is low in all varieties, which ranged from -31.2 (Orda) to -49.0 (Nord 18/2613). All varieties had significant yield variability, ranging from 42.7% (Orda) to 69.4% (Nord 18/2613). Strong responsiveness to changes in conditions was detected in the varieties KVS Jessy ($b_i = 1.10$) and Nord 18/2613 ($b_i = 1.34$), which are classified as intensive. The varieties Acha, Despina, Kudesnik, Divny and Abba, with a regression coefficient equal to or close to one, were characterized as plastic, and the varieties Orda, Chelyabinsky 99 and Abalak were poorly responsive to changes in conditions ($b_i < 1$). Yield stability is low in all varieties, from $St^2 = 0.52$ (Nord 18/2613) to $St^2 = 0.82$ (Abalak, Orda). The variety Kudesnik ($E_{i..} = 4.8$) was characterized the greatest indicator of the genotypic effect,

and the variety Abalak (143.5%) – the indicator of the yield and stability of the variety. The varieties Abalak (sum of ranks 32) and Kudessnik (sum of ranks 35) were recognized as the best by the sum of the ranks of the indicators of yield and adaptability of spring barley for 2021–2023 in the subtype of the Tyumen region.

По своей значимости ячмень – вторая зерновая культура в Российской Федерации. По данным на 2022 г. площадь его посева составила 7,2 млн га, или 25% от общей площади зерновых в стране [1, 2].

Ячмень имеет разностороннее использование, что характеризует его как универсальную культуру. Он имеет большое кормовое, продовольственное, техническое и агротехническое значение [2, 3].

Основным резервом повышения продуктивного потенциала культуры ячменя, наряду с технологией возделывания, выступают сорта, которые должны характеризоваться способностью наиболее полно использовать агротехнологические и природно-климатические факторы в процессе формирования урожайности [4, 5].

Урожайность сорта – комплексный признак, формирующийся в процессе генотип-средового взаимодействия. Процесс такого взаимодействия сказывается на величине реализации генетического потенциала сортов, который часто сдерживается из-за недостаточной их устойчивости к неблагоприятным факторам среды [6–9].

Изменения климата и, в частности, глобальное потепление, а также нестабильность агрометеорологических условий в большинстве регионов страны приводят к снижению уровня и повышению вариабельности урожайности имеющегося сортимента зерновых культур, снижению темпов роста валового производства зерна как основы продовольственной безопасности [10, 11].

В связи с этим определяющим условием формирования высокой и стабильной урожайности является создание и внедрение в аграрную отрасль адаптивных сортов, способных реализовать свою продуктивность в условиях отрицательного действия комплекса факторов биотической и абиотической природы [5, 12–14]. Эта задача решается при эколого-адаптивной направленности селекции, которая предусматривает контроль адаптивности, экологической пластичности и стабильности на всех этапах селекционного процесса. Такой контроль возможен при наличии искусственного или

естественного градиента, или вектора сред, т.е. различных экологических условий, которые позволяют выявить потенциал адаптивности сортов на основе использования различных методов ее оценки [9, 10]. Большинство таких методов основаны на статистической оценке ряда параметров, характеризующих генотип-средовое взаимодействие [6, 15].

Испытание и оценка сортов в контрастных условиях по параметрам урожайности и адаптивности позволяет дифференцированно подходить к подбору сортов для различных природно-климатических зон возделывания с учетом их продуктивности и экологической устойчивости [16–18].

Цель исследования – оценка урожайности ярового ячменя в производстве и госсортоиспытании Тюменской области, его сортового районирования, а также урожайного и адаптивного потенциала его сортов в условиях зоны подтайги.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении исследования использовались материалы по сортовому районированию сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2017–2022 гг., а также данные урожайности сортов ярового ячменя при их испытании за 2021–2023 гг. в условиях зоны подтайги (Нижне-Тавдинский ГСУ) [19]. Объект исследования – десять сортов пленчатого ярового ячменя, из них восемь допущенных к использованию по Западно-Сибирскому региону (Ача, Челябинский 99, Абалак, Деспина, Кудесник, КВС Джесси, Орда, Дивный) и два перспективных (Абба, Норд 18/2613). Предшественником в годы испытания сортов была яровая пшеница, срок посева – вторая декада мая. Сорта испытывали в четырехкратной повторности с нормой высева 6,0 млн всхожих семян на 1 га на делянках учетной площадью 25 м² при рендомизированном размещении сортов в опыте. Агротехника в опыте была общепринятой при

возделывании ярового ячменя в условиях подтайги Тюменской области.

Реализацию потенциала урожайности сортов ярового ячменя определяли по методике Э.Д. Неттевича [20], а их стрессоустойчивость и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А.А. Rossielle, J. Hemblin [21] в изложении А.А. Гончаренко [22]. Изменчивость урожайности определяли по методике Б.А. Доспехова [23], а экологическую пластичность сортов (коэффициент линейной регрессии) – по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell [24] в изложении В.А. Зыкина с соавторами. [25]. Относительную стабильность урожайности

и генотипический эффект сортов определяли соответственно по методике Н.А. Соболева [26] и П.П. Литуна [27], а показатель уровня стабильности сортов – по методике Э.Д. Неттевича с соавторами [28].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ площади посева ярового ячменя в Тюменской области показал, что ее наибольшая величина за анализируемые годы составила 136,2 тыс. га (2022 г.), а в среднем за 2017–2022 гг. – 131,6 тыс. га. Изменчивость площади посева незначительная – 2,8 % (табл. 1).

Таблица 1

Площадь посева и урожайность ярового ячменя в производстве и госсортоиспытании Тюменской области
Sowing area and yield of spring barley in production and state-owned Tyumen region

Год	Площадь посева, тыс. га	Урожайность				
		Производство, ц/га	Госсортоиспытание			
			ц/га	+–к производству, ц/га	Максимальная урожайность	
					ц/га	Сорт, ГСУ, зона
2017	135,4	24,8	37,1	12,3	53,3	Челябинский 99, Нижне-Тавдинский ГСУ, подтайга
2018	128,6	20,6	40,3	19,7	54,0	Абалак, Омутинский ГСУ, северная лесостепь
2019	126,8	22,9	37,1	14,2	55,2	Челябинский 99, Нижне-Тавдинский ГСУ, подтайга
2020	131,8	21,6	33,4	11,8	52,9	Деспина, Нижне-Тавдинский ГСУ, подтайга
2021	130,5	17,5	29,0	11,5	56,5	Кудесник, Аромашевский ГСУ, подтайга
2022	136,2	26,8	47,4	20,6	72,3	КВС Джесси, Ишимский ГСУ, северная лесостепь
2017–2022	131,6	22,4	37,4	15,0	–	–
Изменчивость, %	2,8	14,7	16,6	–	–	–

Урожайность ярового ячменя в хозяйствах всех категорий составила величину от 17,5 ц/га (2021 г.) до 26,8 ц/га (2022 г.), а в среднем за 2017–2022 гг. – 22,4 ц/га при средней ее изменчивости (14,7 %).

Урожайность ярового ячменя в госсортоиспытании в пределах отдельного года рассчитывалась нами как средняя урожайность всех допущенных к использованию сортов в данном году по всем ГСУ. Наибольшая урожайность отмечена в 2022 г. – 47,4 ц/га, а в среднем за

2017–2022 гг. она составила 37,4 ц/га при средней изменчивости – 16,6 %.

Проведенные исследования показали, что урожайность в госсортоиспытании во все годы значительно превышала урожайность в производстве. Такое превышение составило величину от 11,5 ц/га (2021 г.) до 20,6 ц/га (2022 г.), а в среднем за 2017–2022 гг. – 15,0 ц/га (см. табл. 1).

Это указывает на недостаточную реализацию генетического потенциала продуктивности допущенных к использованию сортов в производственных условиях. Основными

причинами здесь могут быть: неправильный выбор сорта исходя из условий природно-климатической зоны и его биологических особенностей, несоблюдение сортовой технологии при возделывании, низкий в целом уровень культуры земледелия, который в значительной степени влияет на реализацию потенциальных возможностей сорта, особенно интенсивного и полунтенсивного типа.

Сорт – один из основных факторов повышения урожайности в технологии зернового производства. Использование высокопродуктивных сортов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды, имеет решающее значение в росте валовых сборов зерна. В процессе исследования нами выделены в различных природно-климатических зонах при испытании на ГСУ допущенные к использованию сорта, которые отличались максимальной урожайностью, что указывает на имеющийся потенциал их продуктивности. Так, в условиях подтайги лучшими по потенциалу урожайности в

различные годы были сорта Челябинский 99 (55,2 ц/га, 2019 г.) и Кудесник (56,5 ц/га, 2021 г.), а в условиях северной лесостепной зоны – Абалак (54,0 ц/га, 2018 г.) и КВС Джесси (72,3 ц/га, 2022 г.) (см. табл. 1). Использование таких сортов в условиях производства при соблюдении всех агротехнических требований позволит значительно повысить урожайность зерновых культур в регионе.

Всего по области на 2023 г. было допущено к использованию восемь сортов ярового ячменя, из них два сорта иностранной селекции (табл. 2). Все сорта, за исключением сорта Дивный, характеризовались распространением районирования по области. Более эффективным, как известно, является районирование сортов в зональном направлении, т.е. с учетом их биологических особенностей, а также особенностей природно-климатической зоны, в условиях которой наиболее полно реализуется генетический потенциал сорта.

Таблица 2

**Сортовое районирование ярового ячменя по Тюменской области на 2023 г.
Varietal zoning of spring barley in the Tyumen region for 2023**

Сорт	Год допуска к использованию	Распространение районирования	Продолжительность районирования, годы	Оригинатор
Ача	2001	По области	23	Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН, Всероссийский НИИ сои
Челябинский 99	2004	По области	20	Челябинский НИИ сельского хозяйства
Абалак	2015	По области	9	Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр СО РАН, Федеральный исследовательский центр Красноярский научный центр СО РАН, филиал «Госсорткомиссия» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыве, ООО «Ермак»
Деспина	2020	По области	4	NORDSAAT SAATZUCHT GMBH
Кудесник	2021	По области	3	Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока
КВС Джесси	2022	По области	2	846-KWS LOCHOW GMBH
Орда	2022	По области	2	Челябинский НИИ сельского хозяйства
Дивный	2023	II, III зона	1	Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр СО РАН

Примечание. II зона – подтайга, III зона – северная лесостепь.

Как будет показано далее, даже в пределах одной природно-климатической зоны сорта значительно различаются по параметрам урожайности и адаптивности, что необходимо учитывать при их допуске к использованию.

Наибольшая продолжительность районирования отмечена у сортов Ача и Челябинский 99 (соответственно 23 и 20 лет). Такая длительность районирования может объясняться, с одной стороны, ценными наряду с урожайностью 1–2 признаками или свойствами (отзывчивость на изменение условий, стабильность урожайности, засухоустойчивость, устойчивость к полеганию, качество зерна и др.), а с другой – отсутствием сортов, которые по результатам госсортоиспытания были бы признаны лучшими по комплексу или отдельным хозяйственно ценным признакам по сравнению с сортами длительного периода районирования.

Оригинаторами большинства сортов являются федеральные исследовательские центры Урала и Западной Сибири.

Условия среды в годы испытания сортов ярового ячменя были контрастными. Величина индекса условий характеризовалась значительной вариабельностью, от -15,4 (2021 г.) до 23,1 (2022 г.) (табл. 3).

Характер таких условий оказал значительное влияние на урожайность сортов и смену их рангов по ее величине, что указывает на наличие генотип-средового взаимодействия как одного из важнейших механизмов, влияющих на уровень реализации генетического потенциала продуктивности сорта.

В условиях 2021 г., который характеризовался наибольшим отрицательным индексом (-15,4), урожайность сортов была сравнительно низкой, от 22,2 ц/га (Деспина) до 26,6 ц/га (Орда), а в наиболее благоприятных условиях 2022 г. (индекс условий 23,1) выявлен высокий потенциал урожайности всех сортов, от 57,8 ц/га (Орда) до 72,4 ц/га (Норд 18/2613). Размах среднесортной урожайности в контрастных условиях испытания составил 38,5 ц/га.

По величине средней урожайности за 2021–2023 гг. лучшим был сорт Кудесник – 44,8 ц/га, а наиболее низкая ее величина отмечена у сорта Деспина – 35,1 ц/га. Ценным показателем сортов при их возделывании в тех или иных условиях среды является величина реализации потенциала урожайности. Данный показатель у изученных нами сортов был сравнительно низким и характеризовался величиной от 55,5 % (Норд 18/2613) до 69,2 % (Челябинский 99).

Таблица 3

Ранги сортов ярового ячменя по урожайности и реализации ее потенциала в различных экологических условиях
Ranks of spring barley varieties in terms of yield and the realization of its potential in various environmental conditions

Сорт Ранг	Год допуска к использова- нию	Урожайность, ц/га			Средняя урожайность	
		2021 г.	2022 г.	2023 г.	ц/га	Реализация потенциала урожайности, %
1	2	3	4	5	6	7
Ача	2001	24,1	61,2	31,5	38,9	63,6
ранг		3	1	2	6	5
Челябинский 99	2004	24,7	61,4	41,4	42,5	69,2
ранг		3	1	2	3	1
Абалак	2015	26,0	62,5	40,4	43,0	68,8
ранг		3	1	2	2	2
Деспина	2020	22,2	58,7	24,3	35,1	59,8
ранг		3	1	2	8	7
Кудесник	2021	25,1	67,0	42,2	44,8	66,9
ранг		3	1	2	1	4

1	2	3	4	5	6	7
КВС Джесси	2022	24,4	65,2	29,0	39,5	60,6
ранг		3	1	2	5	6
Орда	2022	26,6	57,8	32,2	38,9	67,3
ранг		3	1	2	6	3
Дивный	2023	22,9	61,2	32,7	38,9	63,6
ранг		3	1	2	6	5
Абба	–	25,6	63,8	26,6	38,7	60,6
ранг		3	1	2	7	6
Норд 18/2613	–	24,8	72,4	23,4	40,2	55,5
ранг		2	1	3	4	8
НСР ₀₅		2,3	2,5	0,8		
Среднесортная урожайность, ц/га		24,6	63,1	32,4		
Индекс условий среды I_j		-15,4	23,1	-7,6		

Такие низкие значения реализации потенциала урожайности сортов в первую очередь связаны с недостаточной их экологической устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, которые в Сибирском регионе отличаются непостоянством, а также часто своей жесткостью.

Изучение селекционного материала или сортов при испытании в различных условиях среды позволяет дать им объективную и комплексную оценку по урожайности и адаптивности, что служит важным критерием их использования в селекционном процессе, а также при решении вопроса допуска к использованию в производстве.

Сравнение минимальной Y_2 и максимальной Y_1 урожайности сортов ярового ячменя показало, что она в наиболее неблагоприятных условиях была ниже в 2–3 раза по сравнению с урожайностью в наиболее благоприятных условиях испытания (табл. 4).

Величина средней урожайности в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях позволяет дать оценку генетической гибкости сорта. Чем больше значение данного показателя, тем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды [22]. Нами выявлена высокая средняя урожайность в контрастных условиях у всех сортов ячменя. Это подтверждает вышеотмеченное соответствие, но оно выражено в большей степени

в благоприятных условиях, что отразилось в максимальной реализации потенциала сортов и, в меньшей степени, в неблагоприятных. Это в конечном счете отрицательно сказалось на показателях адаптивности, которые будут рассмотрены далее. Наибольшая величина урожайности в контрастных условиях отмечена у сорта Норд 18/2613 – 47,9 ц/га, в первую очередь за счет очень высокой максимальной урожайности в благоприятных условиях. Наименьшей величиной данного показателя характеризовался сорт Деспина – 40,4 ц/га, это следствие низкого уровня как максимальной, так и минимальной урожайности (см. табл. 4).

Стрессоустойчивость – один из основных параметров, характеризующих адаптивность сортов. Их оценка по данному показателю особо актуальна для регионов с непостоянством агрометеорологических условий в период вегетации, что характерно для Западной Сибири.

В целом изученные нами сорта ярового ячменя характеризовались низкой стрессоустойчивостью. Ее наибольшая величина выявлена у сорта Орда (-31,2), а у остальных сортов данный параметр был от -36,5 (Абалак, Деспина) до -49,0 (Норд 18/2613).

Таблица 4

Урожайность, стрессоустойчивость, экологическая пластичность и стабильность сортов ярового ячменя, 2021–2023 гг.

Yield, stress resistance, environmental plasticity and stability of spring barley varieties, 2021-2023

Сорт Ранг	Год до- пуска к исполь- зованию	Показатели урожайности и адаптивности*									Сумма рангов*
		Y_2	Y_1	$\frac{Y_1+Y_2}{2}$	Y_2-Y_1	$C_v, \%$	b_i	St^2	$E_{i..}$	ПУСС	
Ача	2001	24,1	61,2	42,6	-37,1	50,4	0,97	0,74	-1,1	100,0	
ранг		7	7	7	4	5	7	4	6	5	63
Челябинский 99	2004	24,7	61,4	43,0	-36,7	43,3	0,87	0,81	2,5	139,0	
ранг		5	6	6	3	3	9	2	3	3	44
Абалак	2015	26,0	62,5	44,2	-36,5	42,8	0,89	0,82	3,0	143,5	
ранг		2	5	5	2	2	8	1	2	1	32
Деспина	2020	22,2	58,7	40,4	-36,5	58,4	1,00	0,66	-4,9	70,2	
ранг		10	8	10	2	8	5	6	8	10	82
Кудесник	2021	25,1	67,0	46,0	-41,9	47,1	1,01	0,78	4,8	142,1	
ранг		4	2	2	8	4	4	3	1	2	35
КВС Джесси	2022	24,4	65,2	44,8	-40,8	62,0	1,10	0,62	-0,5	84,4	
ранг		6	3	3	7	9	2	7	5	8	61
Орда	2022	26,6	57,8	42,2	-31,2	42,7	0,82	0,82	-1,1	118,2	
ранг		1	9	8	1	1	10	1	6	4	50
Дивный	2023	22,9	61,2	42,0	-38,3	51,2	0,98	0,74	-1,1	98,7	
ранг		9	7	9	6	6	6	4	6	6	70
Абба	–	25,6	63,8	44,7	-38,2	56,3	1,06	0,68	-1,3	89,1	
ранг		3	4	4	5	7	3	5	7	7	58
Норд 18/2613	–	23,4	72,4	47,9	-49,0	69,4	1,34	0,52	0,2	77,8	
ранг		8	1	1	9	10	1	8	4	9	63

Примечание. Y_2 – минимальная урожайность, ц/га; b_i – пластичность (коэффициент регрессии); Y_1 – максимальная урожайность, ц/га; St^2 – относительная стабильность; Y_1+Y_2 – средняя урожайность в контрастных условиях, ц/га; $E_{i..}$ – генотипический эффект; $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта, %; C_v – изменчивость урожайности, %;

* с учетом средней урожайности и реализации ее потенциала.

Как видно из показателей минимальной и максимальной урожайности, стрессоустойчивость снижалась по мере увеличения реагирования генотипа на смену величины лимфакторов в контрастных условиях возделывания, которая четко прослеживалась в период испытания.

Изменчивость урожайности значительная у всех сортов, что является следствием их низкой стрессоустойчивости. Коэффициенты вариации характеризовались величиной от 42,7 (Орда) до 69,4 % (Норд 18/2613). Изменчивость урожайности возрастала по мере повышения

ее потенциала, что подтверждают показатели сортов КВС Джесси, Абба и Норд 18/2613.

Согласно методу S.A. Eberhart, W.A. Russell [24], оценка экологической пластичности сортов базируется на основе расчета коэффициента линейной регрессии, величина которого характеризует их отзывчивость на изменение условий среды, что позволяет дифференцированно подходить к выбору сортов различной интенсивности при формировании сортовой структуры посевов в производстве исходя из характера природно-климатических условий и уровня агротехнологий хозяйств.

Оценка сортов ярового ячменя по экологической пластичности показала, что у пяти сортов из десяти, изученных в процессе исследования, коэффициент линейной регрессии b_i был равен или близок единице, что характеризует их как пластичные. Такими сортами были: Ача, Деспина, Кудесник, Дивный и Абба. Они адаптированы к разнообразным условиям, а изменение их урожайности полностью соответствует изменению условий выращивания (см. табл. 4). При благоприятных условиях среды, а также высоком уровне агрофона данные сорта формируют высокую урожайность, а в худших условиях возделывания и низких агрофонах – незначительно ее снижают.

Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов КВС Джесси ($b_i = 1,10$) и Норд 18/2613 ($b_i = 1,34$), которые характеризуются как интенсивные. Они могут быть наиболее эффективны при возделывании в благоприятных природно-климатических условиях, а также на высоком уровне агрофона. Вместе с тем наряду с высоким потенциалом урожайности у данных сортов отмечена низкая стрессоустойчивость и значительная изменчивость урожайности. Это указывает на снижение экологической устойчивости сортов по мере значительного повышения уровня их интенсивности, что согласуется с данными других исследований [20, 22]. Поэтому в селекционном процессе и сортоиспытании не следует стремиться к одностороннему отбору и внедрению в производство только интенсивных сортов, без учета уровня их адаптивности, так как такое направление ведет к нестабильности урожайности и валовых сборов зерна.

Сравнительно слабой отзывчивостью на изменение условий характеризовались сорта Орда ($b_i = 0,82$), Челябинский 99 ($b_i = 0,87$) и Абалак ($b_i = 0,89$), но наряду с этим они были лучшими по уровню стрессоустойчивости и вариабельности урожайности. Сорта с такими характеристиками наиболее эффективны при их возделывании в неблагоприятных условиях среды, а также сравнительно низкого агрофона, где они дадут максимум отдачи при минимуме затрат.

Наряду с отзывчивостью на изменение условий выращивания важным параметром их оценки является стабильность урожайно-

сти. Определение относительной стабильности сортов ярового ячменя согласно методике Н.А. Соболева [26] показало, что все они характеризовались низкой стабильностью урожайности, показатель которой был ниже единицы (см. табл. 4). Наибольшая стабильность выявлена у сортов Абалак и Орда (соответственно $St^2 = 0,82$). Величина данного показателя у остальных сортов была от $St^2 = 0,52$ (Норд 18/2613) до $St^2 = 0,81$ (Челябинский 99).

Оценку средней урожайности сортов, при их изучении в различных средах по сравнению с урожайностью всех сортов в опыте, проводят на основе определения величины генотипического эффекта. Лучшими по данному параметру считаются те сорта, средняя урожайность которых превышает среднюю урожайность по опыту. В наших исследованиях наибольшая величина генотипического эффекта выявлена у сортов Кудесник ($E_i = 4,8$), а наименьшая – у сорта Деспина ($E_i = -4,9$) (см. табл. 4). Вместе с тем необходимо отметить, что наиболее ценными сортами будут те, у которых высокий уровень генотипического эффекта сочетается с незначительной вариабельностью урожайности. Выделившиеся сорта по изученному параметру и, в частности, Кудесник с наибольшей его величиной, не соответствуют такому критерию ценности из-за значительной изменчивости урожайности.

Показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), предложенный Э.Д. Неттевичем с соавторами [28], позволяет дать комплексную оценку сортам как по урожайности, так и стабильности в сравнении со стандартом, или во временной динамике допуска их к использованию. Оценка сортов по данному показателю показала, что не все сорта во временной динамике допуска их к использованию превышали сорт Ача (допущен к использованию в 2001 г.). Наибольшая величина показателя уровня стабильности отмечена у сорта Абалак (ПУСС = 143,5 %), как следствие высокой средней урожайности и ее стабильности. Наиболее низким значением показателя уровня стабильности характеризовался сорт Деспина (ПУСС = 70,2 %), в первую очередь из-за недостаточно высокой средней урожайности, а также низкой стабильности (см. табл. 4).

Нами проведено ранжирование сортов ярового ячменя по величине показателей параметров урожайности и адаптивности, оценка которых получена на основе различных методических подходов, позволяющих выделить наиболее ценные сорта при их изучении в различных условиях среды. Проведение такого ранжирования показало, что в условиях зоны подтайги Тюменской области по результатам исследования за 2021–2023 гг. лучшими сортами ярового ячменя признаны Абалак (сумма рангов – 32) и Кудесник (сумма рангов – 35). У сорта Абалак такая оценка получена в первую очередь за счет высокой средней урожайности, низкой по сравнению с другими сортами ее изменчивости, а также высокой стрессоустойчивости и стабильности. У сорта Кудесник такая оценка сложилась за счет высокого потенциала урожайности, ее средней величины и величины в контрастных условиях, а также высокого значения показателя генотипического эффекта.

ВЫВОДЫ

1. В среднем за 2017–2022 гг. урожайность ярового ячменя в госсортоиспытании превысила урожайность в производстве на 15,0 ц/га.
2. Оригинаторами большинства допущенных к использованию сортов являются федеральные исследовательские центры Урала и Западной Сибири.
3. Наибольшая средняя урожайность за 2021–2023 гг. отмечена у сорта Кудесник –

44,8 ц/га, а средняя урожайность в контрастных условиях – у сорта Норд 18/2613 – 47,9 ц/га.

4. По величине реализации потенциала урожайности лучшим был сорт Челябинский 99 – 69,2 %.

5. Стрессоустойчивость низкая у всех сортов ярового ячменя и характеризовалась величиной от -31,2 (Орда) до -49,0 (Норд 18/2613), а изменчивость урожайности – значительная, коэффициент ее вариации был от 42,7 (Орда) до 69,4 % (Норд 18/2613).

6. Сильная отзывчивость на изменение условий выявлена у сортов КВС Джесси ($b_i = 1,10$) и Норд 18/2613 ($b_i = 1,34$), а наиболее низкая – у сортов Орда ($b_i = 0,82$), Челябинский 99 ($b_i = 0,87$) и Абалак ($b_i = 0,89$). Остальные сорта, с коэффициентом регрессии равным или близким единице, отнесены к пластичным.

7. Относительная стабильность урожайности низкая у всех сортов. Лучшими по данному показателю были сорта Абалак и Орда ($St^2 = 0,82$).

8. Наибольшая величина генотипического эффекта отмечена у сорта Кудесник ($E_i = 4,8$), а наибольший показатель уровня стабильности – у сорта Абалак ($ПУСС = 143,5$ %).

9. По сумме рангов величины показателей урожайности и адаптивности лучшими сортами ярового ячменя в условиях подтайги Тюменской области за 2021–2023 гг. признаны Абалак (сумма рангов – 32) и Кудесник (сумма рангов – 35).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Параметры адаптивности и гомеостатичности сортов ярового ячменя в условиях Оренбургской области* / А.А. Новикова, О.С. Гречишкина, А.А. Емельянова [и др.] // Земледелие. – 2022. – № 8. – С. 35–38.
2. *Экологическое испытание ячменя в северной лесостепи Челябинской области* / Д.А. Пырников, Л.А. Пуалаккайнан, Н.В. Глаз, Л.В. Уфимцева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – Т. 53, № 2 (291). – С. 48–54.
3. *Влияние удобрений и средств защиты растений на биометрические показатели и урожайность ячменя в лесостепи Красноярского края* / Н.А. Сурин, С.А. Герасимов, Н.Е. Ляхова [и др.] // Земледелие. – 2023. – № 4. – С. 26–38.
4. *Серебрянников Ю.И.* Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2 (55). – С. 50–58.
5. *Морозов Н.А., Самсонов И.В., Панкратова Н.А.* Оценка исходного материала ярового ячменя на адаптивность к засушливым условиям Ставропольского края // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 5 (77). – С. 29–34.

6. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур / И.Г. Гребенникова, А.Ф. Чешкова, П.И. Степочкин [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 100–108.
7. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2022. – Vol. 1045. – Article number 012077.
8. Адаптивность сортов ярового ячменя селекции ФАНЦ Северо-Востока / Т.К. Шешегова, И.Н. Щенникова, Л.М. Шеклеина, Е.В. Дягилева // Российская сельскохозяйственная наука. – 2022. – № 2. – С. 25–29.
9. Левакова О.В. Перспективы экологической селекции ярового ячменя в лесостепной агроэкологической зоне Центрального региона РФ // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38, № 1. – С. 23–27.
10. Мордвинцев М.П., Солдаткина Е.А. Создание и характеристика агроэкологических сред в селекции адаптивных сортов ячменя // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (92). – С. 59–64.
11. Юсова О.А., Николаев П.Н. Изменение урожайности и качества зерна ячменя ярового с повышением адаптивности сортов // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 2 (74). – С. 75–80.
12. Новохатин В.В., Шеломенцева Т.В., Драгавцев В.А. Новый комплексный подход к изучению динамики повышения адаптивности и гомеостатичности у сортов мягкой яровой пшеницы (на примере длительной истории селекции в Северном Зауралье) // Сельскохозяйственная биология. – 2022. – Т. 57, № 1. – С. 81–97.
13. Продуктивность и стрессоустойчивость сортов ярового ячменя омской селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири / П.Н. Николаев, О.А. Юсова, Н.И. Аниськов, И.В. Сафонова // Зерновое хозяйство России. – 2022. – № 2 (14). – С. 24–28.
14. Langridge P., Reynolds M. Breeding for drought and heat tolerance in wheat // Theoretical and Applied Genetics. – 2021. – Vol. 34, № 6. – P. 1753–1769.
15. Сравнение статистических методов оценки стабильности урожайности озимой пшеницы / А.Ф. Чешкова, П.И. Степочкин, А.Ф. Алейников [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 3. – С. 267–275.
16. Оценка экологической пластичности и стабильности перспективных сортов и линий озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании / Е.Г. Филиппов, А.А. Донцова, Д.П. Донцов, И.М. Засыпкина // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 4 (76). – С. 8–14.
17. Сапега В.А., Турсумбекова Г.Ш. Урожайность и адаптивность сортов яровой пшеницы различных групп спелости в условиях лесостепи Северного Зауралья // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 3 (64). – С. 67–75.
18. Максимов Р.А., Киселев Ю.А., Шадрин Е.А. Адаптивная реакция коллекционных сортообразцов ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) в условиях Среднего Урала // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 4. – С. 35–40.
19. Градобоева Л.Я., Бронина М.С. Сортовое районирование сельскохозяйственных культур и результаты сортоиспытания по Тюменской области за 2023 год. – Тюмень: Тюменский издательский дом, 2023. – 68 с.
20. Неттевич Э.Д. Потенциал урожайности рекомендованных для возделывания в центральном регионе РФ сортов яровой пшеницы и ячменя и его реализация в условиях производства // Доклады РАСХН. – 2001. – № 3. – С. 3–6.
21. Rossielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop. Sci. – 1981. – Vol. 21, № 6. – P. 27–29.
22. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 351 с.
24. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. Sci. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40.

25. Зыкин В.А., Мешков В.В., Санага В.А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации. – Новосибирск, 1984. – 24 с.
26. Соболев Н.А. Методика оценки экологической стабильности сортов и генотипов // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 100–106.
27. Литун П.П. Методические указания по экологическому сортоиспытанию зерновых культур. – Москва: ВАСХНИЛ, 1980. – 36 с.
28. Неттевич Э.Д., Моргунов А.И., Максименко М.И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность урожайности и качество зерна // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. – № 1. – С. 66–73.

REFERENCES

1. Novikova A.A., Grechishkina O.S., Yemel'yanova A.A., Pustovalova A.A., Zamerzlyak M.V., *Zemledeliye*, 2022, No. 8, pp. 35–38. (In Russ.)
2. Pyrsikov D.A., Pualakkaynan L.A., Glaz N.V., Ufimtseva L.V., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2023, Vol. 53, No. 2 (291), pp. 48–54. (In Russ.)
3. Surin N.A., Gerasimov S.A., Lyakhova N.E., Bobrovskiy A.V., Kryuchkov A.A., *Zemledeliye*, 2023, No. 4, pp. 26–38. (In Russ.)
4. Serebrennikov Yu.I., *Vestnik NGAU*, 2020, No. 2 (55), pp. 50–58. (In Russ.)
5. Morozov N.A., Samsonov I.V., Pankratova N.A., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2021, No. 5 (77), pp. 29–34. (In Russ.)
6. Grebennikova I.G., Cheshkova A.F., Steepochkin P.I., Aleynikov A.F., Chanyshev D.I., *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2020, Vol. 50, No. 2, pp. 100–108. (In Russ.)
7. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh. Interaction of genotype-environment, yield and adaptive potential of oat varieties in conditions of subtaiga of the Northern Trans-Urals, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2022, Vol. 1045, Article number 012077.
8. Sheshegova T.K., Shchennikova I.N., Shekleina L.M., Dyagileva Ye.V., *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*, 2022, No. 2, pp. 25–29. (In Russ.)
9. Levakova O.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2024, Vol. 38, No. 1, pp. 23–27. (In Russ.)
10. Mordvintsev M.P., Soldatkina Ye.A., *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, 2021, No. 6 (92), pp. 59–64. (In Russ.)
11. Yusova O.A., Nikolayev P.N., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2021, No. 2 (74), pp. 75–80. (In Russ.)
12. Novokhatin V.V., Shelomentseva T.V., Dragavtsev V.A., *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2022, Vol. 57, No. 1, pp. 81–97. (In Russ.)
13. Nikolayev P.N., Yusova O.A., Anis'kov N.I., Safonova I.V., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2022, No. 2 (14), pp. 24–28. (In Russ.)
14. Langridge P., Reynolds M., Breeding for drought and heat tolerance in wheat, *Theoretical and Applied Genetics*, 2021, Vol. 34, No. 6, pp. 1753–1769.
15. Cheshkova A.F., Steepochkin P.I., Aleynikov A.F., Grebennikova I.G., Ponomarenko V.I., *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii*, 2020, Vol. 24, No. 3, pp. 267–275. (In Russ.)
16. Filippov YE.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Zasyapkina I.M., *Zernovoye khozyaystvo Rossii*, 2021, No. 4 (76), pp. 8–14. (In Russ.)
17. Sapega V.A., Tursumbekova G.Sh., *Vestnik NGAU*, 2022, No. 3 (64), pp. 67–75. (In Russ.)
18. Maksimov R.A., Kiselev Yu.A., Shadrina Ye.A., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, Vol. 36, No. 4, pp. 35–40. (In Russ.)
19. Gradoboyeva L.YA., Bronina M.S., *Sortovoye rayonirovaniye sel'skokhozyaystvennykh kul'tur i rezul'taty sortoispytaniya po Tyumenskoy oblasti za 2023 god.* (Varietal zoning of crops and results of variety testing in the Tyumen region for 2023), Tyumen': Tyumenskij izdatel'skiy dom, 2023, 68 p. (In Russ.)
20. Nettevich E.D., *Doklady RASKHN*, 2001, No. 3 pp. 3–6. (In Russ.)
21. Rossielle A.A., Hamblin J., Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments, *Crop. Sci.*, 1981, Vol. 21, No. 6, pp. 27–29.
22. Goncharenko A.A., *Vestnik RASKHN*, 2005, No. 6, pp. 49–53. (In Russ.)

23. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* (Field experience methodology (with the basics of statistical processing of study results), Moscow: Al'yans, 2014, 351 p. (In Russ.)
24. Eberhart S.A., Russell W.A., Stability parameters for comparing varieties, *Crop. Sci.*, 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36–40.
25. Zykin V.A., Meshkov V.V., Sapega V.A., *Parametry ekologicheskoy plastichnosti sel'skokhozyaystvennykh rasteniy, ikh raschet i analiz. Metodicheskiye rekomendatsii* (Parameters of ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis. Guidelines), Novosibirsk, 1984, 24 p. (In Russ.)
26. Sobolev N.A., *Problemy otbora i otsenki selektsionnogo materiala*, Kiyev: Naukova dumka, 1980, pp. 100–106 (171 p.) (In Russ.)
27. Litun P.P., *Metodicheskiye ukazaniya po ekologicheskomu sortoispytaniyu zernovykh kul'tur* (Guidelines for Ecological Variety Testing of Grain Crops), Moscow: VASKHNIL, 1980, 36 p. (In Russ.)
28. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I., *Vestnik s.-kh. Nauki*, 1985, No. 1, pp. 66–73. (In Russ.)