

ОЦЕНКА АДАПТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

А. Я. МАРУХНЯК

*Институт сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины,
с. Оброшьно, Пустомытовский р-н, Львовская обл., Украина, e-mail: anmarukhnyak@gmail.com*

(Поступила в редакцию 24.01.2018)

Определение адаптивных особенностей сортов зерновых культур является необходимым условием повышения и стабилизации их продуктивного потенциала в постоянно изменяющихся условиях окружающей среды. Целью наших исследований было определение параметров адаптивных свойств сортов ярового ячменя, созданных в различных почвенно-климатических зонах, по признаку урожайности, а также выделение генотипов, сочетающих высокую продуктивность с параметрами экологическую адаптивности. В среднем за 2015–2017 гг. наибольшую урожайность зерна обеспечили сорта ярового ячменя Имидж (4,74 т/га), Талисман (4,71 т/га) и Командор (4,69 т/га). Для селекционной работы практическую ценность имеют сорта с высокой общей адаптивной способностью, которая характеризует генотипы по способности обеспечивать максимальный уровень проявления признака. Наивысшие эффекты общей адаптивной способности по урожайности зерна имели сорта Талисман (0,77), Святогор (0,20) и Всесвіт (0,18). Большую стабильность признака урожайности показали сорта Имидж, Воевода, Гелиос, которые также выделялись лучшей селекционной ценностью. При оценке параметров экологической пластичности и стабильности каждого сорта согласно методики S. A. Eberhart, W. A. Russel к сортам интенсивного типа с увеличенной реакцией на улучшение условий выращивания отнесены сорта Талисман, Имидж, Командор, Гося. Наибольшую стабильность признака проявили сорта Вакула, Актюал и Командор с различными уровнями экологической пластичности. Расчет рейтинга адаптивности сорта, который включает показатели продуктивности и адаптивности, на первые места поставил сорта Имидж, Всесвіт и Гелиос. Лучшие результаты эффекта генотипа показали сорта Имидж, Талисман, Командор, устойчивости к стрессу – Виразж, Талисман, Воевода и генетической гибкости – Имидж, Гося, Командор.

Ключевые слова: ячмень, сорт, урожайность, стабильность, пластичность, адаптивность.

Determination of adaptive features of cereal crop varieties is a necessary condition for increasing and stabilizing their productive potential in permanently changing environmental conditions. The purpose of our research was to determine the parameters of adaptive properties of spring barley varieties created in different soil and climatic zones, on the basis of yield, and also to identify genotypes that combine high productivity with environmental adaptivity parameters. Average for 2015–2017, the highest grain yield was provided by varieties of spring barley Image (4.74 t / ha), Talisman (4.71 t / ha) and Komandor (4.69 t / ha). For breeding, varieties with a high general adaptive capacity, which characterizes genotypes by their ability to provide the maximum level of manifestation of a trait, are of practical value. The highest effects of overall adaptive ability according to grain yields were those of varieties Talisman (0.77), Sviatogor (0.20) and Vsesvit (0.18). The varieties Image, Voevoda, Gelios, which were also distinguished by the best breeding value, showed great stability of the sign of yield. In assessing the parameters of ecological plasticity and stability of each variety according to the method of S.A. Eberhart, W.A. Russel (1966), varieties Talisman, Image, Komandor and Gosia are classified as intensive varieties with increased response to the improvement of growing conditions. Varieties Vakula, Aktual and Komandor showed the greatest stability of the sign with different levels of ecological plasticity. Calculation of the adaptability rating of the variety, which includes indicators of productivity and adaptability, gave the first place to varieties Image, Vsesvit and Gelios. The best results of the effect of genotype were shown by varieties Image, Talisman, Komandor, resistance to stress – Virazh, Talisman, Voevoda, and genetic flexibility – Image, Gosia, Komandor.

Key words: barley, variety, yield, stability, plasticity, adaptability.

Введение

Для стабильной реализации качественных и количественных признаков урожая зерна с целью повышения продуктивности новые сорта должны обладать эффективной реакцией на изменяющиеся факторы внешней среды. Исследования в различных почвенно-климатических условиях должны сыграть важную роль при выборе лучших сортов и оценке их стабильности. Сочетание оценок пластичности и стабильности при различных методиках должен надежно предвещать поведение сорта в установленных информативных параметрах. Кроме того, для повышения эффективности селекционного процесса при создании сортов, обладающих требуемым сочетанием хозяйственно важных признаков и высокой экологической адаптивностью, необходим поиск более совершенных, а иногда и нетрадиционных подходов к обработке информации селекционного процесса [1].

Поскольку каждый регион имеет свои климатические и почвенные особенности, возникает необходимость для каждого из них подбирать сорта, которые обладают высокой адаптивностью к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам с достаточной потенциальной продуктивностью и способностью реализовать ее даже в стрессовых погод-

ных условиях. Определение уровня реакции растений на изменчивые факторы среды с целью отбора наиболее перспективного селекционного материала, который обеспечивает стабильное проявление изучаемого признака есть важная задача селекционных учреждений [4], а пластичность признака относится к независимым характеристикам и находится под специальным генетическим контролем. Стабильность и пластичность агрономических признаков сортообразцов обуславливается способностью генетических механизмов растений сводить к минимуму последствия неблагоприятного влияния внешней среды, то есть противостоять им. Пластичность – это мера и направленность реакции генотипа на колебания условий среды. Стабильность – устойчивость реализации реакции генотипа на смену среды [2–6].

На протяжении последних десятилетий происходят значительные изменения и постоянные колебания биотических и абиотических факторов окружающей среды, что требует от селекционеров уделять постоянное внимание вопросам пластичности и стабильности количественных признаков зерновых культур, в первую очередь урожайности. Например, такие исследования проводились по озимой пшенице, яровой пшенице, овсу, а также яровому ячменю и другим зерновым культурам [7–14].

Целью наших исследований было определение параметров адаптивных свойств сортов ярового ячменя, созданных в различных почвенно-климатических зонах, по признаку урожайности, а также выделение генотипов, сочетающих высокую продуктивность с параметрами экологическую адаптивности.

Основная часть

Исследования проводились на полях лаборатории селекции зерновых и кормовых культур Института сельского хозяйства Карпатского региона Национальной академии аграрных наук Украины (Львовская область) в 2015–2017 гг. Предшественник – озимые зерновые, фон минерального питания – $N_{60}P_{60}K_{60}$; агротехника общепринятая для выращивания ярового ячменя в зоне избыточного увлажнения. Учетная площадь делянок 25 м^2 , повторность 4-кратная. Посев проводили селекционной сеялкой СКС-6-10 с аппаратом центрального высева, уборку осуществляли комбайном «Сампо – 130». Учеты и наблюдения проводили согласно соответствующим методикам государственного сортоиспытания [15, 16].

Западная часть Лесостепи Украины, где проводились опыты, характеризуется мягким климатом, относится к достаточно увлажненной климатической зоне. В среднем за год здесь выпадает 600–620 мм осадков, 70 % которых приходится на теплый период года, влажность воздуха достаточно высокая. Сумма эффективных температур (свыше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) достигает 2300–2500 $^{\circ}\text{C}$, а ГТК за этот период равняется 1,5–1,8. Переход одного сезона к другому происходит достаточно медленно, разница температур лета и зимы незначительная.

Метеорологические условия в период проведения исследований были похожи недостаточным количеством осадков в основной период вегетации ярового ячменя (май–июль): 2015 г. – 238,3, 2016 г. – 187,2 и 2017 г. – 164,7 мм при средней многолетней – 270 мм. Температура воздуха во все месяцы вегетации, без исключения, была выше средних многолетних показателей.

В экологическом испытании изучали 12 сортов ярового ячменя: Вакула, Всэсвит, Гелиос, Командор, Святогор (Селекционно-генетический институт – Степь), Орвел, Актуал (Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН – Западная Лесостепь), Талисман, Вираз (Мироновский институт пшеницы им. В. Н. Ремесла – Центральная Лесостепь), Гося, Имидж (Носовская СОС Мироновского института пшеницы им. В. Н. Ремесла – Полесье). По признаку урожайности определяли пластичность (b_i) и стабильность (S_i^2), эффект генотипа (разница среднего показателя количественного признака по набору генотипов к соответствующему значению конкретного генотипа), уровень устойчивости к стрессу (разница между минимальной и максимальной урожайностью), генетическую гиб-

кость, которая показывает степень соответствия между генотипом и разными факторами внешней среды (сумма минимальной и максимальной урожайности разделенная на два).

Для определения параметров среды, фенотипической стабильности и адаптивного потенциала использовали методику А. В. Кильчевского, Л. В. Хотылевой. Рассчитывали общую адаптивную способность ($OAC = V_i$), вариансу специфической адаптивной способности ($CAC = \sigma^2_{CACi}$) вариансу взаимодействия генотипа и среды ($\sigma^2_{(G \times E)gi}$), относительную стабильностью (S_{gi}), коэффициент компенсации (K_{gi}) селекционную ценность генотипа (СЦГ). Статистический анализ данных урожайности провели дисперсионным методом по Б. А. Доспехову и в программе Excel [17–24].

С целью определения интегрированного параметра, который включает в себя такие показатели как урожайность и способность поддерживать запрограммированный уровень урожайности в разных условиях, рассчитывали рейтинг адаптивности сорта (РАС). Для определения этого показателя используют среднюю урожайность, параметры пластичности и стабильности [25]. При ранговой оценке высшее место при большем числовом значении присваивали по таким показателям: урожайность, ОАС, СЦГ и высшее место при меньшем числовом значении – $\sigma^2_{(G \times E)gi}$, σ^2_{CACi} . По показателю b_i наивысший ранг имели генотипы с $b_i = 1$. Позиция понижалась по мере удаления от единицы как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения. При равных значениях преимущество отдавали более продуктивным сортам. Показатели S_{gi} , I_{gi} , K_{gi} не учитывали с целью предотвратить критическое снижение удельного веса основных показателей. Ранги за показателями адаптивности присваивали в границах группы сортов.

При параметрическом подходе среду оценивают по таким количественным параметрам: средняя урожайность генотипов за год ($u+dk$); эффект среды (dk); взаимодействие генотипа \times среда ($\sigma^2_{(G \times E)ek}$); варианса дифференцирующей способности среды ($\sigma^2_{(DCCek)}$); коэффициент нелинейности (I_{ek}); относительная дифференцирующая способность среды (S_{ek}), коэффициенты компенсации (K_{ek}) (табл. 1).

Таблица 1. Параметры среды для анализа фенотипической стабильности и адаптивности сортов ячменя ярового, 2015–2017 гг.

Год (среда)	$u+dk$, т/га	dk	$\sigma^2_{(G \times E)ek}$	$\sigma^2_{(DCCek)}$	I_{ek}	S_{ek}	K_{ek}
2015	4,25	0,39	0,09	0,22	0,41	5,18	2,20
2016	3,58	-0,28	0,10	0,31	0,18	8,66	3,10
2017	3,76	-0,10	0,08	0,04	0,40	1,06	0,40

Средняя урожайность сортов ярового ячменя достигла максимальных показателей в 2015 г. (4,25 т/га), то есть когда количество осадков в основной период вегетации (май–июль) почти равнялось среднему многолетнему (-31,7 мм). Наименьшая продуктивность сортов ячменя отмечена в 2016 г. – 3,58 т/га. Эффект среды, или продуктивность среды, равняется отклонению среднего значения признака у всех генотипов от среднего популяционного. В наших исследованиях отрицательным значением эффекта среды выделялись 2016 и 2017 гг., соответственно -0,28 и -0,10. Взаимодействие генотип \times среда почти не изменялась в зависимости от условий года.

Для определения дифференцирующей способности среды используют дисперсию и чем она больше, тем сильнее генотипические различия сортов ячменя по урожайности. Большие значения этого показателя были отмечены в 2016 г. – 0,31 и 2015 г. – 0,22. Относительная дифференцирующая способность позволяет сопоставлять результаты исследований в различных условиях среды, с разным набором генотипов и признаков. Наибольшая относительная дифференцирующая способность среды проявилась в 2016 г. при минимальной средней урожайности генотипов. Определение коэффициента линейности показало преимущественно линейный характер ответа на среду $I_{ek} \rightarrow 0$.

Для количественной оценки установленных эффектов используется коэффициент компенсации K_{ek} , который показал преобладание дестабилизирующих эффектов у 2015 и 2016 гг., а такие условия следует считать анализирующим фоном. В 2017 г. большее значение имели стабилизирующие эффекты ($K_{ek} = 0,40$) и условия года характеризовались нивелирующим влиянием.

В среднем за 2015–2017 гг. наибольшую урожайность зерна обеспечили сорта ярового ячменя Имидж (4,74 т/га), Талисман (4,71 т/га) и Командор (4,69 т/га). Для селекционной работы практическую ценность имеют сорта с высокой общей адаптивной способностью, которая характеризует генотипы по способности обеспечивать максимальный уровень проявления признака. Наивысшие эффекты общей адаптивной способности по урожайности зерна имели сорта Талисман (0,77). Святогор (0,20) и Всэсвит (0,18).

Для оценки способности генотипов вступать во взаимодействие со средами используется дисперсия взаимодействия $\sigma^2_{(G+E)gi}$, которая у четырех сортов превысила 0,20 (Талисман, Имидж, Святогор и Актуал). 7 сортов с дисперсией от 0,01 до 0,08 не продемонстрировали способности существенно изменять свою продуктивность при изменении среды.

В качестве меры стабильности используем дисперсию САС и меньшие ее значения показывают большую стабильность. Наивысшую стабильность ($\sigma^2_{CACi} = 0,00–0,03$) продемонстрировали сорта Имидж, Воевода, Гелиос. Кроме специфической адаптивной способности, стабильность сортов также можно оценить по уровню относительной стабильности генотипа, который является аналогом коэффициента вариации. Наиболее стабильными по этому показателю оказались те же сорта: Имидж ($S_{gi} = 0,86\%$), Воевода ($S_{gi} = 1,87\%$), Гелиос ($S_{gi} = 4,12\%$). Следует отметить, что сорта, созданные в местных условиях, не отличались стабильностью: Орвел ($\sigma^2_{CACi} = 0,21$; $S_{gi} = 11,7\%$) и Актуал ($\sigma^2_{CACi} = 0,66$; $S_{gi} = 20,6\%$) (табл. 2).

Интегральным показателем, который дает возможность оценить генотип по сочетанию продуктивности и стабильности, является селекционная ценность генотипа (СЦГ). В наших исследованиях этот важный показатель варьировал от 0,19 (с. Актуал) до 3,54 (с. Имидж). Кроме сорта Имидж, лучшими по селекционной ценности оказались высокопродуктивные и стабильные сорта: Воевода, Гелиос, Всэсвит, Талисман. Сорт Имидж показал наивысшую селекционную ценность и характеризовался высокой продуктивностью (4,74 т/га) и стабильностью ($\sigma^2_{CAC} = 0,00$ и $S_{gi} = 0,86\%$).

Таблица 2. Показатели адаптивной способности и стабильности сортов ярового ячменя по признаку урожайности зерна в экологическом сортоиспытании 2015–2017 гг.

Сорт	Урожайность, т/га	ОАС	$\sigma^2_{(G+E)gi}$	σ^2_{CACi} (CAC)	S_{gi}	I_{gi}	СЦГ _i	K_{gi}
Вакула	3,63	0,16	0,01	0,23	11,8	0,04	1,83	1,88
Воевода	3,79	-0,01	0,08	0,01	1,87	15,45	3,52	0,04
Всэсвит	4,03	0,18	0,04	0,11	8,03	0,38	2,54	0,88
Гелиос	4,02	-0,01	0,06	0,03	4,12	2,38	3,12	0,21
Командор	4,69	-0,33	0,02	0,14	10,4	0,15	1,84	1,13
Святогор	3,24	0,20	0,25	0,70	20,5	0,36	0,22	5,79
Орвел	3,70	0,01	0,02	0,21	11,7	0,10	1,78	1,71
Актуал	4,42	0,06	0,24	0,66	20,6	0,37	0,19	5,46
Талисман	4,71	0,77	0,31	0,24	10,4	1,32	2,39	1,96
Вираз	4,44	-0,33	0,06	0,32	15,9	0,19	0,94	2,63
Гося	4,65	-0,49	0,14	0,22	13,7	0,65	1,23	1,79
Имидж	4,74	-0,17	0,27	0,00	0,86	270,0	3,54	0,01
Среднее. нач.	4,17	0,00	0,13	0,24	10,8	24,28	1,93	1,96
Min	3,24	-0,49	0,01	0,00	0,00	0,00	0,19	0,01
Max	4,74	0,77	0,31	0,70	20,65	270,0	3,54	5,79
Размах вариаци.	1,50	0,38	0,30	0,70	19,79	269,96	3,35	5,78

Коэффициент компенсации генотипа (K_{gi}) указывает на наличие в изучаемых сортах как компенсирующих ($K_{gi} = 1,13–3,54$), так и дестабилизирующих эффектов ($K_{gi} = 0,01–0,88$). Сорта с низкими коэффициентами компенсации генотипа (Имидж, Воевода, Гелиос) были довольно стабильными по признаку «урожайность зерна».

После дисперсионного анализа данных урожайности и проверки факта взаимодействия генотип–среда для испытываемых сортов проводили оценку параметров экологической пластичности и стабильности параметров каждого сорта согласно методики S. A. Eberhart, W. A. Russel [17]. Коэффициент регрессии (b_i) характеризует среднюю реакцию генотипа на смену условий внешней среды и дает возможность прогнозировать колебания количественного признака в пределах соответствующих условий. Большая величина коэффициента регрессии указывает на большую норму реакции сорта при смене условий выращивания.

Согласно коэффициенту регрессии сорта ярового ячменя можно разделить на категории с низкой, средней и высокой экологической пластичностью. Сорта Талисман, Имидж, Командор, Гося по результатам наших исследований относятся к сортам интенсивного типа с увеличенной реакцией на улучшение условий выращивания ($b_i = 1,11-1,13$). Сорта Всэсвит, Гелиос, Актуал, Вираз характеризуются средним уровнем экологической пластичности ($b_i = 0,91-1,06$) и признак урожайности зерна изменяется при смене условий выращивания. Сорта Вакула, Воевода, Святогор, Орвел слабо реагируют на смену условий выращивания, имеют низкую экологическую пластичность с коэффициентом регрессии от 0,78 до 0,91. Варианса стабильности указывает, что наибольшую стабильность признака урожайности зерна проявили сорта Вакула (низкая экологическая пластичность) и Актуал (средняя экологическая пластичность). Следует отметить, что другой сорт с низкой экологической пластичностью (Воевода) характеризовался наименьшей стабильностью продуктивности (табл. 3).

Таблица 3. Показатели адаптивной способности и стрессоустойчивости сортов ярового ячменя по признаку урожайности в экологическом сортоиспытании 2015–2017 гг.

Сорт	Коэффициент регрессии (b_i)	Варианса стабильности (S_i^2)	Эффект генотипа, т/га	Уровень устойчивости к стрессу, т/га	Генетическая гибкость, т/га
Вакула	0,87	0,03	-0,54	-0,41	3,65
Воевода	0,91	1,01	-0,38	-1,22	3,82
Всэсвит	0,96	0,79	-0,14	-1,09	3,98
Гелиос	0,96	0,23	-0,15	-0,61	3,98
Командор	1,12	0,17	0,52	-0,32	4,72
Святогор	0,78	0,28	-0,95	-0,83	3,14
Орвел	0,89	0,59	-0,47	-1,17	3,56
Актуал	1,06	0,03	0,25	-0,25	4,45
Талисман	1,13	0,59	0,54	-1,27	4,60
Вираз	1,06	0,82	0,27	-1,50	4,40
Гося	1,11	0,39	0,48	-0,81	4,79
Имидж	1,13	0,82	0,57	-0,75	4,79
Среднее. значение	1,00	0,52	0,00	-0,85	4,16
Min	0,78	0,03	-0,95	-1,50	3,14
Max	1,13	1,01	0,57	-0,25	4,79
Размах вариаци.	0,35	0,98	-0,38	-1,25	1,65

Показатель эффекта генотипа в полной мере раскрывает продуктивный потенциал отдельного сорта в серии испытываемых генотипов. Шесть сортов отмечены положительными показателями эффекта генотипа с наилучшими результатами у Имидж, Талисман, Командор, соответственно 0,57, 0,54 и 0,52 т/га.

Уровень устойчивости к стрессу, который определяется как разница между минимальной и максимальной урожайностью, имеет отрицательные значения и меньшее числовое значение указывает повышенную стрессоустойчивость. Высокую устойчивость к стрессу продемонстрировали сорта Вираз (-1,50), Талисман (-1,27) и Воевода (-1,22). Показатель генетической гибкости, который показывает степень соответствия между генотипом и разными факторами внешней среды (сумма минимальной и максимальной урожайности разделенная на два), при среднем значении 4,16 т/га изменялся в пределах от 3,14 до 4,79 т/га. Наибольшую и одинаковую степень соответствия условиям внешней среды (4,79 т/га) показали сорта Имидж и Гося, немного уступил им Командор – 4,72 т/га.

Для расчета интегрированного параметра, который включает показатели средней урожайности и способности поддерживать запрограммированный уровень продуктивности в различных условиях рассчитывали рейтинг адаптивности сорта (РАС). Первое место по рейтингу адаптивности сорта занял сорт Имидж, который был лучшим по урожайности, взаимодействию генотипа и среды, стабильности и селекционной ценности генотипа. Однако сорт Имидж уступал другим сортам относительно общей адаптивной способности (ОАС) и экологической пластичности согласно коэффициенту регрессии (b_i). На втором месте по рейтингу оказался сорт Всэсвит, который отличался высокой экологической пластичностью и средними данными по другим показателям. Сорт Гелиос, который занял третью позицию, также отмечен высокой экологической пластичностью.

Заклученне

В экалагічным выпрабаванні 12 сортар яравог ячменя, ствараных у розных пачва-кліматычных умовах, устаноўлены паказателі адаптыўнай спосабынасці па прызнаку уражайнасці зрна з існаваннем розных метадычных падходаў.

Согласна метадыке А. В. Кільчэўскага, Л. В. Хотылевай (1989, 1997 гг.) высшай адаптыўнай спосабынасцю адрозніваліся сорта Талісман, Святогор, Всэсвіт. Большую стабільнасць прызнака уражайнасці паказалі сорта Імідж, Воевода, Геліос, якія таксама выдзяляліся лепшай селекцыйнай каштоўнасцю. Пры ацэнке параметраў экалагічнай пластычнасці і стабільнасці параметраў кожнага сорта согласна метадыке S. A. Eberhart, W. A. Russel (1966 г.) к сортам інтэнсіўнага тыпа з павялічанай рэакцыяй на ўлучашэнне ўмоў вырашчывання атнесены сорта Талісман, Імідж, Камандор, Гося. Найбольшую стабільнасць прызнака праявілі сорта Вакула, Актуал і Камандор з рознымі ўзровеньмі экалагічнай пластычнасці. Расчет рэйтынга адаптыўнасці сорта, які ўключае паказателі прадуктыўнасці і адаптыўнасці, на першыя месца паставіў сорта Імідж, Всэсвіт і Геліос. Лепшыя рэзультаты эфекта генатыпа паказалі сорта Імідж, Талісман, Камандор, устойлівасці к стрэсу – Віраж, Талісман, Воевода і генетычнай гібкасці – Імідж, Гося, Камандор.

ЛІТЭРАТУРА

1. Потанин, В. Г. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений / В. Г. Потанин, А. Ф. Алейников, П. И. Степочкин // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2014. – Т. 18, № 3. – С. 548–552.
2. Литвиненко, М. А. Зернові культуры. Стан та перспектывы стварэння новых сортів і гібридів у навуковых установах УААН / М. А. Литвиненко, О. І. Рибалка // Насінництво. – 2007. – № 1. – С. 3–6.
3. Бомба, М. Я. Формирование урожая ярового ячменя на Украине / М. Я. Бомба, М. И. Бомба // Зерновые культуры. – 2001. – № 2. – С. 22–24.
4. Жученко, А. А. Экологическая генетика культурных растений (адаптация, рекомбиногенез, агробиоценоз) / А. А. Жученко. – Кишинев : Штиинца, 1980. – С. 587.
5. Кильчевский, А. В. Методы оценки адаптивной способности и стабильности генотипов дифференцирующей способности среды / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева // Генетика. – 1985. – Т. 21, № 9. – С. 1491–1498.
6. Гудзь, Ю. В. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы / Ю. В. Гудзь, Ю. А. Лавриненко. – Херсон : [б. в.], 1997. – 169 с.
7. Кліматичні умови та адаптивні властивості сортів пшениці озимої різних груп стиглості у зоні діяльності Миронівського інституту / В. В. Кириленко, Г. С. Басанець, О. В. Гуменюк [та ін.] // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2011. – Вип. 11. – С. 70–81.
8. Караульный, Д. В. Оценка новых сортов озимой пшеницы по критериям адаптивности / Д. В. Караульный, Ф. С. Мастеров, И. Н. Шевалдин // Вестник БСХА. – 2016. – № 3. – С. 60–63.
9. Пластичность и стабильность селекционных форм яровой пшеницы по числу падения / В. М. Бебякин, О. В. Круглова, Т. А. Розанова [и др.] // Агро XXI. – 2013. – № 7–9. – С. 8–10.
10. Бебякин, В. М. Адаптивность сортов яровой пшеницы саратовской селекции / В. М. Бебякин, Г. А. Бекетова, Р. Г. Сайфуллин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2011. – № 12. – С. 6–7.
11. Адаптивные особенности голозерных генотипов овса / Ю. А. Лисова, А. О. Дацько, А. Я. Марухняк [и др.] // Вестник БГСХА. – 2016. – № 3. – С. 44–48.
12. Марухняк, А. Я. Фенотипова стабільнасць та адаптыўны потенциал генатыпаў вівса / А. Я. Марухняк, А. О. Дацько, Ю. А. Лісова // Передгірне та гірське землеробства і тварынніцтва. – 2015. – Вип. 58(1). – С. 173–182.
13. Солонечный, П. М. Оцінка адаптыўнай здатнасці та стабільнасці сортів ячменю яраго за прадуктыўнасцю / П. М. Солонечный // Вісник Полтавської державної аграрної академії – 2014. – № 4. – С. 48–53.
14. Васильківський, С. П. Оцінка адаптыўнага патацыялу ячменю яраго за прадуктыўнаю кушцістасцю / С. П. Васильківський, В. М. Гудзенко // Агробіологія. Збірник навуковых праць. – 2011. – Вип. 6(86). – С. 138–144.
15. Методика проведения экспертизы та державнага выпрабавання сортів рослін зерновых, круп'яных та зернобобовых культур // Охорона прав на сорти рослін: офіційны бюлетень. – 2003. – Вип. 2, част. 3. – 214 с.
16. Методика державнага сортовага выпрабавання сортів на прыдатнасць да пашырэння у Украіні: Загальна частіна // Охорона прав на сорти рослін: офіційны бюлетень. – 2003. – Вип. 1, част. 3. – 106 с.
17. Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russel // Crop Sci. – 1966. – № 6. – P. 36–40.
18. Гудзь, Ю. В. Теория и практика адаптивной селекции кукурузы / Ю. В. Гудзь, Ю. А. Лавриненко. – Херсон : БОРИСФЕН-полиграфсервис, 1997. – 168 с.
19. Гончаренко, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.
20. Langer, I. Association among productivity, production response and stability index in oat varieties / I. Langer, K. Frey, T. Bailey // Euphytica. – 1979. – Vol. 28. – P. 14–17.
21. Кильчевский, А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Тэхналогія, 1997. – 372 с.
22. Кильчевский, А. В. Генотип и среда в селекции растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск: Наука и техника, 1989. – 191 с.

23. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
24. Яковлев, В. Б. Статистика. Расчеты в Microsoft Excel / В. Б. Яковлев. – М. : КолосС, 2005. – 352 с.
25. Власенко, В. А. Оцінка адаптивності сортів пшениці м'якої ярої / В. А. Власенко // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. – 2006. – № 4. – С. 93–103.