

УДК 633.16:631.527:631.526.32(527.1)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-75-80

ИЗМЕНЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО С ПОВЫШЕНИЕМ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ

О. А. Юсова, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биохимии и физиологии растений, ksanajusva@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-3679-8985;
П. Н. Николаев, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции зернофуражных культур, nikolaevpetr@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5192-2967
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Омский аграрный научный центр», 644012, г. Омск, пр. Королева, д. 26

Цель исследования – определение сопряженности параметров адаптивности сортов ячменя ярового с урожайностью и основными показателями качества зерна. Исследование проводили с 2011 по 2019 гг. в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Определяли содержание белка в зерне, сырого жира, крахмала и пленчатость зерна по Плешкову и Беркутовой. Математическую обработку проводили по Доспехову, Эберхарду и Расселу. В среднем, по опыту, низкую урожайность ярового ячменя наблюдали в 2012, 2013 и 2016 годах (2,36–2,92 т/га) при низких значениях индекса экологических условий (-1,32; -1,88). Повышенная – в 2011, 2015, 2018 и 2019 гг. (5,26–5,89 т/га), при высоких значениях индекса экологических условий (1,02–1,65). Урожайность стандартного сорта Омский 95 варьировала от 2,11 т/га (2016 г.) до 5,91 т/га (2015 г.). Сорта Сибирский Авангард, Саша, Омский 100 превышали стандарт (0,47–1,97 т/га к стандарту). Повышенное содержание сырого жира в зерне отмечено у сортов Омский 91 и Саша (0,4–0,6% к стандарту); сорта Омский 91, Сибирский Авангард, Омский 90, Омский 96 и Омский 100 характеризовались пониженной пленчатостью зерна (-0,7; -1,4% к стандарту). Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью обладали сорта ячменя Сибирский авангард и Саша ($b_i > 1$; $\sigma_a^2 < 1$). Повышение пластичности (b_i) сортов ячменя не оказывало существенного влияния на урожайность и качество зерна ($r = 0,109 \pm 0,020$ и $0,232 \pm 0,035$). Стабильность (σ_a^2) сортов характеризовалась средней прямой сопряженностью с содержанием крахмала в зерне ($r = 0,429 \pm 0,120$), сильной прямой – с масличностью зерна ($r = 0,656 \pm 0,105$). Средняя обратная корреляционная зависимость стабильности (σ_a^2) наблюдалась с белковостью и пленчатостью зерна ($r = -0,399 \pm 0,060$ и $-0,447 \pm 0,055$), слабая – с урожайностью ($r = -0,204 \pm 0,040$).

Ключевые слова: яровой ячмень, качество зерна, урожайность, стабильность, пластичность, корреляция.

Для цитирования: Николаев П. Н., Юсова О. А. Изменение урожайности и качества зерна ячменя ярового с повышением адаптивности сортов // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2(74). С. 75–80. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-75-80.



THE CHANGE OF PRODUCTIVITY AND QUALITY OF SPRING BARLEY GRAIN WITH THE IMPROVEMENT OF THE VARIETIES' ADAPTABILITY

O. A. Yusova, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for plant biochemistry and physiology, e-mail: ksanajusva@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0003-3679-8985;
P. N. Nikolaev, Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory for breeding grain forage crops, e-mail: nikolaevpetr@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5192-2967
Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk Agricultural Research Center", 644012, RF, Omsk, Korolev Av, 26

The purpose of the current study was to determine the correlation between adaptability parameters of the spring barley varieties and grain productivity and the main indicators of its quality. The study was conducted from 2011 to 2019 in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. The protein percentage in grain, raw oil, starch and husk content of grain were determined according to the Pleshkov and Berkutova methods. The mathematical processing was carried out according to the methodology of Dospekhov, Eberhard and Russell. According to the trial, low productivity of spring barley was recorded in 2012, 2013 and 2016 (2.36–2.92 t/ha) with low values of the index of environmental conditions (-1.32; -1.88). Higher productivity was recorded in 2011, 2015, 2018 and 2019 (5.26–5.89 t/ha), with high values of the index of environmental conditions (1.02–1.65). The productivity of the standard variety 'Omskiy 95' varied from 2.11 t/ha (in 2016) to 5.91 t/ha (in 2015). The varieties 'Sibirskiy Avangard', 'Sasha', 'Omskiy 100' exceeded the standard variety (+0.47; +1.97 t/ha to standard). An increased content of raw oil in grain was recorded in the varieties 'Omskiy 91' and 'Sasha' (0.4–0.6% to standard). The varieties 'Omskiy 91', 'Sibirskiy Avangard', 'Omskiy 90', 'Omskiy 96' and 'Omskiy 100' were characterized by a reduced husk content of grain (-0.7; -1.4% to standard). The barley varieties 'Sibirskiy Avangard' and 'Sasha' ($b_i > 1$; $\sigma_a^2 < 1$) were highly responsive and stable to improving environmental conditions. The improvement of adaptability (b_i) of barley varieties did not have a significant effect on grain productivity and quality ($r = 0.109 \pm 0.020$ and 0.232 ± 0.035). The stability (σ_a^2) of the varieties was characterized by an average direct correlation with starch content in grain ($r = 0.429 \pm 0.120$), a strong direct correlation with oil content in grain ($r = 0.656 \pm 0.105$). There was identified an average inverse correlation between stability (σ_a^2) and protein and husk content in grain ($r = -0.399 \pm 0.060$ and -0.447 ± 0.055). There was a weak correlation with productivity ($r = -0.204 \pm 0.040$).

Keywords: spring barley, grain quality, productivity, stability, adaptability, correlation.

Введение. Одним из актуальнейших предметов обсуждения современности считается проблема наблюдаемых и предстоящих изменений климата как в общемировом плане, так и применительно к агрономии (Lipka, 2017). Климатические метаморфозы в течение прошлого десятилетия привели к изменениям фитоценозов, что проявилось в отрицательном эффекте производительности зерновых культур (Chaуka et al., 2013). В связи с глобальными климатическими изменениями особую актуальность приобретает проблема создания и использования в сельскохозяйственном производстве сортов с повышенными приспособительными качествами (Сурин и др., 2015), что является ключевым фактором для стабильного увеличения как урожайности, так и качества сельскохозяйственной продукции.

Яровой ячмень – ключевая зернофуражная и кормовая культура, которая формирует повышенную урожайность (по сравнению с иными зернофуражными культурами) за счет скороспелости и засухоустойчивости (Raparcz et al., 2012).

Однако взаимосвязь адаптивности сортов с показателями качества зерна сельскохозяйственных культур и, в частности ячменя ярового, изучена недостаточно.

В связи с вышеизложенным, цель исследования – определение сопряженности параметров адаптивности сортов ячменя ярового с урожайностью и основными показателями качества зерна.

Материалы и методы исследований.

Экспериментальную часть работы проводили в течение 2011–2019 гг. на опытных полях Омского аграрного научного центра (г. Омск), расположенных в южной лесостепи Западной Сибири. Почва опытного поля – среднесуглинистая лугово-черноземная со следующими агрохимическими характеристиками: содержание гумуса составляло 6,72–6,81%, подвижного фосфора – 100–119 мг/кг; обменного калия – 245–315 мг/кг почвы; нитратного азота – 5,5 мг/кг; сумма поглощенных оснований – 31,90 мг-экв./100 г почвы, рН_{KCl} почвенного раствора – 6,5–6,8 ед. В составе катионов преобладает кальций (89,1%), на магний приходится 11,0 % от общей емкости поглощения, натрия – менее 1%.

Посев проведен, в зависимости от погодных условий года, с 21 по 28 мая селекционной сеялкой ССФК-7, третий селекционный севооборот по предшественнику пшеницы, четвертая культура после пара. Норма высева – 4 млн всхожих зерен на 1 га. Учетная площадь делянки – 10 м². Размещение – систематическое, повторность – четырехкратная. Основная обработка почвы включала послеуборочное лущение стерни и зяблевую вспашку. Обработка зяби состояла из закрытия влаги боронованием и последующей культивации на глубину 6–8 см. Уборка проведена в фазу полной спелости селекционным комбайном Хеге-125.

Объектами исследований являлись 7 двурядных пленчатых сортов ярово-

го ячменя селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» (ФГБНУ СибНИИСХ), включенных в Госреестр по Западно-Сибирскому (10) региону.

Анализ образцов конкурсного сортоиспытания проводили по полевым повторениям, не менее 2-х повторений, с последующим перерасчетом достоверности признака. Аналитическая повторность – двукратная.

Определение биохимических показателей проводили с использованием современных и традиционных методов и технологий (Плешков, 1985).

Математическая обработка данных проведена методами вариационного, корреляционного и дисперсионного анализов по пособию Б. А. Доспехова (Доспехов, 2011) в приложении Excel для ПК. Индекс условий окружающей среды (I_j), коэффициент линейной регрессии (b_i) и величина стабильности реакции сортов (σ_d^2) рассчитаны по методике Эберхарда и Рассела (Eberhart and Russell, 1966).

Климат южной части Западной Сибири является типично континентальным. Отличительной его чертой являются довольно продолжительный зимний период, краткий и жаркий – летний, а также возможные заморозки поздней весной и ранним летом. Безморозный период длится 115–125 суток. Значительное влияние оказывают воздушные массы иных регионов (холодные арктические, а также сухие Казахстана и Средней Азии).

Для лесостепи характерны суровая зима и жаркое лето. Весенний период, как правило, ветреный и сухой, а осенний – непродолжителен. Наблюдаются резкие перепады температуры как по месяцам, так и по периодам суток. Осадков в течение года выпадает, в среднем, 300–350 мм, их распределение по сезонам неравномерно: максимум наблюдается в июле (60–70 мм), минимум – в первой декаде года (8–10 мм). В основном, дожди агрономически малоценные (менее 5 мм) и не компенсируют физическое испарение. Водный режим зоны ненадежен и зачастую формирует будущий урожай. После снежной зимы наступает активное испарение влаги, что влечет за собой ее недостаток в верхнем слое почвы и создает неблагоприятные условия для всходов. В отдельные годы, напротив, наблюдается избыточное увлажнение, что обуславливает неустойчивость климата.

Континентальный сухой климат природных условий данной зоны по праву считается ценным, поскольку способствует формированию зерна повышенного качества, за счет следующих характеристик: обилие света и тепла, а также пониженная влажность воздуха в период налива и созревания зерна.

Отрицательной чертой континентального климата является невысокая изменчивость его температурного режима как в течение вегетационного периода, так и в течение суток. Повышенные температуры совпадают с важными процессами онтогенеза (закладки колоса / метелки, формирования и налива зерна и т.д.).

В этом случае, на фоне ускорения развития растений, наблюдается сдерживание ростовых процессов, что приводит к значительной потере урожайности (Евдокимов, 2008).

Таким образом, климат зоны характеризуется как благоприятными, так и неблагоприятными условиями для возделывания зерновых культур, что подтверждает высказанное выше требование о возделывании адаптивных сортов. Так, периоды вегетации 2011 и 2014 гг. отмечены как засушливые (ГТК = 0,90 и 0,92), 2015 г. – сухой и холодный (ГТК = 0,70),

2013 г. – достаточно увлажненный (ГТК = 0,99). По средним температурам на протяжении всего периода исследований наблюдался недобор (-6,9...-0,4 °С) по сравнению со среднемноголетними данными (рис. 1). Исключения наблюдались в мае и июне 2015 г. (+0,8 °С); июне 2017 г. (+0,3 °С); июле 2012 г. (+3,4 °С), 2016 и 2018 гг. (+0,3 и +0,4 °С к норме). Температура воздуха в июне 2011 и 2013 гг. соответствовали среднемноголетним данным (19,3 °С). На этом фоне наблюдались обильные осадки (+31,3...+414,3% к среднемноголетним данным).

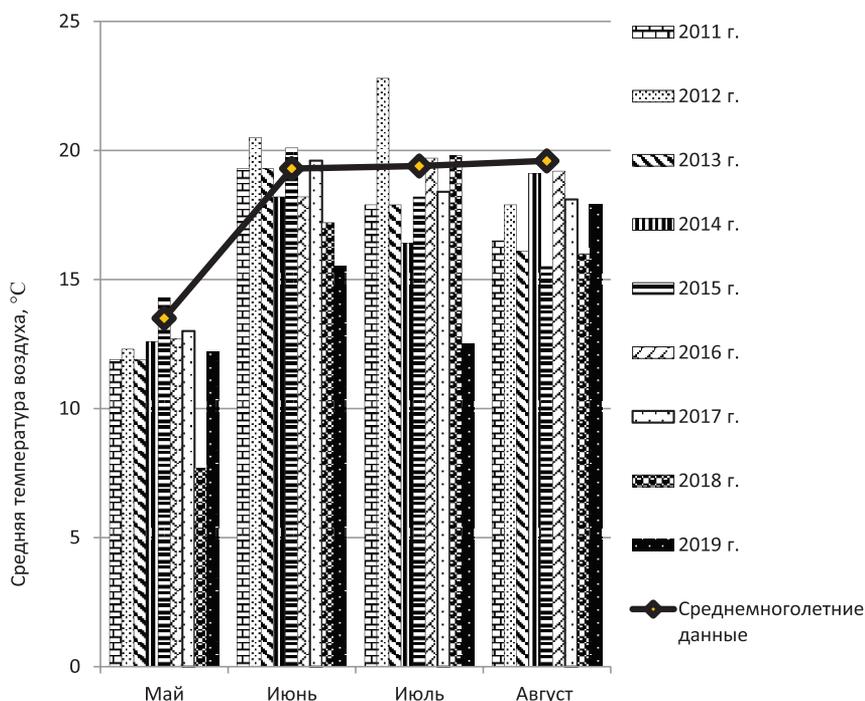


Рис. 1. Характеристика вегетационных периодов 2011–2019 гг. по средней температуре воздуха, °С (данные Омской ГМОС)

Fig. 1. The characteristics of the vegetation periods in 2011–2019 according to the mean temperature, °С (the data, provided by the Omsk HMOS)

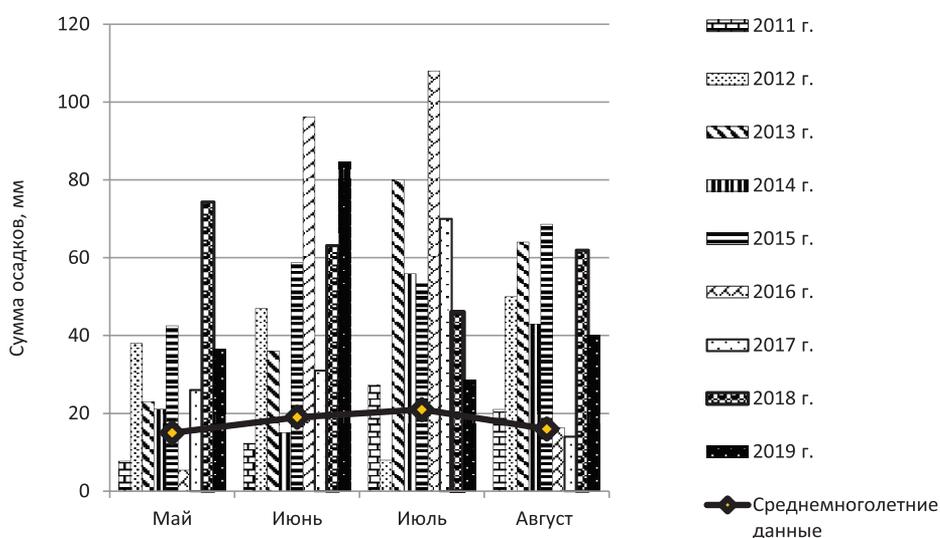


Рис. 2. Характеристика вегетационных периодов 2011–2019 гг. по сумме осадков, мм (данные Омской ГМОС)

Fig. 2. The characteristics of the vegetation periods in 2011–2019 according to the sum of precipitation, mm (the data, provided by the Omsk HMOS)

Недостаток осадков характерен для следующих периодов: май и июнь 2011 г. (51,3 и 64,7% к норме), май 2016 г. (36,0%), июнь 2014 г. (78,9%), июль 2012 г. (38,1%), август 2017 г. (87,5%) (рис. 2). В третьей декаде июля и августе в колосе растения образуется зерновка, поэтому климатические показатели данных периодов оказывают непосредственное воздействие на урожайность.

Результаты и их обсуждение. Урожайность является основополагающим агрономическим показателем, определяющим результативность любых исследований (Николаев и др., 2019). Это интегральный признак, выражение которого зависит от многочисленных составляющих: абио- и биотических показателей, условий интенсификации земледелия, сортовых

особенностей возделываемой культуры. В современных агроэкологических условиях, вследствие недостаточной стрессоустойчивости растений, потенциальная урожайность сельскохозяйственных культур реализуется крайне слабо – от 25 до 40% (Рыбась, 2016). Улучшить данный фактор возможно путем более эффективного использования ресурсовосстанавливающей роли сорта, которая оказывает непосредственное влияние на потенциальную продуктивность, но в настоящий момент слабо изучена (Varga et al., 2015).

В среднем по опыту низкая урожайность ярового ячменя наблюдалась в 2012, 2013 и 2016 гг. (2,36–2,92 т/га, при низких значениях индекса условий окружающей среды $I_j = -1,32; -1,88$) (табл. 1).

1. Выраженность и изменчивость урожайности сортов ячменя ярового за период с 2011 по 2019 гг., т/га

1. The intensity and variability of productivity of the spring barley varieties in 2011–2019, t/ha

Сорт	Годы									Xi	bbi	σ_d^2
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019			
Омский 95, st.	5,31	2,22	3,42	4,22	5,91	2,11	5,09	5,27	5,22	4,31	0,91	0,41
Омский 91	4,45	2,39	2,21	3,26	5,25	2,41	2,49	5,53	5,31	3,70	0,95	0,27
Сибирский авангард	5,53	1,94	2,84	3,10	6,24	2,95	2,85	6,73	5,69	4,21	1,23	0,31
Саша	5,68	2,47	3,28	3,26	6,44	4,02	4,54	6,49	6,13	4,70	1,07	0,14
Омский 90	4,62	2,36	2,28	3,65	5,10	1,85	4,19	4,58	4,93	3,73	0,83	0,23
Омский 96	5,43	2,38	2,11	2,98	4,82	3,12	4,69	6,18	5,59	4,14	1,02	0,28
Омский 100	5,82	2,77	3,46	3,72	6,55	3,96	5,28	6,44	5,97	4,89	0,99	0,10
X_j	5,26	2,36	2,80	3,46	5,76	2,92	4,16	5,89	5,55	4,24	–	–
HCP_{05}	0,50	0,20	0,80	0,94	0,82	1,00	0,95	1,10	0,94	–	–	–
I_j	1,02	-1,88	-1,44	-0,78	1,52	-1,32	-0,08	1,65	1,31	–	–	–

Примечание: X_i – среднее по сорту; X_j – среднее по году; I_j – индекс условий окружающей среды; HCP_{05} – наименьшая существенная разница; st. – стандартный сорт.

Повышенная урожайность наблюдалась в 2011, 2015, 2018 и 2019 гг. (5,26–5,89 т/га, при $I_j = 1,02; 1,65$).

У стандартного сорта Омский 95 урожайность варьировала от 2,11 т/га (2016 г.) до 5,91 т/га (2015 г.). Достоверно превышали стандарт сорта Сибирский авангард, Саша и Омский 100 (+0,47; +1,97 т/га).

Глобальные климатические изменения, безусловно, являются одним из факторов снижения производительности зерновых культур (Chaika et al., 2013). В связи с чем особую актуальность приобретает проблема создания и использования в сельскохозяйственном производстве сортов с повышенными приспособительными качествами (Сурин и др., 2015), что является ключевым фактором для стабильного увеличения урожайности. Интенсивность процессов изменений климата диктует необходимость исследований сортов на предмет их адаптивности.

Метод S. A. Eberhart, W. A. Russell позволяет оценить сорта по их отзывчивости на условия выращивания путем определения коэффициента регрессии (b_i) и дисперсии стабильности (σ_d^2) (Eberhart and Russell, 1966). Считается, что чем выше единицы коэффициента регрессии, тем сильнее отзывчивость сорта на улучшение

условий выращивания. Такие сорта требовательны к высокому уровню агротехники, так как только в этом случае они дадут максимум отдачи. В случае, когда коэффициент регрессии меньше, сорта показывают лучшие результаты в неблагоприятных условиях выращивания.

Анализ коэффициентов регрессии позволяет сорта разделить на группы:

1. Представлена сортами при $b_i > 1$: Сибирский авангард ($b_i = 1,23$) и Саша ($b_i = 1,07$). Данные сорта при улучшении условий выращивания увеличивали урожайность, что соответствует интенсивному типу.

2. Группа при $0,96 < b_i < 1,06$ включает сорта Омский 96 ($b_i = 1,02$) и Омский 100 ($b_i = 0,99$). Коэффициент регрессии перечисленных сортов близок к единице, что свидетельствует о полном соответствии полученной урожайности изменению условий выращивания.

3. Стандартный сорт Омский 95 ($b_i = 0,91$), а также сорта Омский 91 ($b_i = 0,95$), Омский 90 ($b_i = 0,83$), у которых отмечен минимальный по опыту коэффициент регрессии ($b_i < 1$), характеризовались слабой реакцией урожайности на улучшение условий выращивания, что соответствует экстенсивному типу.

S. A. Eberhart, W. A. Russell предложили использовать дополнительный параметр, ха-

рактически характеризующий степень изменчивости исследуемых сортов, который определяется как отклонение от линии регрессии. Это степень стабильности реакции (σ_d^2), которая является важным параметром оценки генотипов в процессе их изучения (Eberhart and Russell, 1966). Чем ниже σ_d^2 , тем меньше различие между теоретическими и практическими показателями качества, а отсюда – более высокая устойчивость данного признака. Согласно полученным данным, высокой стабильностью ($\sigma_d^2 < 1$) характеризовались сорта: Омский 95 ($\sigma_d^2 = 0,41$), Омский 91 ($\sigma_d^2 = 0,27$), Сибирский авангард ($\sigma_d^2 = 0,31$), Саша ($\sigma_d^2 = 0,14$), Омский 90 ($\sigma_d^2 = 0,23$), Омский 96 ($\sigma_d^2 = 0,28$) и Омский 100 ($\sigma_d^2 = 0,10$).

Современный уровень земледелия еще не может в достаточной степени нивелировать действия неблагоприятных природных факторов. Поэтому сорта должны сочетать хорошую отзывчивость на повышение плодородия и устойчивость к лимитирующим факторам среды (Surin, 2015). Таким образом, согласно данным наших исследований, высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью обладали сорта ячменя Сибирский авангард и Саша ($bi > 1$; $\sigma_d^2 < 1$).

В условиях резко-континентального климата Западной Сибири содержание белка зерне в среднем за период исследований составило 13,8% (Lim. = 10,8–17,6%), крахмала – 56,5% (Lim. = 51,6–64,7%) и сырого жира – 2,2% (Lim. = 0,9–3,1%) (табл. 2).

2. Выраженность и изменчивость качества зерна сортов ячменя ярового (в среднем за 2011–2019 гг.) 2. The intensity and variability of grain quality of the spring barley varieties (mean value in 2011–2019)

Сорт	Содержание, %						Пленчатость зерна, %	
	белка		крахмала		сырого жира			
	Lim.	\bar{x}	Lim.	\bar{x}	Lim.	\bar{x}	Lim.	\bar{x}
Омский 95, st.	11,3–18,1	13,9	52,2–59,5	57,2	0,9–2,8	1,9	7,2–11,7	9,3
Омский 91	11,7–17,1	13,7	51,6–64,7	57,9	2,1–3,1	2,5*	7,5–9,9	8,4*
Сибирский авангард	10,8–17,6	13,6	52,9–60,1	56,4	1,4–2,7	2,0	7,6–8,1	7,9*
Саша	11,8–16,9	13,9	52,2–58,8	55,6	1,6–2,7	2,3*	7,3–13,1	9,4
Омский 90	10,9–17,0	13,7	52,9–59,5	56,9	1,3–2,6	2,1	7,8–8,5	8,2*
Омский 96	11,7–17,2	14,5	52,9–58,8	55,7	0,9–2,7	2,1	6,9–10,1	8,6*
Омский 100	11,3–16,5	13,4	52,9–61,4	56,1	1,8–3,0	2,3*	6,2–10,6	8,4*
Среднее	–	13,8	–	56,5	–	2,2	–	8,6
НСР ₀₅	–	0,8	–	1,2	–	0,3	–	0,6

* различия достоверны при уровне значимости $pp \leq 0,05$.

Пленчатость зерна отмечена на уровне 8,6% (Lim. = 6,2–13,1%).

В основном все исследуемые сорта характеризовались качеством зерна на уровне либо ниже стандарта. Достоверное превышение по масличности зерна отмечено у сортов Омский 91, Омский 100 и Саша (+0,4; +0,6% к стандарту). Сорта Омский 91, Сибирский авангард, Омский 90, Омский 96 и Омский 100 отличались пониженной пленчатостью зерна (-0,7; -1,4% к стандарту).

Согласно корреляционному анализу, повышение пластичности (bi) сортов ячменя не оказывало существенного влияния на урожайность и качество зерна ($r = 0,109 \pm 0,020$ и $0,232 \pm 0,035$), при $F_{\text{факт.}} > F_{05}$.

В свою очередь, стабильность (σ_d^2) сортов характеризовалась средней прямой сопряженностью с содержанием крахмала в зерне ($r = 0,429 \pm 0,120$), сильной прямой – с масличностью зерна ($r = 0,656 \pm 0,105$). Средняя обратная корреляционная зависимость стабильности (σ_d^2) наблюдалась с белковостью и пленчатостью зерна ($r = -0,399 \pm 0,060$ и $-0,447 \pm 0,055$), слабая с урожайностью ($r = -0,204 \pm 0,040$).

Выводы

1. В условиях периода вегетации 2011–2019 гг. повышенными показателями

урожайности и качества зерна характеризовались:

– по урожайности – сорта Сибирский авангард, Саша, и Омский 100 (+0,47; +1,97 т/га к стандарту).

– по масличности – зерна сорта Омский 91 и Саша (+0,4; +0,6 % к стандарту).

– по пониженной пленчатости зерна – сорта Омский 91, Сибирский авангард, Омский 90, Омский 96 и Омский 100 (-0,7; -1,4% к стандарту).

2. Высокой отзывчивостью на улучшение условий среды и высокой стабильностью обладали сорта ячменя Сибирский авангард и Саша ($bi > 1$; $\sigma_d^2 < 1$).

3. Повышение пластичности (bi) сортов ячменя не оказывало существенного влияния на урожайность и качество зерна ($r = 0,109 \pm 0,020$ и $0,232 \pm 0,035$).

4. Стабильность (σ_d^2) сортов характеризовалась средней прямой сопряженностью с содержанием крахмала в зерне ($r = 0,429 \pm 0,120$), сильной прямой – с масличностью зерна ($r = 0,656 \pm 0,105$). Средняя обратная корреляционная зависимость стабильности (σ_d^2) наблюдалась с белковостью и пленчатостью зерна ($r = -0,399 \pm 0,060$ и $-0,447 \pm 0,055$), слабая с урожайностью ($r = -0,204 \pm 0,040$).

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям. Изд. 6-е, перепеч. с 5-го изд. 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350 с.
2. Евдокимов М. Г., Юсов В. С. Яровая твердая пшеница в Сибирском Прииртышье. Омск: ООО ИПЦ «Сфера», 2008. 160 с.
3. Николаев П. Н., Юсова О. А., Аниськов Н. И. Агробиологическая характеристика многорядных голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180(1). С. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
4. Плешков Б. П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1976. 256 с.
5. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 51(5). С. 617–626.
6. Chayka V. M., Rubezhniak I. G., Grib O. G. Effect of Climatic changes on the Productivity of Agrocoenoses and semi-natural forest-steppe ecosystems // Science and Society. 2013. № 1. P. 192–201.
7. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. sci. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
8. Lipka O. N. Methodological approaches to Climate change vulnerability assessment of Protected areas // Nature Conservation Research. 2017. № 2(3). P. 68–79.
9. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal Standards for quantitative rt-pcr studies of gene expression under drought Treatment in Barley (*hordeum vulgare* L.): the Effects of developmental Stage and Leaf Age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. № 5(64). P. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
10. Varga B., Vida G., Varga-Laszlo E. et al. Effect of simulating drought in various phenophases on the water use efficiency of winter wheat // Agronomy and Crop Science. 2015. № 1-9. P. 201. DOI: 10.1111/jac.12087.

References

1. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of study results)]: uchebnik dlya studentov vysshih sel'skokozyajstvennykh uchebnykh zavedeniy po agronomicheskim special'nostyam. Izd. 6-e, perepech. s 5-go izd. 1985 g. M.: Al'yans, 2011. 350 s.
2. Evdokimov M. G., Yusov V. S. Yarovaya tverdaya pshenica v Sibirskom Priirtysh'e [Spring durum wheat in the Siberian Irtysh region]. Omsk: ООО ИПЦ «Сфера», 2008. 160 с.
3. Nikolaev P.N., Yusova O. A., Anis'kov N. I. Agrobiologicheskaya harakteristika mnogoryadnykh golozernykh sortov yachmenya selekcii Omskogo ANC [Agrobiological characteristics of multilayer hull barley varieties of the Omsk ARC] // Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii. 2019. № 180(1). S. 37–43. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-38-43.
4. Pleshkov B. P. Praktikum po biohimii rasteniy [Practical work on plant biochemistry]. M.: Kolos, 1976. 256 s.
5. Rybas' I. A. Povyshenie adaptivnosti v selekcii zernovykh kul'tur [Adaptability improvement in grain crops breeding] // Sel'skokozyajstvennaya biologiya. 2016. № 51(5). S. 617–626.
6. Chayka V. M., Rubezhniak I. G., Grib O. G. Effect of Climatic changes on the Productivity of Agrocoenoses and semi-natural forest-steppe ecosystems // Science and Society. 2013. № 1. P. 192–201.
7. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties // Crop. sci. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
8. Lipka O. N. Methodological approaches to Climate change vulnerability assessment of Protected areas // Nature Conservation Research. 2017. № 2(3). P. 68–79.
9. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. Internal Standards for quantitative rt-pcr studies of gene expression under drought Treatment in Barley (*hordeum vulgare* L.): the Effects of developmental Stage and Leaf Age // Acta Physiologiae Plantarum. 2012. № 5(64). P. 1723–1733. DOI: 10.1007/s11738-012-0967-1.
10. Varga B., Vida G., Varga-Laszlo E. et al. Effect of simulating drought in various phenophases on the water use efficiency of winter wheat // Agronomy and Crop Science. 2015. № 1-9. P. 201. DOI: 10.1111/jac.12087.

Поступила: 12.08.20; принята к публикации: 04.12.20.

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.

Авторский вклад. Николаев П. Н., Юсова О. А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи; Николаев П. Н. – подготовка и проведение полевого опыта; Юсова О. А. – подготовка и проведение лабораторных исследований.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.