

- Morales-Diaz A.B., Ortega-Ortiz H., Juarez-Maldonado A., Cadenas-Pliego G., Gonzalez-Morales S., Benavides-Mendoza A. Application of nanoelements in plant nutrition and its impact in ecosystems // *Adv. Nat. Sci.: Nanosci. Nanotechnol.*, 2017, no. 8, pp. 1–13.
- Nazari M., Ghasemi N., Maddah H. et al. Synthesis and characterization of maghemite nanopowders by chemical precipitation method // *Journal of Nanostructure in Chemistry*, 2014, no. 6, pp. 1–5.
- Palmqvist N.G.M., Seisenbaeva G.A., Svedlindh P., Kessler V.G. Maghemite nanoparticles acts as nanozymes, improving growth and abiotic stress tolerance in *Brassica napus* // *Nanosci. Res. Lett.*, 2017, no. 12, 631 p. DOI: 10.1186/s11671-017-2404-2.
- Tripathi D.K., Gaur S.S., Singh S., Pandey R., Singh V.P., Sharma N.C., Prasad S.M., Dube N.K., Chauhan D.K. An overview on manufactured nanoparticles in plants: Uptake, translocation, accumulation and phytotoxicity // *Plant Physiology. Biochem.*, 2017, v. 110, no. 2, pp. 2–12. DOI: 10.1007/s00709-018-1281-6.
- Voropaeva N., Karpachev V., Varlamov V., Figovsky O. Influence of efficient, multicomponent, polyfunctional, physiologically active (nano) chips with herbicide activity on rice crop growth, development, yield and on weed growth inhibition // *Int. Lett. Chem., Phys. Astron.*, 2014, no. 7, pp. 62–68.
- Vose P.B. Iron nutrition in plants: a world overview // *J. Plant Nutr.*, 1982, no. 5, pp. 233–249.
- Voropaeva N., Figovsky O., Ibraliu A. et al. Innovative nanotechnology for agriculture // *Scientific Israel – Technolog. Adv.*, 2012, no. 14 (1), pp. 98–105.
- Welch R.M., Graham R.D. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective // *J. Experimen. Botany.*, 2004, no. 55, pp. 353–364.

УДК 633.16.321.631.526.32:631.529

DOI: 10.25695/ AGRPH.2019.03.08

АДАПТИВНОСТЬ ПО МАССЕ 1000 ЗЕРЕН СОРТОВ ЯЧМЕНЯ СЕЛЕКЦИИ ОМСКОГО АГРАРНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА

О. А. Юсова¹, П. Н. Николаев¹, Н. И. Аниськов², И. В. Сафонова²

¹ФГБНУ Омский аграрный научный центр
644012, г. Омск, пр. Королева, 26;

²Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова
190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 42-44
E-mail: ksanajusva@rambler.ru

Поступила в редакцию 15 апреля 2019 г. принята к печати 28 августа 2019 г.

Яровой ячмень является второй по значимости и распространению (после пшеницы) зерновой культурой в России. В Омской области допущено к использованию 9 сортов ячменя селекции Омского АНЦ. Одним из ведущих структурных элементов, определяющих продуктивность сорта, является масса 1000 зерен. Данный показатель наиболее полно отражает проявление адаптивных свойств сортов, поскольку является совокупным признаком, который характеризует конечный результат взаимодействия «генотип × среда». Целью исследования являлась характеристика адаптивности сортов ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях Омского Прииртышья. Объектами исследования послужили 11 высокопродуктивных сортов ярового ячменя селекции ФГБНУ Омский АНЦ, рекомендованные для возделывания в данном регионе и устойчивые к засухе, полеганию, головневым заболеваниям. В рамках исследования определены коэффициент адаптивности (по Л. А. Животкову), индекс условий среды, коэффициент экологической пластичности и нелинейные отклонения от линии регрессии (по S. A. Eberhart, W. A. Russell), коэффициент мультипликативности (по В. А. Драгавцеву), устойчивость к стрессу и компенсаторная способность (по А. А. Rossielle, J. Hemblin в изложении А. А. Гончаренко). Расчет коэффициента адаптивности сортов по нескольким методикам предполагает использование принципа ранжирования и проведение итоговой оценки по сумме рангов каждого сорта с учетом того, что первый ранг является более высоким. Согласно результатам проведенных исследований, максимальной устойчивостью к варьирующимся условиям возделывания характеризуются сорта ярового ячменя Подарок Сибири, Саша, Сибирский Авангард, Омский 91, Омский 96, Омский 100 и Омский 90 (сумма рангов = 21,0÷33,0).

Ключевые слова: яровой ячмень, масса 1000 зерен, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, адаптивность, ранг, коэффициент регрессии, коэффициент мультипликативности.

ADAPTABILITY OF BARLEY GRADES OF THE OMSK AGRARIAN SCIENTIFIC CENTER SELECTION BASED ON THE MASS OF 1000 GRAINS

O. A. Yusova¹, P. N. Nikolaev¹, N. I. Anisjkov², I. V. Safonova²

¹ *Omsk Agrarian Scientific Center, 644012, St. Omsk, Pr. Koroleva, 26, Russia;*

² *The N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources,
190000, St. Petersburg, ul. Bol'shaya Morskaya, 42-44, Russia*

E-mail: ksanajusva@rambler.ru

Summer barley is the second most important (after wheat) grain in Russia. In the Omsk region it is allowed to use 9 grades of barley, selected at the Omsk Agrarian Scientific Center. One of the leading structural elements defining efficiency of a grade is the mass of 1000 grains which can be accepted as a criterion of adaptability as this parameter is a cumulative sign characterizing the result of the 'genotype × environment' interaction. The purpose of the study – characteristic of summer barley grades adaptability by the criterion «the mass of 1000 grains» in the conditions of Omsk Priirtyshje from 2011 to 2017. The object of the study – 11 highly productive grades of summer barley (selection of the Omsk Agrarian Scientific Center) recommended for cultivation in this region and resistant against droughts, waterlogging, grain smut. L. A. Zhivotkov adaptability coefficient, the index of the environment conditions, coefficient of ecological plasticity and nonlinear deviations from the line of regression, Dragavtsev V. A. multiplicativity coefficient, resistance to stress and compensatory ability were calculated. Calculation of the grades adaptability with several techniques suggests using of the ranging principle with the total assessment based on the sum of ranks of each grade, considering that the first rank is higher. According to the results in the studied set of summer barley grades the maximum resistance to the varying conditions of cultivation had Podarok Sibiri, Sasha, Siberian avangard, Omskij 91, Omskij 96, Omskij 100 and Omskij 90 (sum of ranks from 21.0 to 33.0).

Keywords: summer barley, weight of 1000 grains, stability, plasticity, resistance to stress, adaptability, rank, regression coefficient, multiplicativity coefficient.

ВВЕДЕНИЕ

Яровой ячмень – вторая по значимости и распространению (после пшеницы) зерновая культура в России. Зерно ячменя повсеместно широко используется для кормовых, продовольственных и пивоваренных целей. Доля использования ячменя в производстве пива составляет 8%, для пищевых целей – 15%, для кормовых целей (включая производство комбикормов) – более 75% (Сурин и др., 2014). По данным МСХ РФ и Росстата, посевные площади озимого и ярового ячменя в хозяйствах всех категорий России снизились с 9927,6 тыс. га в 2006 г. до 8358,3 тыс. га в 2016 г. Несмотря на сокращение посевных площадей вследствие снижения потребности в кормах для животноводства, РФ все еще занимает первое место в мире по посевам ячменя.

В Омской области допущены к использованию 9 сортов ячменя селекции Омского АНЦ: Омский 90 (включен в Госреестр РФ в 2000 г.), Омский 91 (2004 г.), Омский голозерный 1 (2004 г.), Омский 95 (2007 г.), Омский голозерный 2 (2008 г.), Омский 96 (2008 г.), Сибирский Авангард (2010 г.), Саша (2012 г.), Омский 99 (2015 г.), а также сорт селекции ГНУ Кемеровского НИИСХ Никита (2004 г.). В представленном перечне присутствуют два голозерных сорта, характерной особенностью которых является пониженная продуктивность по сравнению с пленчатыми (Аниськов, Поползухин, 2010; Поползухин и др., 2018).

Продуктивность – это объективный интегрирующий показатель, определяющий ценность хозяйственных и биологических свойств сорта. Продуктивность является следствием различного сочетания количественных признаков (длина колоса,

озерненность колоса, масса зерна с растения и колоса, масса 1000 зерен и т. д.), которые, в свою очередь, зависят от непростого взаимодействия генотипа и внешней среды. Одним из ведущих структурных элементов, определяющих продуктивность сорта, является масса 1000 зерен. Данный показатель характеризует крупность и плотность зерна: чем крупнее зерно и чем оно более выполнено, тем больше масса 1000 зерен. Указанный признак является сортовым, однако его вариабельность также зависит от метеорологических условий возделывания. Согласно литературным данным, масса 1000 зерен представляет собой количественный признак с низким уровнем изменчивости, он несущественно зависит от экологических условий года, что позволяет использовать его в качестве косвенного критерия отбора адаптивных форм, а также источника крупнозерности в программах гибридизации (Максимов, 2011). Масса 1000 зерен наиболее полно отражает проявление адаптивных свойств сортов, поскольку является совокупным признаком, который характеризует конечный результат взаимодействия «генотип × среда».

В связи с этим цель исследования заключалась в характеристике адаптивности сортов ярового ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях Омского Прииртышья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы проводилась с 2011 по 2017 гг. на опытных полях Омского АНЦ (южная лесостепь, г. Омск). Агротехника проведения опытов является общепринятой для Западно-Сибирского региона. Наблюдения, оценки и учеты в

питомнике проводились согласно методике ВИР по изучению коллекции ячменя и овса (Лоскутов и др., 2012). Площадь делянки составляла 10 м², норма высева – 4 млн. всхожих зерен на 1 га. Опыт проводился в 4-кратной повторности.

Математическая обработка с целью выявления существенных различий проводилась методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

Коэффициент адаптивности (К.А.) рассчитывался по Л. А. Животкову. Общая видовая реакция определялась суммированием массы 1000 зерен отдельных сортов с последующим делением показателя на их общее число. Среднесортная масса 1000 зерен за год принималась за 100%, затем рассчитывалось отношение массы 1000 зерен каждого из испытываемых сортов к среднесортной:

$$К.А. = \left(\frac{УС_1}{ССУГ_1} + \frac{УС_2}{ССУГ_2} + \dots + \frac{УС_n}{ССУГ_n} \right) / n,$$

где УС₁, УС₂, УС_n – масса 1000 зерен сорта в разные годы исследований; ССУГ₁, ССУГ₂, ССУГ_n – среднесортная масса 1000 зерен за год.

При условии К.А. > 100% сорт потенциально выделяется по исследуемому признаку (Животков и др., 1994).

Индекс условий среды (*I_j*) рассчитан по S. A. Eberhart и W. A. Russell. Взаимодействие «генотип × среда» при этом расчленяется на две части: линейную реакцию сорта на условия среды (*b_i*) – коэффициент экологической пластичности – и нелинейные отклонения от линии регрессии (*σ²d*) – стабильность. При *b_i* > 1 сорта требовательны к высокому уровню агротехники (Eberhart, Russell, 1966).

Во избежание линейного артефакта коэффициента регрессии В. А. Драгавцевым был введен новый параметр – коэффициент мультипликативности (КМ). Коэффициент мультипликативности (КМ) рассчитывается по формуле:

$$КМ = \frac{Y_i + b_i x_i}{Y_i},$$

где *Y_i* – среднее значение исследуемого признака у *i*-го сорта по пунктам испытания; *b_i* – коэффициент линейной регрессии *i*-го сорта; *x_i* – среднее значение для всех *x_i* средних по всем сортам для каждого *j*-го пункта эксперимента.

Чем выше значение КМ, тем сильнее изменяется масса 1000 зерен сорта в благоприятных условиях (Драгавцев и др., 1984).

Устойчивость к стрессу и компенсаторная способность сорта определялись по А. А. Rossielle и J. Hemblin (1981) в изложении А. А. Гончаренко (2005):

устойчивость к стрессу = $Y_{\min} - Y_{\max}$;

компенсаторная способность = $(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2$;

где Y_{\min} – минимальная масса 1000 зерен сорта; Y_{\max} – максимальная масса 1000 зерен сорта.

Объектами исследования являлись 11 сортов ярового ячменя селекции ФГБНУ СибНИИСХ, рекомендованные для возделывания в регионе: Омский 91, Омский 95, Омский 96 (относятся к разновидности *nutans*), Сибирский Авангард, Саша, Омский 90, Омский 100, Подарок Сибири (*medicum*), Омский 99 (*pallidum*), Омский голозерный 1 (*nudum*), Омский голозерный 2 (*coeleste*). Указанные сорта характеризуются устойчивостью к засухе, полеганию и головневым заболеваниям, а по продуктивности относятся к высокоурожайным в условиях Западной Сибири.

По данным гидрометеорологического центра (ОГМС), в черте г. Омска в период исследований (с 2011 по 2017 гг.) сложились контрастные условия. Период вегетации в 2011 и 2014 гг. характеризовался как засушливый (ГТК = 0,90 и 0,92), в 2012 г. – как очень засушливый (ГТК = 0,69), в 2015 г. – как сухой и холодный (ГТК = 0,70), в 2013 г. – как достаточно увлажненный (ГТК = 0,99). Среднегодовое значение ГТК составляло 0,82, что свидетельствует о засушливых условиях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В условиях Омской области в среднем за период изучения масса 1000 зерен у сортов пленчатой формы составила 45,74 г, у голозерных сортов – 41,22 г (табл. 1). Для сортов пленчатой формы наиболее благоприятные условия для формирования зерна повышенной крупности сложились в 2011 и 2014 гг. (50,30 и 51,44 г) при максимально высоком индексе условий окружающей среды (*I_j* = 4,56 и 5,71 соответственно), для сортов голозерной формы – в 2015 г. (48,64 г при *I_j* = 7,77).

Сорта Сибирский Авангард, Саша, Омский 90, Омский 96, Омский 100 и Подарок Сибири превышали стандарт по массе 1000 зерен: +3,39 ÷ +5,5 г к ст., что в процентном отношении составляет +5,4 ÷ +12,5 % к ст.

В то же время качество зерна зависит как от генотипа сорта, так и от условий его выращивания (Николаев и др., 2018). Как показали проведенные исследования, в период с 2011 по 2017 гг. на формирование массы 1000 зерен ячменя в основном достоверно ($F_{\phi} > F_{05}$) повлияли условия выращивания (Фактор А = 82,2%) (табл. 2). Учитывая данный факт, а также обратную корреляционную зависимость массы 1000 зерен как от суммы температур, так и от суммы осадков ($r = -0,423 \div -0,896$), можно сделать вывод, что для формирования высокой массы 1000 зерен необходимо оптимальное соотношение гидротермических показателей.

Таблица 1. **Масса 1000 зерен сортов ярового ячменя, г**

Сорт	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Y_i	Отношение к st., %
Сорта пленчатой формы									
Омский 95, st.	46,65	35,65	44,68	49,30	48,10	39,98	43,53	43,98	100,0
Омский 91	48,70	33,45	44,20	46,90	50,49	34,20	49,15	43,87	99,7
Сибирский Авангард	50,90	34,55	46,01	51,10	47,46	42,12	52,41	46,37	105,4
Саша	52,80	36,30	46,50	54,40	48,14	40,48	51,50	47,17	107,2
Омский 90	56,07	37,40	46,87	56,50	48,95	41,42	51,00	48,33	109,9
Омский 96	55,95	41,80	51,31	56,00	52,01	34,20	55,06	49,48	112,5
Омский 99	38,55	25,60	37,14	41,80	47,22	42,16	38,06	38,64	87,0
Омский 100	50,70	35,40	49,90	54,20	49,50	32,44	53,06	46,46	105,6
Подарок Сибири	52,37	38,10	44,97	52,80	49,98	40,00	53,37	47,39	107,7
Y_i	50,30	35,36	45,73	51,44	49,09	38,56	49,68	45,74	–
I_j	4,56	–10,38	–0,01	5,71	3,36	–7,18	3,94	–	–
НСР05	1,79	1,46	1,33	1,59	0,52	1,28	1,82	–	–
$S \bar{x}$	–	–	–	–	–	–	–	1,08	2,52
Сорта голозерной формы									
Омский голозерный 1, st.	45,45	36,40	39,36	48,90	55,16	41,60	44,30	44,45	100,0
Омский голозерный 2	37,00	29,65	37,60	36,70	42,11	40,20	37,69	37,27	83,8
Y_i	41,22	33,03	38,48	42,80	48,64	40,90	40,99	41,22	–
I_j	0,36	–7,84	–2,39	1,93	7,77	0,03	0,13	–	–
НСР05	4,23	3,38	0,88	6,1	6,53	0,70	3,31	–	–
$S \bar{x}$	–	–	–	–	–	–	–	3,59	8,20

Примечание: Y_i – среднее по сорту; Y_j – среднее по году; I_j – индекс условий окружающей среды (по S. A. Eberhart, W. A. Russell); $S \bar{x}$ – относительная ошибка опыта (по Б. А. Доспехову); st. – стандартный сорт.

Таблица 2. **Вклад факторов в изменчивость массы 1000 зерен ячменя.**

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	Критерий Фишера		Доля вклада, %
				F_ϕ	F_{05}	
Фактор А (годы)	4555,6	76,0	59,9	80,0	10,5	82,2
Фактор В (сорты)	1036,4	10,0	103,6	13,72	2,59	16,6
Взаимодействие (А × В)	3066,0	6,0	511,0	67,68	3,71	1,2
Остаточное	453,2	60,0	7,6	–	–	0,0

Для определения адаптивной способности сортов по изменению массы 1000 зерен согласно методике Л. А. Животкова использовался показатель «среднесортовая масса 1000 зерен года» (Животков и др., 1994). Совокупный результат рассчитан посредством суммирования массы 1000 зерен отдельных сортов за год с последующим делением полученного показателя на их общее число. Среднесортовая масса 1000 зерен принималась за 100%, затем рассчитывалось отношение массы 1000 зерен каждого из изученных сортов к среднегодовой (табл. 3). Полученный показатель позволяет судить об адаптивных способностях сорта. При условии К.А. > 100% сорт потенциально способен к формированию крупного зерна. Согласно результатам расчетов, наиболее высокой адаптивностью характеризуются сорта Омский 96, Омский 90, Подарок Сибири, Саша, Сибирский Авангард и Омский 100 (К.А. = 103,6÷110,0%). При К.А. < 100% сорта являются менее адаптивными.

При определении параметров экологической адаптивности преимущественно используется

методика S. A. Eberhart и W. A. Russell, которая основана на вычислении коэффициента линейной регрессии, характеризующего экологическую пластичность (Eberhart, Russell, 1966). Сорта с высоким коэффициентом ($b_i > 1$) будут формировать более крупное зерно в благоприятных условиях среды. К данной группе принадлежат сорта Омский 100, Омский 96, Омский 91, Саша, Омский 95 и Омский голозерный 1. При значении $b_i < 1$ сорта желательно возделывать на экстенсивном фоне. К данной группе относятся сорта Омский голозерный 2, Омский 99, Подарок Сибири, Омский 90 и Сибирский Авангард.

Среднеквадратичное отклонение от линии регрессии (σ^2d) характеризует стабильность сортов в изменяющихся условиях внешней среды. Чем меньше данный показатель, тем более стабильным является сорт. Все изучаемые в рамках настоящего исследования сорта отличались низкой стабильностью (при $\sigma^2d > 1$).

Таблица 3. Показатели адаптивности сортов ячменя по массе 1000 зерен
(в среднем за 2011–2016 гг.)

Сорт	К.А., %		b_i		σ^2d		К.М.		$Y_{\min}-Y_{\max}$		$(Y_{\min}+Y_{\max})/2$		Σ рангов
	X	ранг	X	ранг	X	ранг	X	ранг	X	ранг	X	ранг	
Омский 95, st.	97,7	8	1,08	9	5,28	1	1,86	10	-13,65	2	42,90	8	38
Омский 91	97,1	9	1,04	3	1,98	6	2,27	2	-17,04	4	41,97	9	33
Сибирский Авангард	103,1	6	0,71	6	3,63	3	2,09	5	-17,96	5	43,43	6	31
Саша	104,8	4	1,09	4	4,84	2	2,13	4	-18,10	6	45,35	4	24
Омский 90	107,4	2	0,95	7	4,15	7	1,94	8	-19,10	8	46,95	1	33
Омский 96	110,0	1	1,20	2	14,92	10	2,18	3	-21,80	11	45,10	5	32
Омский 99	85,9	10	0,64	10	33,87	11	2,03	7	-21,62	9	36,41	10	57
Омский 100	103,6	5	1,32	1	9,31	9	2,40	1	-21,76	10	43,32	7	33
Подарок Сибири	105,3	3	0,98	5	2,39	4	2,07	6	-15,47	3	45,84	2	21
Омский голозерный 1, st.	98,7	7	1,27	8	4,27	8	1,92	9	-18,76	7	45,70	3	42
Омский голозерный 2	82,8	11	0,73	11	4,27	5	1,54	11	-12,46	1	35,9	11	50
$S\bar{x}$	2,6	1,0	0,07	1,0	2,81	1,0	0,07	1,0	0,96	1,0	1,11	1,0	3,2

Примечание: X – значение признака; $S\bar{x}$ – относительная ошибка признака; Σ – сумма; К.А. – коэффициент адаптивности (по Л. А. Животкову); I_j – индекс условий среды; b_i – коэффициент экологической пластичности; σ^2d – стабильность (по S. A. Eberhart, W. A. Russell); КМ – коэффициент мультипликативности (по В. А. Драгавцеву); $Y_{\min}-Y_{\max}$ – устойчивость к стрессу; $(Y_{\min}+Y_{\max})/2$ – компенсаторная способность (по А. А. Rossielle, J. Hemblin).

В. А. Драгавцев для устранения эффекта шкалы, когда сорта с низкими значениями параметра имеют низкий уровень пластичности, и наоборот, рекомендует использовать более объективный показатель – коэффициент мультипликативности (Драгавцев и др., 1984). Сорта Омский 100, Омский 91, Омский 96, Саша, Сибирский Авангард, Омский 99, Омский 89 и Подарок Сибири способны к формированию высокой массы 1000 зерен ($K.M. = 2,09 \div 2,27$) при улучшении условий выращивания. Сорта Омский 95, Омский 90, Омский голозерный 1 и Омский голозерный 2 характеризуются слабой способностью к формированию крупного зерна при улучшении условий возделывания ($K.M. = 1,54 \div 1,94$).

По мнению А. А. Гончаренко, устойчивость сортов к стрессу – это многозначный параметр адаптивности, который вычисляется по разнице между минимальной и максимальной массой 1000 зерен (Гончаренко, 2005). Данный параметр имеет отрицательный знак. Чем он меньше, тем выше стрессоустойчивость сорта, то есть тем больше интервал его приспособленной реакции на воздействие окружающей среды. По признаку стрессоустойчивости исследуемые сорта подразделяются на три группы:

1. с минимальной градацией ($Y_{\min}-Y_{\max} < 15,47$): Омский голозерный 2, Омский 95, Подарок Сибири;
2. со средней градацией ($15,47 < Y_{\min}-Y_{\max} < 19,1$): Омский 91, Сибирский Авангард, Саша, Омский голозерный 1;
3. с максимальной градацией ($Y_{\min}-Y_{\max} > 19,1$): Омский 99, Омский 100, Омский 96.

Средние минимальные и максимальные значения массы 1000 зерен ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2$) характеризуют крупность зерна сортов в диаметрально противоположных условиях возделывания. По данным показателям все изученные сорта можно разделить на три вида:

– с высокой компенсаторной способностью ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 45,10 \div 46,95$): Омский 90, Подарок Сибири, Омский голозерный 1, Саша, Омский 96;

– со средней компенсаторной способностью ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 41,91 \div 43,32$): Сибирский Авангард, Омский 100, Омский 95, Омский 91;

– с низкой компенсаторной способностью ($(Y_{\min}+Y_{\max})/2 = 25,9$ и $36,41$): Омский голозерный 2, Омский 99.

Результаты анализа поведения генотипов в различных условиях произрастания, проведенного с использованием одного или нескольких методов, недостаточно полно характеризуют их стабильность. Также следует принимать во внимание, что с помощью различных методик оцениваются разные стороны адаптивной способности сортов. Поэтому целесообразна всесторонняя оценка адаптивного потенциала генотипов по нескольким методикам. Определение адаптивности сортов по нескольким методикам предполагает использование принципа ранжирования и проведение итоговой оценки по сумме рангов каждого сорта. При этом следует учитывать, что первый ранг является более высоким. Согласно результатам настоящего исследования, среди изучаемого набора сортов максимальной устойчивостью к варьирующимся условиям возделывания характеризуются сорта ярового ячменя Подарок Сибири, Саша, Сибирский Авангард, Омский 91, Омский 96, Омский 100 и Омский 90 (сумма рангов = $21,0 \div 33,0$).

ВЫВОДЫ

1. В условиях южной лесостепи Западно-Сибирского региона масса 1000 зерен сортов ячменя селекции Омского АНЦ в среднем за период изучения составила 45,74 г у сортов пленчатой формы и 41,22 г у голозерных сортов. Для сортов пленчатой формы наиболее благоприятные условия для формирования повышенной крупности зерна сложились в 2011 и 2014 гг. (50,30 г и 51,44 г при $I_j = 4,56$ и $5,71$), для

сортов голозерной формы – в 2015 г. (48,64 г при $I_j = 7,77$).

2. Высокой адаптивностью (по Л. А. Животкову) характеризуются сорта Омский 96, Омский 90, Подарок Сибири, Саша, Сибирский Авангард, Омский 100 ($K.A. = 103,6 \div 110,0\%$).

3. Согласно результатам оценки экологической пластичности по S. A. Eberhart и W. A. Russell, к группе интенсивных сортов принадлежат Омский 100, Омский 96, Омский 91, Саша, Омский 95, Омский 96 и Омский голозерный 1 ($b_i > 1$), к группе экстенсивных сортов – Омский голозерный 2, Омский 99, Подарок Сибири, Омский 90 и Сибирский Авангард ($b_i < 1$).

4. Оценка коэффициента мультипликативности по В. А. Драгавцеву показала, что сорта Омский 100, Омский 91, Омский 96, Саша, Сибирский Авангард, Омский 99, Омский 89 и Подарок Сибири способны к

формированию высокой массы 1000 зерен при улучшении условий выращивания ($K.M. = 2,09 \div 2,27$).

5. Высокой стрессоустойчивостью (по А. А. Гончаренко) обладают сорта Омский голозерный 2, Омский 95 и Подарок Сибири ($Y_{\min} - Y_{\max} < 5,47$).

6. Высокой компенсаторной способностью (по А. А. Гончаренко) характеризуются сорта Омский 90, Подарок Сибири, Омский голозерный 1, Саша и Омский 96 ($(Y_{\min} + Y_{\max})/2 = 45,10 \div 46,95$).

7. Максимальной устойчивостью к варьирующимся условиям возделывания обладают сорта ярового ячменя Подарок Сибири, Саша, Сибирский Авангард, Омский 91, Омский 96, Омский 100 и Омский 90 (сумма рангов

Список литературы

- Аниськов Н.И., Поползухин П.В. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта). Омск: ООО «Вариант-Омск», 2010. С. 388.
- Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49-53.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- Драгавцев В.А., Цильке В.А., Рейтер Б.Г. Генетика признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. С. 229.
- Животков Л.А., Морозова З.А., Секатуева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайности» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
- Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 63 с. = 21,0 ÷ 33,0).
- Максимов Р.А. Адаптивная способность, экологическая пластичность и стабильность сортов ячменя в условиях юго-запада Свердловской области // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 6. С. 20–21.
- Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А. Адаптивность урожайности ярового овса в условиях Омского Прииртышья // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. № 4. С. 28–38. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-28-38.
- 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. 40–43.
- Сурин Н.А., Зобова Н.В., Ляхова Н.Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. № 2. С. 378–386.
- Eberhart S. A. Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. sci., 1966, v. 6, no. 1, pp. 36–40.
- Rosselle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop. Sci., 1981, v. 21, no. 6, pp. 27–29.

References

- Anis`kov N.I., Popolzuxin P.V. *Yarovoj yachmen` v Zapadnoj Sibiri (selekciya, semenovodstvo, sorta)* [Spring barley in Western Siberia (selection, seed production, varieties)]. Omsk: ООО «Variant-Omsk», 2010, pp. 388.
- Goncharenko A.A. Ob adaptivnosti i e`kologicheskoy ustojchivjichivosti sortov zernovy`x kul`tur [On the adaptability and environmental sustainability of varieties of cereals] // *Vestnik RASXN*, 2005, no. 6, pp. 49–53.
- Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.
- Dragavcev V.A., Cil`ke V.A., Rejter B.G. *Genetika priznakov produktivnosti yarovoj pshenicy v Zapadnoj Sibiri* [Genetics of the signs of spring wheat productivity in Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1984, pp. 229.
- Zhivotkov L.A., Morozova Z.A., Sekatueva L.I. Metodika vy`yavleniya potencial`noj produktivnosti i adaptivnosti sortov i selekcionny`x form ozimoj pshenicy po pokazatelyu «urozhajnosti» [Methods of identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of «yield»] // *Selekciya i semenovodstvo*, 1994, no. 2, pp. 3–6.

- Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V. *Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i soxraneniyu mirovoj kolleksii yachmenya i ovsy* [Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats]. Saint-Peterburg: Publishing house VIR, 2012, 63 p.
- Maksimov R.A. Adaptivnaya sposobnost', ekologicheskaya plastichnost' i stabilnost' sortov yachmenya v usloviyax Yugo-Zapada Sverdlovskoj oblasti [Adaptive capacity, ecological plasticity and stability of barley varieties in the south-west of the Sverdlovsk region] // *Dostizhenie nauki i tekhniki APK*, 2011, no. 6, pp. 20–21.
- Nikolaev P.N., Anis`kov N.I., Yusova O.A. Adaptivnost' urozhajnosti yarovogo ovsy v usloviyax Omskogo Priirty`sh`ya [Adaptability of yield of spring oats in the conditions of Omsk Irtysh] // *Trudy` po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*, 2018, no. 4, pp. 28–38. DOI:10.30901/2227-8834-2019-28-38.
- Popolzuxin P.V., Nikolaev P.N., Anis`kov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V. Ocenka produktivnosti i adaptivny`x svojstv sortov yarovogo yachmenya v usloviyax Sibirskogo Priirty`sh`ya [Evaluation of productivity and adaptive properties of spring barley varieties in the conditions of the Siberian Irtysh] // *Zemledelie*, 2018, no. 3, pp. 40–43.
- Surin N.A., Zobova N.V., Lyaxova N.E. Geneticheskij potencial i selekcionnaya znachimost' yachmenya Sibiri [Genetic potential and breeding significance of Siberian barley] // *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2014, no. 2, pp. 378-386.
- Eberhart S. A. Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // *Ctop. sci.*, 1966, v.6, no. 1, pp. 36-40.
- Rossielle A.A., Hemblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // *Ctop. Sci.*, 1981, v. 21, no. 6, pp. 27–29.