

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯ ЮГА РОССИИ

Е. Г. Филиппов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

А. А. Донцова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

Р. Н. Брагин, агроном, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Повышение показателей стабильности урожайности во многом зависит от отзывчивости на благоприятные условия выращивания и устойчивости к стрессовым факторам. Перспективные сорта в процессе селекции должны обладать стабильной урожайностью, устойчивостью к неблагоприятным условиям среды, таким как зимостойкость и засухоустойчивость. В связи с этим важна целенаправленная селекция на адаптивность, т. е. устойчивость к стрессовым факторам. Целью данных исследований являлось изучение показателей адаптивности и стабильности сортов озимого ячменя. Оценку проводили на опытном поле ФГБНУ АНЦ «Донской», которое расположено в южной зоне Ростовской области. В течение трех лет изучали 28 сортов озимого ячменя отечественной и зарубежной селекции. Расположение делянок систематическое в двукратной повторности, учетная площадь – 10 м². Расчет экологической пластичности проводили по методике S. A. Eberchart, W. A. Rassel (1966) в редакции В. А. Зыкина и др. (2005) с использованием программы статистической обработки данных Statistica 10. Установлено, что наибольшей отзывчивостью ($bi > 1$) на улучшение условий выращивания обладали сорта Ерема ($bi = 1,60$), Фокс 1 ($bi = 1,64$), Скала ($bi = 1,61$), Explorer 8 ($bi = 1,81$) и Capten ($bi = 2,02$). Данные сорта обеспечивают максимальную отдачу при высоком уровне агротехники. На экстенсивном фоне лучше использовать сорта KWS-2-117 ($bi = 0,28$), KWS-2-234 ($bi = 0,48$). Наиболее стабильными из группы изучаемых зарубежных сортов были Wintwalt и Explorer 4 ($\sigma^2d = 0,04$). За годы исследований показал себя сорт Маруся (РФ), который при коэффициенте линейной регрессии $bi = 0,54$ имел наибольшую урожайность, что говорит о большой стабильности данного сорта.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare L.*, озимый ячмень, сорт, урожайность, адаптивность, пластичность, стабильность.



THE ESTIMATION OF ADAPTABILITY OF WINTER BARLEY VARIETIES IN THE SOUTH OF RUSSIA

E. G. Filippov, Candidate of Agricultural Sciences, docent, leading researcher, ORCID ID: 0000-0002-5916-3926;

A. A. Dontsova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, doncova601@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6570-4303;

R. N. Bragin, agronomist, ORCID ID: 0000-0002-4617-751X

FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy",

347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The improvement of yield stability largely depends on responsiveness to favorable growing conditions and resistance to stress factors. The promising varieties should have stable yields, resistance to unfavorable environmental conditions, such as winter resistance and drought tolerance. In this regard, a purposeful breeding for adaptability, i.e. resistance to stress factors is of great importance. The purpose of the research was to study the adaptability and stability of winter barley varieties. The estimation was carried out on the experimental field of the FSBSI ARC "Donskoy", which is located in the southern zone of the Rostov region. Through three years, 28 winter barley varieties of domestic and foreign breeding were studied. The location of the plots is systematic in double sequence; the area is 10 m². The calculation of ecological plasticity was carried out according to the method of S. A. Eberchart, W. A. Rassel (1966) (ed. by V. A. Zykina (2005)) using the statistical data processing program Statistica 10. It has been established that the most responsive varieties ($bi > 1$) to the improvement of growing conditions were 'Erema' ($bi = 1.60$), 'Foks 1' ($bi = 1.64$), 'Skala' ($bi = 1.61$), 'Explorer 8' ($bi = 1.81$) and 'Capten' ($bi = 2.02$). These varieties due to a high level of agricultural technology provide maximum yields. At an extensive background it is better to use the varieties 'KWS-2-117' ($bi = 0.28$), 'KWS – 2–234' ($bi = 0.48$). The most stable varieties of the studied foreign ones were the varieties 'Wintwalt' and 'Explorer 4' ($\sigma^2d = 0.04$). Through the years of study, the variety 'Marusya' (RF) had the highest yield with a linear regression coefficient $bi = 0.54$, which indicates great stability of this variety.

Keywords: *Hordeum vulgare L.*, winter barley, variety, productivity, adaptability, plasticity, stability.

Введение. Ячмень – один из самых распространенных и полезных злаков, известных человечеству, на долю которого приходится более 12% мирового производства. Основное внимание уделяется озимым сортам, поскольку они обладают большим потенциалом продуктивности в сравнении с яровыми. Их преимущество заключается в максимальном использовании почвенной влаги зимнего и весеннего периода (Филиппов и Донцова, 2014).

В современных условиях селекция ячменя, как и других злаковых культур, в первую очередь направлена на повышение урожайности. Однако односторонняя селекция на получение сортов с высо-

кой продуктивностью, обуславливает снижение их адаптивных свойств, что в свою очередь приводит к высокой урожайности. Поэтому в последние годы селекционеры большое внимание уделяют увеличению уровня адаптивности создаваемых сортов. Анализируя этот показатель, можно прогнозировать их реакцию на проявление неблагоприятных условий среды, что позволит производителю рациональнее использовать средства производства (Радченко и др., 2018; Рыбась и др., 2018).

В настоящее время селекция озимого ячменя направлена на получение экологически пластичных сортов со стабильно высокой урожайностью, зимо-

стойкостью, устойчивых к полеганию и болезням (Филиппов, 2018).

В связи с этим целью работы заключалась в проведении оценки сортов озимого ячменя по параметрам адаптивности, экологической пластичности и стабильности урожайности к изменениям условий среды в межстанционном сортоиспытании.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в южной зоне Ростовской области в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2016–2018 гг. В качестве объекта исследований использовали 28 сортов озимого ячменя из межстанционного сортоиспытания различного эколого-географического происхождения (РФ – 10 сортов, Германия – 18 сортов). Учетная площадь делянок – 10 м², повторность двукратная, норма высева – 450 всхожих зерен на 1 м², стандартный сорт – Тимофей (ФГБНУ «АНЦ «Донской», РФ).

Оценку и учетные наблюдения изучаемых сортов осуществляли по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989).

Математическую обработку результатов исследований проводили согласно методике Б. А. Доспехова (1985).

Оценка экологической пластичности и стабильности осуществлена по методике S. A. Eberchart, W. A. Rassel (1966) в редакции В. А. Зыкина (Зыкина и др., 2005).

За годы исследований наблюдались значительные отклонения от средних метеорологических многолетних данных, что позволило более подробно оценить адаптивность и выделить наилучшие сорта озимого ячменя. За 2015/2016 с.-х. год в зимний период наблюдались повышенное количество осадков (217 мм) и благоприятная среднемесячная температура воздуха. Условия 2016/2017 с.-х. год характеризовались недостаточным количеством влаги в осенний период и оптимальным в зимне-весенний период в сравнении со среднемноголетними данными. 2017/2018 с.-х. год выделился влажным зимним периодом (188 мм) и недостаточным количеством влаги в весенний период (65 мм) при повышенных среднемесячных температурах воздуха (рис. 1, 2).

Результаты и их обсуждение. В 2016 г. урожайность варьировала от 4,4 (Explorer 8, Германия) до 9,4 т/га (Маруся, РФ) при 7,0 т/га у стандартного сорта Тимофей (РФ). В 2017 г. в среднем минимальная урожайность была получена у сортов Explorer 6 и Explorer 7 (Германия) – 6,4 т/га, а максимальная – у сорта Фокс 1 (РФ) – 10,2 т/га при 9,2 т/га у стандарта. В 2018 г. минимальная урожайность зафиксирована у сорта KWS-2-117 (Германия) – 7,5 т/га, а максимальная – у сорта Маруся (РФ) – 10,5 т/га при 9,1 т/га у стандарта Тимофей. В таблице 1 представлены результаты оценки по урожайности и стабильности (bi) за 2016–2018 гг. исследований.

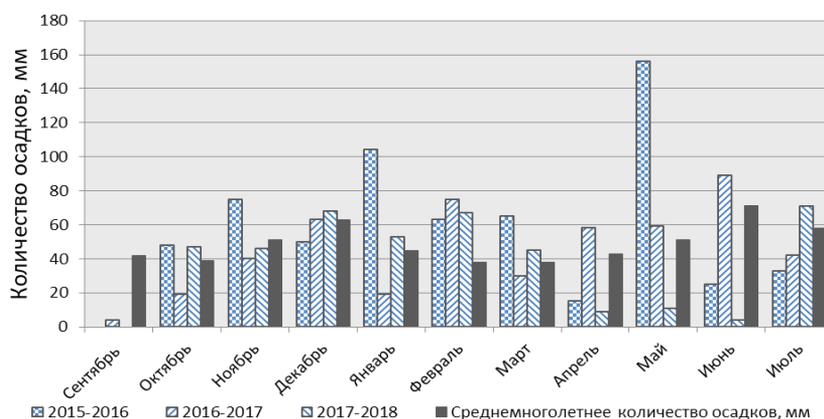


Рис. 1. Среднемесячное количество осадков, мм (метеостанция Зерноград) (за 2016–2018 с.-х. годы)

Fig. 1. Average monthly precipitation, mm (weather station Zernograd) (through 2016–2018)

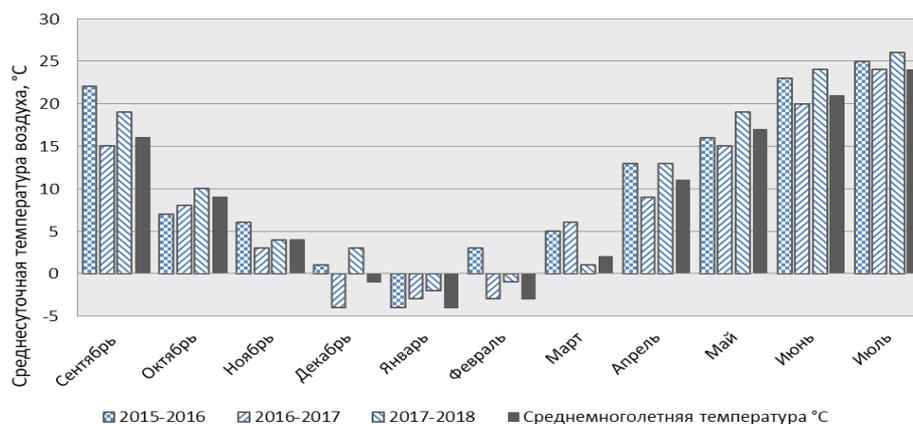


Рис. 2. Среднемесячная температура воздуха, °C (метеостанция Зерноград) (за 2016–2018 с.-х. годы)

Fig. 2. Average monthly air temperature, °C (weather station Zernograd) (through 2016–2018)

1. Урожайность сортов озимого ячменя и их экологическая пластичность (2016–2018 гг.)
1. Productivity of winter barley varieties and their ecological plasticity (2016–2018)

Сорт	Происхождение	Урожайность за годы исследований, т/га					bi
		2016	2017	2018	ΣY_i	Y_i	
Тимофей, ст.	РФ	7,0	9,2	9,1	25,3	8,4	0,91
Тигр	РФ	5,9	9,1	9,5	24,5	8,2	1,48
Фокс 1	РФ	5,6	10,2	9,6	25,3	8,4	1,64
Ерема	РФ	6,3	8,8	10,2	25,3	8,4	1,60
Артель	РФ	6,5	9,4	10,2	26,0	8,7	1,53
Виват	РФ	7,0	10,0	9,3	26,3	8,8	0,99
Маруся	РФ	9,4	10,1	10,5	30,0	10,0	0,54
Гордей	РФ	7,4	9,0	9,2	25,5	8,5	0,79
Достойный	РФ	6,5	8,6	9,7	24,8	8,3	1,33
Броинскайли	Франция	7,2	6,7	9,6	23,5	7,8	1,01
Wintwalt	Германия	6,1	7,6	9,3	23,0	7,7	1,32
Capten	Германия	5,2	8,9	10,2	24,3	8,1	2,02
Scala	Германия	6,3	10,1	10,2	26,6	8,9	1,61
Meredian	Германия	7,5	8,9	9,6	26,0	8,7	0,91
KWS-2-117	Германия	7,0	7,0	7,5	21,5	7,2	0,28
KWS-2-234	Германия	7,5	7,4	8,5	23,3	7,8	0,48
Casino	Германия	8,6	6,7	10,0	25,2	8,4	0,63
Hiscorey	Германия	7,2	8,0	10,3	25,5	8,5	1,29
Explorer 1	Германия	7,8	7,8	9,8	25,4	8,5	0,87
Explorer 2	Германия	7,9	6,8	9,2	23,9	8,0	0,59
Explorer 3	Германия	7,4	6,7	9,6	23,7	7,9	0,94
Explorer 4	Германия	7,2	8,1	8,9	24,2	8,1	0,75
Explorer 5	Германия	6,8	7,3	9,1	23,1	7,7	0,97
Explorer 6	Германия	6,6	6,4	9,7	22,6	7,5	1,28
Explorer 7	Германия	6,6	6,4	9,0	21,9	7,3	1,01
Explorer 8	Германия	4,4	7,3	8,9	20,5	6,8	1,81
Explorer 3/2	Германия	6,8	8,2	9,2	24,2	8,1	1,02
Explorer 4/2	Германия	6,3	7,1	9,0	22,4	7,5	1,13
ΣY_j		191,4	227,2	264,3	682,9	–	–
Y_j		6,8	8,1	9,4	–	8,1	–
I_j		-1,29	0,02	+1,31	–	–	–
$HCP_{0,5}$		0,63	0,63	0,48	–	–	–

Проведенный дисперсионный анализ показал, что основное влияние на формирование урожайности в годы проведения исследований (2016–2018 гг.) оказал фактор «год» – 95,9%, указывающий на сильное варьирование под воздействием условий внешней среды. Фактор «сорт» оказал незначительное влияние за данный период времени – 2,4%, а также их взаимодействие – 1,7%.

Индексы условий среды (I_j) показали, что наиболее благоприятные условия сложились в 2018 г. ($I_j = +1,31$), а неблагоприятные – в 2016 г. ($I_j = -1,29$). Коэффициент линейной регрессии (b_i) показывает на изменение урожайности сортов под воздействием условий выращивания. При $b_i > 1$ сорт обладает большей отзывчивостью на улучшение условий выращивания и рекомендуется для возделывания с высоким уровнем агротехники. В данном анализе выделились 11 отзывчивых сортов с коэффициентом линейной регрессии от 1,28 до 2,02. Наибольшей отзывчивостью обладают сорта Capten (Германия) $b_i = 2,02$; Explorer 8 (Германия) $b_i = 1,81$; Фокс 1 (РФ) $b_i = 1,64$; Scala (Германия) $b_i = 1,61$, Ерема (РФ) $b_i = 1,60$. При $b_i < 1$ сорта реагируют слабо на изменения условий выращивания,

что позволяет им формировать стабильную урожайность даже при неблагоприятных условиях возделывания. В процессе исследования были выделены 8 сортов со слабой отзывчивостью, с коэффициентом линейной регрессии от 0,28 до 0,87. Наиболее слабо отзывчивыми сортами стали KWS-2-117 (Германия) $b_i = 0,28$; KWS-2-234 (Германия) $b_i = 0,48$. За годы исследований показал себя сорт Маруся (РФ), который при коэффициенте линейной регрессии $b_i = 0,54$ имел наибольшую урожайность, что говорит о большой стабильности данного сорта. Остальные сорта имели коэффициент линейной регрессии в пределах от 0,91 до 1,13, что указывает на их пластичность. Данные сорта слабо реагировали на изменения условий выращивания. Среди пластичных сортов стоит выделить Виват (РФ), Броинскайли (Франция), Explorer 7 и Explorer 3/2 (Германия), коэффициенты линейной регрессии которых близки к 1.

На основании коэффициентов регрессии рассчитана теоретическая урожайность и отображена связь между условиями выращивания за годы исследований и урожайностью сортов, выраженная в коэффициенте стабильности (табл. 2).

2. Теоретическая урожайность сортов озимого ячменя и коэффициент стабильности
2. Theoretical productivity of winter barley varieties and coefficient of stability

Сорт	Теоретическая урожайность, т/га			Отклонение фактической урожайности от теоретической, т/га			Стабильность, σ^2d
	годы						
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	
Тимофей (ст.)	7,2	8,4	9,6	-0,2	0,8	-0,5	0,90
Тигр	6,3	8,2	10,1	-0,4	0,9	-0,6	1,32
Фокс 1	6,3	8,4	10,5	-0,7	1,8	-0,9	4,49
Ерема	6,3	8,4	10,5	0,0	0,4	-0,3	0,22
Артель	6,7	8,7	10,7	-0,2	0,7	-0,5	0,75
Виват	7,5	8,8	10,1	-0,5	1,2	-0,8	2,30
Маруся	9,3	10,0	10,7	0,1	0,1	-0,2	0,06
Гордей	7,5	8,5	9,5	-0,1	0,5	-0,3	0,35
Достойный	6,6	8,3	10,0	-0,1	0,3	-0,3	0,20
Броинскайли	6,5	7,8	9,1	0,7	-1,1	0,5	1,98
Wintwalt	6,0	7,7	9,4	0,1	-0,1	-0,1	0,04
Capten	5,5	8,1	10,7	-0,3	0,8	-0,5	0,96
Scala	6,8	8,9	11,0	-0,5	1,2	-0,8	2,29
Meredian	7,5	8,7	9,9	0,0	0,2	-0,3	0,12
KWS-2-117	6,8	7,2	7,6	0,2	-0,2	-0,1	0,07
KWS-2-234	7,2	7,8	8,4	0,3	-0,4	0,1	0,27
Casino	7,6	8,4	9,2	1,0	-1,7	0,8	4,56
Hiscorey	6,8	8,5	10,2	0,4	-0,5	0,1	0,42
Explorer 1	7,4	8,5	9,6	0,4	-0,7	0,2	0,72
Explorer 2	7,2	8,0	8,8	0,7	-1,2	0,4	2,09
Explorer 3	6,7	7,9	9,1	0,7	-1,2	0,5	2,21
Explorer 4	7,1	8,1	9,1	0,1	0,0	-0,2	0,04
Explorer 5	6,4	7,7	9,0	0,4	-0,4	0,1	0,32
Explorer 6	5,8	7,5	9,2	0,8	-1,1	0,5	2,11
Explorer 7	6,0	7,3	8,6	0,6	-0,9	0,4	1,35
Explorer 8	4,5	6,8	9,2	-0,1	0,5	-0,3	0,29
Explorer 3/2	6,8	8,1	9,4	0,0	0,1	-0,2	0,06
Explorer 4/2	6,0	7,5	9,0	0,3	-0,4	0,0	0,25

За 2018 г. с лучшим индексом условий выращивания наиболее высокие показатели теоретической урожайности (более 10 т/га) отмечены у 9 сортов: это Тигр, Фокс 1, Ерема, Артель, Виват, Маруся, Достойный (РФ), Capten, Scala, Hiscorey (Германия). При неблагоприятных условиях выращивания теоретическую урожайность снизили более чем на 0,7 т/га по сравнению с фактической сорта Броинскайли, Casino, Explorer 2, Explorer 3, Explorer 6 (Германия).

Коэффициенты стабильности у изучаемых сортов варьировали от 0,04 до 4,56. Наиболее стабильными являлись сорта Explorer 4 ($\sigma^2d = 0,04$), Wintwalt ($\sigma^2d = 0,04$), Маруся ($\sigma^2d = 0,06$), Explorer 3/2 ($\sigma^2d = 0,06$)

и KWS-2-117 ($\sigma^2d = 0,07$). Самыми нестабильными оказались сорта Фокс 1 ($\sigma^2d = 4,49$) и Casino ($\sigma^2d = 4,56$).

Выводы. Проведенная оценка экологической пластичности позволила распределить сорта по уровням адаптивности к изменяющимся условиям внешней среды. Высокая урожайность и отзывчивость на благоприятный агрофон отмечена у сортов Фокс 1, Ерема, Артель и Scala. Менее отзывчивым, но самым урожайным являлся сорт Маруся. Наиболее пластичными высокоурожайными сортами оказались Виват, Тимофей и Meredian. Самыми стабильными за годы исследований стали сорта Маруся, Explorer 4, Explorer 3/2.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.
2. Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
3. Радченко Л. А., Ганоцкая Т. Л., Радченко А. Ф. Оценка адаптивных свойств озимой ржи при возделывании в условиях Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1 (13). С. 74–79.
4. Рыбась И. А., Марченко Д. М., Некрасов Е. И и др. Оценка параметров адаптивности сортов озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 51–54.
5. Филиппов Е. Г., Донцова А. А. Селекция озимого ячменя. Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2014. 208 с.

6. Филиппов Е. Г., Донцова А. А., Донцов Д. П., Витковская А.С. Экологическое изучение сортов озимого ячменя в ФГБНУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2018. № 4(58). С. 24–32.

References

1. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 1985. 351 s.
2. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S. Metodika rascheta i ocenki parametrov ekolo-gicheskoy plastichnosti sel'skohozyajstvennyh rastenij [The method of calculation and evaluation of parameters of ecological plasticity of agricultural plants]. Ufa: BashGAU, 2005. 100 s.
3. Radchenko L. A., Ganockaya T. L., Radchenko A. F. Ocenka adaptivnyh svoystv ozimoy rzhi pri vzdelyvanii v usloviyah Kryma [Estimation of the adaptive properties of winter rye when cultivated in the conditions of the Crimea] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 1(13). S. 74–79.
4. Rybas' I. A., Marchenko D. M., Nekrasov E. I. i dr. Ocenka parametrov adaptivnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy [Assessment of the parameters of winter wheat adaptability] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 51–54.
5. Filippov E. G., Dontsova A. A. Selekcija ozimogo yachmenya [Winter barley breeding]. Rostov n/D.: ZAO "Kniga", 2014. 208 s.
6. Filippov E.G., Dontsova A. A., Dontsov D. P., Vitkovskaya A.S. Ekologicheskoe izuche-nie sortov ozimogo yachmenya v FGBNU "ANC "Donskoj" [Ecological study of winter barley varieties at the FSBSI "ARC "Donskoy"] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 4(58). S. 24–32.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.