

ОЦЕНКА АДАПТИВНОЙ СПОСОБНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ И ПОДБОР РОДИТЕЛЬСКИХ ПАР ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

А. А. Андреев, заведующий отделом селекции зерновых культур, ORCID ID: 0000-0003-2529-831X;

М. К. Драчева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции зерновых культур, ORCID ID: 0000-0001-7542-5730

Тамбовский НИИСХ – филиал ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина»,

393502, Тамбовская обл., Ржаксинский р-н, пос. Жемчужный, ул. Зеленая, 10; e-mail: drasheva_m@mail.ru

Цель настоящей работы – определить экологическую пластичность, стабильность, устойчивость к стрессу, приспособленность к различным погодным и хозяйственным условиям, выделить сорта-источники по изучаемому признаку для дальнейшего использования в селекции ярового ячменя. Материалом исследований служили сорта ярового ячменя. Опыты проводили в северо-восточной части ЦЧР в течение пяти лет в различных погодных условиях. Индекс условий среды за годы изучения сортов изменялся от 16,3 до 19,0. Благоприятным для развития растений сложился 2015 г. ($I = +19,0$), а самым неблагоприятным был 2016-й, индекс условий составил -16,3. Урожайность сортов ячменя варьировала в широких пределах – от 3,55 до 6,14 т/га в благоприятные годы и от 0,98 до 1,51 т/га в засушливые. В среднем за пять лет испытаний высокие показатели урожайности отмечены у сортов Медикум 110 (Россия) – 3,64 т/га, Медикум 336 (Россия) – 3,39 т/га, Велес (Россия) – 3,34 т/га, Донецкий 9 (Украина) – 3,22 т/га, Феникс (Украина) – 3,31 т/га. На основе данных урожайности были рассчитаны основные статистические параметры, характеризующие адаптивный потенциал сортов, и распределены на классы по селекционно-ценным признакам. На основе полученных данных были выделены образцы-источники, которые в зависимости от направления селекции представляют практический интерес. Установлено, что экологически пластичными сортами являются Медикум 336, (Россия), Union (Германия); генетически гибкими Медикум 110 (Россия), Велес (Россия); стабильным сортом Clara (Швеция). Особое внимание следует обратить на сорта, которые являются источниками двух и более адаптивных признаков. Это Медикум 110 (Россия), Clara (Швеция). Селекционеры, используя полученные результаты, смогут постоянно улучшать свою продукцию, приближая ее к совершенству, так как в снижении риска и смягчении последствий чрезвычайных погодных ситуаций для экономики сельскохозяйственных товаропроизводителей решающая роль принадлежит адаптивным сортам культуры выращиваемых сортов.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, пластичность, урожайность, стабильность, генетическая гибкость.



THE ESTIMATION OF ADAPTABILITY OF SPRING BARLEY VARIETIES AND THE SELECTION OF PARENTAL FORMS FOR A BREEDING PROCESS

A. A. ANDREEV, head of the department for grain crop breeding, ORCID ID: 0000-0003-2529-831X;

M. K. Dracheva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department for grain crop breeding, ORCID ID: 0000-0001-7542-5730

Tambov RIA, branch of the FSBSI "FRC named after I. V. Michurin",

393502, Tambov region, Rzhaksinsky district, v. of Zhemchuzhny, Str. Zelenaya, 10; E-mail: drasheva_m@mail.ru

The purpose of this work is to determine ecological plasticity, stability, stress resistance, adaptability to various weather and economic conditions, to identify source varieties according to the studied characteristic for further use in spring barley breeding. The research material were spring barley varieties. The experiments were carried out in the northeastern part of the Central Blackearth (Chernozem) Region through five years, in various weather conditions. The index of environmental conditions over the years of the study varied from 16.3 to 19.0. The year of 2015 was a favorable year for the development of plants ($I = +19.0$), and the most unfavorable year was 2016, the index of conditions was minus 16.3. The productivity of barley varieties greatly varied from 3.55 to 6.14 t/ha in favorable years and from 0.98 to 1.51 t/ha in dry years. On average, over five years of testing, high yields were harvested from the varieties 'Medikum 110' (Russia) 3.64 t/ha, 'Medikum 336' (Russia) 3.39 t/ha, 'Veles' (Russia) 3.34 t/ha, 'Donetsk 9' (Ukraine) 3.22 t/ha, 'Feniks' (Ukraine) 3.31 t/ha. According to the yield data there were calculated the main statistical parameters that characterize the adaptive potential of the varieties and they were divided into classes according to breeding valuable traits. Based on the obtained data there were identified the samples which are of practical interest due to the breeding purpose. It has been established that the varieties 'Medikum 336' (Russia), 'Union' (Germany) are environmentally adaptable; the varieties 'Medikum 110' (Russia), 'Veles' (Russia) are genetically flexible; the variety 'Clara' (Sweden) is stable. Particular attention should be paid to the varieties 'Medikum 110' (Russia), 'Clara' (Sweden) that are sources of two or more adaptive traits. The farmers using the obtained results, will be able to constantly improve their products, bringing them closer to perfection, since the adaptive properties of the cultivated varieties play a decisive role in reducing the risk and mitigating the consequences of extreme weather situations for the economy of agricultural producers.

Keywords: spring barley, variety, plasticity, productivity, stability, genetic flexibility.

Введение. Подбор родительских форм для гибридизации является одним из важнейших вопросов в селекции. Именно от него во многом зависит успех в дальнейшей работе по созданию новых сортов. Создание новых сортов, соответствующих необходимым параметрам, и эффективность селекционного процесса во многом зависят от разнообразия и изученности исходного материала (Жученко, 2000; Неттевич, 2008). В последнее время селекционеры уделяют особое внимание адаптивной селекции сортов. Под адаптивной селекцией понимается совокупность методов,

обеспечивающих получение сортов и гибридов с максимальной и устойчивой продуктивностью в экологических условиях региона, для которого ведется отбор (Кильчевский и Хотылева, 1997). Сорта ярового ячменя существенно различаются по норме реакции на изменение условий среды. Это свойство рассматривается как взаимодействие «генотип × среда (ВГС)» с помощью коэффициента регрессии признака, индекса среды и дисперсии отклонения от линии регрессии.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на базе ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Ми-

чурина», расположенного в южной части Тамбовской области. Исходным материалом для анализа в полевых опытах послужили сорта ярового ячменя разного эколого-географического происхождения. Изучение проводили в течение пяти лет, которые различались по погодным условиям.

Почва опытного участка, на котором заложены опыты, характеризовалась следующими показателями: содержание в пахотном слое (0–30 см) подвижного фосфора – 22,0, обменного калия – 10,9 мг на 100 г почвы, реакция почвенного раствора ($pH_{\text{сол}}$) – 5,5 ммоль в 100 г почвы, гидролитическая кислотность – 3,9, сумма поглощенных оснований – 57,2. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – четырехкратная. Посев проводили сеялкой СФК, норма высева – 5 млн всхожих семян на 1 га. Агротехника выращивания культуры обычная, принятая в Тамбовской области.

Индекс условий среды (I), пластичность (b_1) и стабильность (b^2) определяли по математической модели S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966); устойчивость сортов к стрессу ($Y_2 - Y_1$) и генетическую гибкость – по уравнениям A. A. Rossielle, J. Hamblin в изложении

А. А. Гончаренко (2005); гомеостаз – по В. В. Хингильдину (1986); распределение сортов на группы и определение сортов-источников – по А. Ф. Мережке (1994), Г. Ф. Лакину (1980), Б. А. Доспехову (1979).

Результаты и их обсуждение. Метеорологические условия в годы изучения сортов ярового ячменя характеризовались различными погодными условиями. Это позволило дать объективную оценку изучаемым сортам, исходя из сложившихся внешних условий среды. Индекс условий среды за годы изучения сортов изменялся от -16,3 до 19,0. Согласно индексу условий среды наиболее благоприятным для развития растений сложился 2015 г. ($I = +19,0$), а самым неблагоприятным был 2016 г., индекс условий составил минус 16,3.

Урожайность сортов ячменя варьировала в широких пределах от 3,55 до 6,14 т/га в благоприятные годы и от 0,98 до 1,51 т/га – в засушливые (табл. 1). В среднем за пять лет испытаний высокие показатели урожайности отмечены у сортов Медикум 110 (Россия) – 3,64 т/га, Медикум 336 (Россия) – 3,39 т/га, Велес (Россия) – 3,34 т/га, Донецкий 9 (Украина) – 3,22 т/га, Феникс (Украина) – 3,31 т/га.

**1. Урожайность зерна сортов ярового ячменя
различного эколого-географического происхождения (2014–2018 гг.)
1. Productivity of spring barley varieties
with various ecological and geographical origin (2014–2018)**

Сорт	Происхождение	Урожайность, т/га		
		средняя за 5 лет	Y_2 (min)	Y_1 (max)
Велес	Россия	3,34	1,44	6,07
Медикум 110	Россия	3,64	1,51	6,14
Медикум 336	Россия	3,39	1,27	5,67
Оренбургский 35	Россия	3,16	1,49	5,80
Первоцелинник	Россия	3,02	1,43	5,36
Донецкий 9	Украина	3,22	1,20	5,74
Феникс	Украина	3,31	1,07	5,53
Местный	Эфиопия	2,56	1,30	4,38
Union	Германия	3,07	1,21	5,83
Impala	Нидерланды	3,00	1,05	5,33
Freja C.I. 71130	США	2,69	1,48	4,50
Clara	Швеция	2,34	1,24	3,55
Roosi	Эстония	2,98	0,99	5,93
НСР 0,5			0,31	0,41

На основе данных урожайности были рассчитаны основные статистические параметры, характеризующие адаптивный потенциал сортов. Это устойчивость к стрессу, пластичность, генетическая гибкость, стабильность, гомеостаз, которые представлены в таблице 2. Одним из основных показателей устойчивости сортов к стрессовым условиям является разность урожайности в неблагоприятный и благоприятный год. Разность $Y_2 - Y_1$ имеет отрицательный знак и отражает уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания. Чем меньше разрыв между максимальной и минимальной урожайностями, тем выше стрессоустойчивость сорта и тем шире диапазон его приспособительных возможностей.

В результате исследований выделены три сорта, которые показали высокую стрессоустойчивость: Местный (Эфиопия) – 3,08 т/га, Freja C.I. 71130 (США) – 3,02 т/га, Clara (Швеция) – 2,31 т/га. Также они имели высокую стабильность (b^2) – соответственно 12,8; 9,4;

6,6, но коэффициент регрессии (b_1) был меньше единицы, что позволяет отнести их к сортам с низкой экологической пластичностью. Такие сорта слабо отзываются на изменение факторов среды, и в условиях интенсивного земледелия не могут достигнуть высоких результатов продуктивности. Однако при неблагоприятных факторах среды в меньшей степени снижают показатель урожайности в сравнении с сортами интенсивного типа.

Установить реакцию сорта на условия выращивания можно, рассчитав генетическую гибкость. Этот показатель характеризуется средней урожайностью сорта в контрастных (стрессовых и нестрессовых) условиях. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды (климатическими, эдафическими, биотическими и др.), тем выше этот показатель. Высокая генетическая гибкость отмечена у сортов, т/га: Медикум 110 (Россия) – 3,82; Велес (Россия) – 3,75; Оренбургский 35 (Россия) – 3,64; Union (Германия) – 3,52 т/га.

2. Характеристика адаптивного потенциала сортов ярового ячменя по признаку урожайности (2014–2018 гг.)
2. Characteristics of spring barley adaptability according to the trait 'productivity' (2014–2018)

Сорт	Происхождение	$Y_2 - Y_1$	$\frac{Y_1 + Y_2}{2}$	b_1	b^2	Hom
Велес	Россия	-4,63	3,75	1,11	37,8	0,85
Медикум 110	Россия	-4,63	3,82	1,12	49,1	0,75
Медикум 336	Россия	-4,40	3,47	1,18	12,5	2,51
Оренбургский 35	Россия	-4,31	3,64	1,10	24,7	1,18
Первоцелинник	Россия	-3,93	3,39	0,88	58,1	0,57
Донецкий 9	Украина	-4,54	3,47	0,94	61,8	0,59
Феникс	Украина	-4,46	3,30	1,09	39,4	0,83
Местный	Эфиопия	-3,08	2,84	0,80	12,8	2,06
Union	Германия	-4,62	3,52	1,25	16,8	1,41
Impala	Нидерланды	-4,28	3,19	1,10	9,8	2,71
Freja C.I.71130	США	-3,02	2,99	0,80	9,4	3,02
Clara	Швеция	-2,31	2,39	0,53	6,6	5,12
Roosi	Эстония	-4,95	3,45	1,04	110,4	0,23

Гомеостаз – это способность генотипа сводить к минимуму последствия неблагоприятных воздействий внешней среды в процессе накопления запасных веществ в семенах и биомассе в целом. Если проанализировать данные сорта по гомеостазу, то гомеостатичными сортами являются: Clara (Швеция) Hom = 5,12; Freja C.I.71130 (США) Hom = 3,02; Impala (Нидерланды) Hom = 2,71; Медикум 336 (Россия) Hom = 2,51; Местный (Эфиопия) Hom = 2,06.

Таким образом, при изучении сортообразцов в течение ряда лет получены характеристики сортов по адаптивным признакам. С помощью метода теоретических распределений изучаемые генотипы были распределены на три класса по селекционно-ценным

признакам (табл. 3). В зависимости от направления селекции наибольший интерес представляют образцы, попавшие в крайние классы распределения (Мережко, 1994). Генотипы, выделенные в первую группу, являются сортами – источниками по изучаемому признаку. При подборе родительских пар для скрещивания особое внимание следует обратить на сорта, которые являются источниками двух и более адаптивных признаков. Эти сорта можно использовать в селекционном процессе в качестве материнской формы в условиях ЦЧР наравне с сортами местной селекции, что позволит сочетать в новых генотипах высокую потенциальную урожайность с устойчивостью к абиотическим стрессам.

3. Распределение адаптивного потенциала сортов ярового ячменя в группы, различающихся по селекционной ценности
3. Distribution of spring barley adaptability among the groups with various breeding value

Адаптивные признаки	Сорта-источники по изучаемому признаку	Средние показатели признака	Низкие показатели признака
Урожайность	Медикум 110 (Россия)	Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Местный (Эфиопия), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I.71130 (США), Clara (Швеция), Roosi (Эстония)	Местный (Эфиопия), Freja C.I.71130 (США), Clara (Швеция)
Устойчивость к стрессу	Местный (Эфиопия), Freja C.I. 71130 (США), Clara (Швеция)	Медикум 110 (Россия), Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Union (Германия), Impala (Нидерланды),	Roosi (Эстония)
Пластичность	Медикум 336 (Россия), Union (Германия)	Медикум 110 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Impala (Нидерланды), Roosi (Эстония)	Местный (Эфиопия), Freja C.I.71130 (США), Clara (Швеция)
Генетическая гибкость	Медикум 110 (Россия), Велес (Россия)	Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I.71130 (США), Roosi (Эстония)	Местный (Эфиопия), Clara (Швеция)
Стабильность	Clara (Швеция)	Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Феникс (Украина), Местный (Эфиопия), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I.71130 (США)	Медикум 110 (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Roosi (Эстония)
Гомеостаз	Clara (Швеция)	Медикум 110 (Россия), Медикум 336 (Россия), Оренбургский 35 (Россия), Велес (Россия), Первоцелинник (Россия), Донецкий 9 (Украина), Феникс (Украина), Местный (Эфиопия), Union (Германия), Impala (Нидерланды), Freja C.I. 71130 (США)	Roosi (Эстония)

Выводы. Данная работа позволила провести оценку сортов ярового ячменя по уровню устойчивости к экстремальным погодным условиям и выделить высокоурожайные сорта в условиях северо-восточной части ЦЧР. На основе полевых исследований и математических расчетов установлено, что экологически пластичными сортами являются Медикум 336, (Рос-

сия), Union (Германия); генетически гибкими Медикум 110 (Россия), Велес (Россия); стабильным сортом Clara (Швеция). По комплексу параметров адаптивности выделились сорта, которые являются источниками двух и более адаптивных признаков, это Медикум 110 (Россия), Clara (Швеция), которые в зависимости от направления селекции представляют практический интерес.

Библиографические ссылки

1. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 415 с.
3. Жученко А. А. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекционных растений // Сельскохозяйственная биология. 2000. № 3. С. 3–29.
4. Кильчевский А. В., Хотылева А. В. Экологическая селекция растений. Минск: Тэхналогія, 1997. 372 с.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1980. 291 с.
6. Мережко А. Ф. Проблема доноров в селекции растений. С.-Пб., 1994. 125 с.
7. Неттевич Э. Д. Избранные труды. Селекция и семеноводство яровых культур. М., Немчиновка: НИИСХ ЦРНЗ, 2008. 348 с.
8. Хангельдин В. В. Параметры оценки гомеостатичности сортов и селекционных линий в испытаниях колосовых культур // Научный технический бюллетень ВСГИ. 1986. № 2/60. С. 36–41.
9. Eberhart S. A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varietees // Crop Sci. 1966. № 6. С. 7–12.

References

1. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustojchivosti sortov zernovykh kul'tur [On adaptability and environmental sustainability of grain crop varieties] // Vestnik RASKHN. 2005. № 6. S. 49–53.
2. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Kolos, 1979. 415 s.
3. Zhuchenko A. A. Ekologo-geneticheskie osnovy adaptivnoj sistemy selekcionnykh rastenij [Ecological and genetic basis of the adaptive system of plants] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2000. № 3. S. 3–29.
4. Kil'chevskij A. V., Hotyleva A. V. Ekologicheskaya selekciya rastenij [Ecological plant breeding]. Minsk: Tekhnologiya, 1997. 372 s.
5. Lakin G. F. Biometriya [Biometrics]. M.: Vysshaya shkola, 1980. 291 s.
6. Merezko A. F. Problema donorov v selekcii rastenij [The problem of donors in plant breeding]. S.-Pb., 1994. 125 s.
7. Nettevich E. D. Izbrannye trudy. Selekcija i semenovodstvo yarovykh kul'tur [Selected Works. Breeding and seed production of spring grain crops]. M., Nemchinovka: NIISKH CRNZ, 2008. 348 s.
8. Hangel'din V. V. Parametry ocenki gomeostatichnosti sortov i selekcionnykh li-nij v ispytaniyah kolosovykh kul'tur [Assessing parameters of the homeostasis in varieties and breeding lines during grain crop testing] // Nauchnyj tekhnicheskij byulleten'. VSGI. 1986. № 2/60. S. 36–41.
9. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varietees // Crop Sci. 1966. № 6. S. 7–12.

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.