

ОЦЕНКА СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Л.А. ЕРШОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID:0000-0001-8568-2837

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА» E-mail: niish1@mail.ru

Аннотация. Продуктивность сорта определяется его биологическими особенностями, условиями выращивания и уровнем устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. В данной статье приведены результаты исследований экологического испытания в 2019-2023 годах сортов ярового ячменя по статистическим параметрам экологической адаптивности. Объект исследований – 3 сорта местной селекции (Таловский 9, Осередь, Бирюч) и наиболее широко возделываемые в Воронежской области сорта разной степени засухоустойчивости. Наиболее высокий потенциал урожайности показали сорта местной селекции Осередь, Бирюч (3,88 и 3,94 т/га соответственно), превысившие в среднем стандарт на 11,4-13,3%. Высокой продуктивностью характеризовались также засухоустойчивый местный сорт старого поколения Таловский 9 и сорта Ейфель и Медикум 157. Высокой компенсаторной способностью обладали сорта Осередь, Бирюч и многорядный сорт Вакула, средней – Таловский 9, Осколец, Ейфель; высокой стрессоустойчивостью – Таловский 9 и Приазовский 9. Наиболее пластичны – Ейфель, Осередь, Бирюч. Высоко стабильны (по ПУСС) – Таловский 9, Осередь, Бирюч. По комплексу изученных показателей наиболее адаптивны к условиям юго-востока ЦЧЗ сорта местной селекции Осередь, Бирюч, Таловский 9 и сорт Ейфель.

Ключевые слова: яровой ячмень, урожайность, стрессоустойчивость, пластичность, адаптивность.

Для цитирования: Ершова Л.А. Оценка сортов ярового ячменя по продуктивности и адаптивности в условиях недостаточного увлажнения. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 3(55):94-99. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-94-99

EVALUATION OF SPRING BARLEY VARIETIES FOR PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY IN CONDITIONS OF INSUFFICIENT MOISTURE

L. A. Ershova

FSBSI V.V. DOKUCHAEV FEDERAL AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER

Abstract: The productivity of a variety is determined by its biological characteristics, growing conditions and the level of plant resistance to biotic and abiotic environmental factors. This article presents the results of studies of environmental testing in 2019-2023 of spring barley varieties for statistical parameters of environmental adaptability. The object of the study is 3 varieties of local selection (Talovsky 9, Osered, Biryuch) and the most widely cultivated varieties of varying degrees of drought resistance in the Voronezh region. The highest yield potential was shown by the varieties of local selection Osered, Biryuch (3.88 and 3.94 t / ha, respectively), exceeding the standard by an average of 11.4-13.3%. The drought-resistant local variety of the old generation Talovsky 9 and the varieties Eifel and Medikum 157 were also characterized by high productivity. The varieties Osered, Biryuch and the multi-row variety Vakula had a high compensatory capacity, while Talovsky 9, Oskolets, Eifel had an average one. Talovsky 9 and Priazovsky 9 had high stress resistance. The most plastic were Eifel, Osered, Biryuch. Talovsky 9, Osered, Biryuch were highly stable (according to PUSS). According to the complex of studied

Keywords: spring barley, yield, stress resistance, plasticity, adaptability.

Введение

Яровой ячмень является одной из наиболее широко возделываемых сельскохозяйственных культур, используемых в различных отраслях народного хозяйства. Его ареал распространения обусловлен комплексом ценных агрономических характеристик и высокой адаптивностью к разнообразным почвенно-климатическим условиям [1]. В связи со значительными колебаниями урожайности ячменя по годам одним из ключевых факторов повышения производства зерна и обеспечения его стабильности является внедрение сортов, адаптированных к конкретным условиям возделывания. Поэтому в современной селекции при создании сортов значительное внимание необходимо уделять их адаптивной способности, т.е. параметрам, обеспечивающим стабильную урожайность в различных условиях произрастания [2, 3].

Территория Воронежской области охватывает две природные зоны – лесостепную и степную. В свою очередь, внутри каждой зоны выделяются районы, отличающиеся своими климатическими условиями с неустойчивым или недостаточным увлажнением. Возделывание сортов с учетом их экологической приспособленности, позволит им максимально реализовать свой биологический потенциал [4].

Цель работы – дать сравнительную оценку сортов ярового ячменя, выведенных в Воронежском ФАНЦ им. В.В. Докучаева и наиболее распространенных по занимаемым площадям в области районированных сортов по различным параметрам экологической устойчивости, стабильности и адаптивной способности в условиях юго-востока ЦЧР.

Материалы и методы исследования

Работа выполнена на полях селекционного севооборота в 2019-2023 годах. Материалом для исследований служили включенные в Государственный реестр сорта ярового ячменя селекции Воронежского ФАНЦ Таловский 9 (2007), Осередь, Бирюч (2005, п.) и районированные по 5 региону сорта Вакула (2007, мн., зернофуражный, СГИ, Украина), Приазовский 9, Щедрый (2000, пш, 2011, з/ф, ФГБНУ «ФНЦ «Донской»), Медикум 157 (2014, ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»), Саншайн (2011, Германия, Saatucht Josef Breun GMBH), Травелер, Ейфель (2012, 2014, п., Франция, Secobra Recherches S.A.S), Осколец (2015, п., ЗАО «Краснояржская зерновая компания»). Посев в питомнике экологического сортоиспытания по предшественнику горох осуществляли сеялкой СУ-10. Площадь учетной делянки – 10 м² в трехкратной повторности. Норма высева составила 500 всхожих зерен на 1 м². В качестве стандарта высевался районированный сорт Приазовский 9. Все фенологические наблюдения, учеты и оценки в течение вегетационного периода проводились согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019) и Методическим указаниям по изучению коллекционных образцов (2012). Уборку проводили при достижении полной спелости зерна комбайном «Сампо-130». Для оценки условий увлажнения использовали гидротемический коэффициент (ГТК), который рассчитывали по методике Г.Т. Селянинова на основе данных агрометеостанции «Каменная Степь».

Годы проведения исследований существенно различались по температурному режиму и количеству осадков в период вегетации ячменя, что позволило дать объективную оценку адаптивности изучаемых сортов. Первая половина вегетации в 2019 году характеризовалась как сухая, вторая – как засушливая (ГТК = 0,57 и 0,84, индекс условий среды, рассчитанный по урожайности, I_j = - 6,57). В 2020 году оптимальные условия вегетации до колошения сменили аномально высокие температуры на фоне недостаточного количества осадков в период созревания зерна (ГТК = 1,41 и 0,73, I_j = -1,72). 2021 год характеризовался хорошей влагообеспеченностью до колошения (ГТК = 1,63). Сильные ливни и ураганные ветры в период налива зерна спровоцировали сильное полегание посевов, а период созревания отмечен очень жаркой и сухой погодой (ГТК = 0,74, I_j = 3,27). Вегетационный период ячменя

2022 года характеризуется как благоприятный (ГТК = 1,15 и 1,66, Ij = 5,96). В 2023 году посев проводился в избыточно увлажненную почву. Последующее быстрое нарастание температур на фоне недостаточного количества осадков определили условия вегетации как слабо засушливые (ГТК = 1,00 и 1,11, Ij = -0,93).

Статистическая обработка результатов и определение коэффициента вариации (Cv) проведены по методике полевого опыта [5]. Экологическую пластичность (bi) сортов рассчитывали по методике S. A. Eberhart, W. A. Russel (1966) в изложении В.А. Зыкина [6]. Уровень стрессоустойчивости сорта (Ymin – Ymax) и компенсаторной способности (Ymin + Ymax)/2 определяли по А. А. Гончаренко [7], размах урожайности (d) - по методу В.А. Зыкина [6], коэффициент адаптивности сорта по показателю «урожайность» – по методике Л.А. Животкова [8], индекс экологической пластичности (ИЭП) – по А.А. Грязнову [9], гомеостатичность (Ном) – по методике В.В. Хангильдина (1981), показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – по методике Э.Д. Неттевич (1985).

Результаты и их обсуждение

Средняя многолетняя урожайность ячменя за годы исследований составила 3,59 т/га. Наиболее благоприятные условия для формирования высокой урожайности сложились в 2022 году, средняя урожайность сортов составила 4,19 (3,61-4,92) т/га при индексе условий среды (Ij) +5,96. Контрастность погодных условий 2019-2023 гг. способствовала формированию различного уровня урожайности у изучаемых сортов, при этом урожайность сорта-стандарта Приазовский 9 находилась в пределах от 3,04 т/га в 2019 г. (Ij = -6,57) до 3,82 т/га в 2022 г. (Ij = +5,96). Критерием адаптивной ценности сорта принято считать уровень его средней урожайности в различных условиях среды. В среднем за 5 лет наиболее высокий потенциал урожайности формировали новые сорта местной селекции Осередь, Бирюч (3,88 и 3,94 т/га соответственно), превысившие стандарт на 11,4-13,3% и засухоустойчивые сорта старого поколения Таловский 9, Ейфель, Медикум 157 (табл. 1).

Таблица 1

Показатели урожайности, экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя (2019-2023 гг.)

Сорт	Средняя урожайность, т/га		Параметры стрессоустойчивости		Cv, %
	Lim.	$\bar{x}$	Ymin-Ymax	(Ymin+Ymax) / 2	
Вакула	2,69-4,92	3,66	-2,23	3,80	21,10
Щедрый	2,72-4,12	3,40	-1,40	3,42	14,51
Медикум 157	2,40-4,33	3,72	-1,93	3,36	23,46
Приазовский 9	3,04-3,82	3,48	-0,78	3,43	10,61
Травелер	1,83-3,82	2,93	-1,99	2,82	30,51
Саншайн	2,99-4,02	3,39	-1,03	3,50	12,26
Ейфель	2,94-4,57	3,86	-1,63	3,75	15,97
Осколец	2,98-4,27	3,55	-1,29	3,62	13,53
Таловский 9	3,25-3,93	3,68	-0,68	3,59	7,44
Осередь	3,04-4,58	3,88	-1,54	3,81	16,40
Бирюч	3,19-4,95	3,94	-1,76	4,07	17,62

В случае равной урожайности преимуществом должны обладать сорта с максимальной экологической приспособленностью. Наибольшую стабильность в контрастных погодных условиях с наименьшими значениями коэффициента вариации (Cv, %) показали сорта Таловский 9 (7,44%) и Приазовский 9 (10,61%). Высокой вариабельностью характеризовались сорта Вакула, Медикум 157 и Травелер. Остальные сорта имели средний (12,3-17,62%) коэффициент вариации.

Чем меньше величина показателя (Ymin-Ymax), тем выше стрессоустойчивость сорта и шире диапазон его приспособительных возможностей. Проведенные исследования показали, что более высокой способностью формировать стабильную продуктивность и повышенную устойчивость к стрессу в меняющихся условиях вегетации обладают местный сорт

Таловский 9 и сорт Приазовский 9. Сорта Осередь и Бирюч проявили средний уровень стрессоустойчивости. Многорядный сорт Вакула и сорта Медикум 157 и Травелер проявили наименьшую стрессоустойчивость. Показатель компенсаторной способности или генетической гибкости сорта $(Y_{min}+Y_{max})/2$ отражает среднюю урожайность в контрастных условиях, при которой, чем выше степень соответствия между сортом и различными факторами среды, тем выше этот показатель. По результатам исследований высокой компенсаторной способностью отличались сорта Осередь, Бирюч (3,81 и 4,07) и многорядный сорт Вакула (3,80); средней – Таловский 9, Осколец, Ейфель (3,6-3,75), остальные – низкой.

По индексу экологической пластичности (ИЭП) все изученные сорта распределились на три группы. Наиболее пластичными были сорта Бирюч, Осередь, Ейфель со средними за период исследований показателями ИЭП соответственно 1,1 и 1,08 (табл. 2). Так же заслуживают внимания сорта Таловский 9, Медикум 157 и Вакула со средними индексами пластичности (ИЭП=1,01-1,03). Наиболее низкий показатель ИЭП отмечен у сорта Травелер (табл. 2).

Таблица 2

Параметры экологической пластичности сортов ярового ячменя

Сорт	ИЭП	bi	Ном	КА	ПУСС	d
Вакула	1,01	1,43	7,48	101,6	83,0	45.3
Щедрый	0,95	0,97	16,66	94,9	104,3	34.0
Медикум 157	1,03	1,27	9,10	103,6	77,2	44.6
Приазовский 9	0,96	0,61	42,63	94,1	100,0	20.4
Травелер	0,81	1,63	5,01	80,7	36,7	52.1
Саншайн	0,95	0,80	26,02	95,0	122,9	25.6
Ейфель	1,08	0,79	15,25	108,4	122,0	35.7
Осколец	0,99	0,95	19,94	99,6	121,8	30.2
Таловский 9	1,03	0,31	74,47	103,9	237,6	17.3
Осередь	1,08	1,16	15,61	110,6	157,2	33.6
Бирюч	1,1	1,07	12,31	107,8	149,7	35.6

В качестве меры оценки отзывчивости генотипа на изменяющиеся условия широко используется коэффициент линейной регрессии (b_i). По величине коэффициента сорта Осередь и Бирюч характеризуются как пластичные. Эти сорта показали высокую отзывчивость на улучшение не только условий среды, но и уровня плодородия. Сорт Таловский 9 способен формировать высокий урожай и на экстенсивном фоне.

Важным показателем устойчивости растений к воздействию неблагоприятных условий среды является гомеостаз, характеризующий способность сорта сводить к минимуму последствия неблагоприятных внешних условий. Высокая величина показателя (Ном) связана со стабильностью урожая зерна, а низкая указывает на большую вариабельность урожая при одинаковых лимитирующих факторах внешней среды. Наиболее ценны те сорта, у которых $b_i > 1$ и высокая или средняя величина (Ном), такие сорта относятся к высокоинтенсивным, они отзывчивы на улучшения условий и характеризуются стабильной урожайностью. По совокупности этих показателей сорта Осередь и Бирюч характеризуются как полуинтенсивные. Сорта с высокими показателями b_i и низким (Ном) менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, в нашем опыте к таким относятся сорта Вакула, Медикум 157 и Травелер. Сорта, у которых $b_i < 1$ и высокий показатель Ном, слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности, к этой группе относятся сорта Таловский 9 и Приазовский 9. Засухоустойчивый сорт Ейфель с $b_i < 1$ формировал высокий, но менее стабильный по годам урожай.

Коэффициент адаптивности (КА), показывающий продуктивные возможности исследуемых сортов, варьировал от 80,7% до 110,6%. Самый высокий коэффициент адаптивности в среднем за 5 лет имели сорта Осередь, Бирюч и Ейфель. При этом у сорта

Осередь за весь период исследований его величина не снижалась менее 100% (100,0-116,2%), что указывает на его более высокую приспособленность к различным условиям вегетации. Продуктивность сорта Бирюч в засушливых условиях 2023 года была на 5,4% ниже среднесортной, тогда как у сорта Приазовский 9 она снизилась на 10,5%, а продуктивность сорта Эйфель в неблагоприятных условиях вегетации 2020 года составила только 86,0% от среднесортной. То есть, при равных средних значениях коэффициента КА, сорт Бирюч проявил более высокую адаптивность к условиям вегетации по годам. В целом за 5 лет более высокую адаптивность, чем широко распространенный стандартный сорт Приазовский 9, проявили сорта Таловский 9, Медикум 157 и Вакула.

Комплексным показателем гомеостатичности является показатель уровня стабильности сорта (ПУСС), учитывающий одновременно уровень и стабильность урожайности сорта по отношению к стандарту и характеризующий способность сорта отзываться на улучшение условий выращивания или поддерживать достаточно высокий уровень продуктивности при ухудшении условий. Чем выше показатель ПУСС, тем сорт лучше. Как наиболее стабильные и урожайные выделились сорта Осередь, Бирюч и Таловский 9.

Минимальный размах урожайности в исследуемой выборке показали сорта Таловский 9 и Приазовский 9. Размах урожайности (d) определяется отношением разницы между максимальной и минимальной урожайностью сорта к максимальной урожайности, выраженной в процентах, чем ниже этот показатель, тем стабильнее урожайность сорта в изменяющихся условиях окружающей среды. Сорта Осередь, Бирюч, Эйфель и Осколец характеризовались средними значениями показателя. Высокую стабильность показали сорта Таловский 9 и Приазовский 9, однако у них низкий показатель верхнего порога продуктивности. Наименьшей стабильностью за анализируемые пять лет характеризовались высоко засухоустойчивый сорт Медикум 157 и высоко интенсивный сорт Травелер.

Заключение

Таким образом, сравнительная характеристика сортов ярового ячменя по параметрам экологической стабильности и пластичности показала, что новые местные сорта Осередь и Бирюч не только характеризуются высокой продуктивностью, но и имеют преимущество среди изученных сортов по пластичности и экологической адаптивности к условиям нестабильного и недостаточного увлажнения. Высокой адаптацией к условиям вегетации отличается и сорт Таловский 9. Высокая засухоустойчивость этого сорта позволяет ему формировать стабильные и достаточно высокие урожаи при любых видах засух (в начальные фазы развития растений, в период налива и созревания зерна или всего периода вегетации). По степени приспособленности к климатическим условиям Воронежской области выделяется засухоустойчивый пивоваренный сорт французской селекции Эйфель. Однако степень его засухоустойчивости ниже, чем у местных сортов, что проявляется в меньшей стабильности урожайности. Высокой адаптацией к климатическим условиям области и стрессоустойчивостью характеризуется сорт Приазовский 9, что и позволило ему длительное время быть лидером по высеваемым площадям. Но в изученной группе сортов потенциал его продуктивности один из самых низких. Продуктивность многорядного сорта Вакула, пользующегося по экономическим причинам большим спросом у товаропроизводителей, в значительной степени зависит от условий вегетации. Менее всего приспособлены к климатическим условиям области высоко засухоустойчивый сорт Медикум 157 и высоко интенсивный сорт Травелер.

Литература

1. Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Засыпкина И.М. Оценка экологической пластичности и стабильности перспективных сортов и линий озимого ячменя в конкурсном сортоиспытании. // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 4(76). – С. 8-14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14
2. Муругова Г.А., Клыков А.Г. Оценка урожайности и качества зерна сортов ярового ячменя в условиях муссонного климата. // Зерновое хозяйство России. – 2024. – Т. 16. – № 4. – С. 17-23. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-17-23.

3. 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(78). – С. 29-34.
4. Рыбась И.А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур. // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т.51. – № 5. – С. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос. – 2014. – 336 с.
6. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Корнева С.П. Методики расчета экологической пластичности сельскохозяйственных растений по дисциплине «Экологическая генетика». Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, – 2008. – 37 с.
7. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.
8. Поползухин П.В., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А., Сафонова И. В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья. // Земледелие. – 2018. – № 3. – С. 40-44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309
9. Грязнов А. А. Селекция ячменя в Северном Казахстане. // Селекция и семеноводство. – 2000. – №4. – С. 2-8.

References

1. Filippov E.G., Dontsova A.A., Dontsov D.P., Zasyapkina I.M. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti perspektivnykh sortov i linii ozimogo yachmenya v konkursnom sortoispytanii [Estimation of environmental adaptability and stability of promising winter barley varieties and lines in the Competitive Variety Testing], *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2021. no. 4(76), pp. 8-14. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-76-4-8-14
2. Murugova G.A., Klykov A.G. Ocenka urozhajnosti i kachestva zerna sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh mussonnogo klimata [Assessment of yield and grain quality of spring barley varieties in monsoon climate], *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2024, v. 16, no. 4, pp. 17-23. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-17-23.
3. Morozov N.A., Samsonov I.V., Pankratova N.A. Otsenka iskhodnogo materiala yarovogo yachmenya na adaptivnost' k zasushlivym usloviyam Stavropol'skogo kraya [Estimation of the initial material of spring barley for adaptability to arid conditions of the Stavropol Territory], *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2021, no. 5(78), pp. 29-34. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2021-77-5-29-34>.
4. Rybas' I.A. Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur [Adaptability improvement in grain crop breeding], *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2016, v. 51, no. 5, pp. 617-626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
5. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial], 2014, Moscow, Kolos Publ., 336 p.
6. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Korneva S.P. Metodiki rascheta ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii po distsipline «Ekologicheskaya genetika» [Methods for calculating the ecological adaptability of agricultural plants in the discipline "Ecological Genetics"]. 2008, Omsk, FGOU VPO OmGAU Publ., 37 p.
7. Goncharenko, A.A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur [On adaptability and ecological stability of grain varieties], *Vestnik RASHN*, 2005, no. 6, pp. 49-53.
8. Popolzukhin P.V., Nikolaev P.N., Anis'kov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V. Otsenka produktivnosti i adaptivnykh svoistv sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh Sibirskogo Priirtysh'ya [Estimation of productivity and adaptive properties of spring barley varieties in the conditions of the Siberian Irtysh region], *Zemledelie*, 2018, no. 3, pp. 40-44. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10309.
9. Gryaznov A. A. Selekcziya yachmenya v Severnom Kazahstane [Breeding of barley in Northern Kazakhstan], *Selekcziya i semenovodstvo*, 2000, no.4, pp. 2-8.