

СВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПОД ВЛИЯНИЕМ КОНТРАСТНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА

Ольга Викторовна Левакова, кандидат сельскохозяйственных наук

Евгения Дмитриевна Жаркова, младший научный сотрудник

Институт семеноводства и агротехнологий –

филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», с. Подвязье, Рязанская обл., Россия

E-mail: podvyaze@bk.ru

Аннотация. Полевые исследования проводили в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2018–2022 годах на селекционных полях ИСА – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ Рязанской области. Объект изучения – гидротермические условия региона, структурные элементы продуктивности лучших сортов собственной селекции (Виола, Фелиция, Галатея, Анфиса, Боярка, Ивита, Вимица (ГСИ), Адарка (ГСИ)) и три перспективные линии, имеющие стабильно высокую урожайность. Выявленные взаимосвязи между урожайностью и обуславливающими ее элементами продуктивности в непрерывно изменяющихся внешних условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ позволили установить, что количество растений перед уборкой – $r = +0,887$, масса 1000 зерен – $r = +0,806$, количество продуктивных стеблей – $r = +0,613$ и высота растений – $r = +0,494$ оказывают основное воздействие на формирование продуктивности выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы. Фактор, лимитирующий продуктивность зерновых культур в зоне проведения исследований, – дефицит атмосферного увлажнения. Сумма осадков и ГТК вегетационного периода значительно влияют на высоту растений ($r = +0,761...+0,863$), количество продуктивных стеблей ($r = +0,556...+0,687$), длину колоса ($r = +0,598...+0,684$), коэффициент продуктивной кустистости ($r = +0,592...+0,723$), количество зерен в колосе ($r = +0,304...+0,484$), массу зерна с колоса ($r = +0,301...+0,506$). Сумма эффективных температур имела отрицательную связь ($r \geq -0,500$) практически со всеми элементами продуктивности.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорт, линия, продуктивность, структура урожая, гидротермические условия, корреляционная связь

CORRELATION OF STRUCTURAL INDICATORS OF WINTER WHEAT WITH GRAIN PRODUCTIVITY INFLUENCED BY CONTRASTING METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE CENTRAL REGION

O.V. Levakova, PhD in Agricultural Sciences

E.D. Zharkova, Junior Researcher

Institute of Seed Production and Agrotechnologies –

branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Agroengineering Center VIM”,

Podvyazye village, Rязan region, Russia

E-mail: podvyaze@bk.ru

Abstract. Field research was carried out in the nursery of competitive variety testing in 2018–2022 on the selection fields of ISA-a branch of the FSBI FNAC VIM of the Rязan region. The objects of the study were the hydrothermal conditions of the region and the structural elements of the productivity of the best varieties of their own selection: Viola, Felicia, Galatea, Anfisa, Boyarka, Ivita, Vimitsa (GSI), Adarka (GSI) and 3 promising lines with consistently high yields over the years of research. The revealed interrelations between yield and the elements of productivity that determine it in the continuously changing external conditions of the Central region of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation allowed us to establish that such indicators as “number of plants before harvesting” – $r = +0.887$, “mass of 1000 grains” – $r = +0.806$, “number of productive stems” – $r = +0.613$ and “plant height” – $r = +0.494$ have the main influence on the formation of productivity of winter wheat varieties/lines selected for analysis. The main factor limiting the productivity of grain crops in the area of our research is the lack of atmospheric moisture. The amount of precipitation and the SCC of the growing season significantly affect the “height of plants” ($r = +0.761...+0.863$), “number of productive stems” ($r = +0.556...+0.687$), “ear length” ($r = +0.598...+0.684$), “coefficient of productive bushiness” ($r = +0.592...+0.723$), “the number of grains in the ear” ($r = +0.304...+0.484$), “the mass of grain from the ear” ($r = +0.301...+0.506$). The sum of effective temperatures had a negative relationship ($r \geq -0,500$) with almost all elements of productivity.

Keywords: winter soft wheat, variety/line, productivity, crop structure, hydrothermal conditions, correlation

Стратегия развития зернового хозяйства России предусматривает биологическую компоненту роста величины, качества и рентабельности урожая по мере повышения потенциальной и реализуемой продуктивности возделываемых сортов. [7–9] За последние годы увеличение валовых сборов зерна произошло из-за повышения адаптивности и урожайности зерновых культур, на что повлияло

внедрение в производство новых высокоурожайных сортов. [2, 5, 8, 10]

Актуальная проблема изучения взаимодействия генотипа и среды включает оценку изменчивости отдельных элементов продуктивности и их вклад в стабилизацию урожайности. [3, 11] Для совершенствования абстрактной модели сорта данной эколого-географической зоны, необходимо изучить вклад

каждого компонента в общий урожай. Существует мнение, что наиболее урожайные сорта с сильной выраженностью всех структурных элементов. [6] Перед селекционерами стоит задача увеличить валовые сборы зерна с помощью генетических ресурсов сорта. Один из факторов, отрицательно влияющий на количественные и качественные показатели производства зерна озимой мягкой пшеницы, — климатические (гидротермические) условия региона. Составляющие их показатели — динамическая величина, непостоянная по годам изучения и фазам развития растений. Установление причинно-следственных связей между гидротермическими условиями среды и продуктивностью зерновых культур — одна из важнейших задач на современном этапе развития эффективности агротехнологических приемов.

Цель работы — выявить основные элементы структурных показателей продуктивности выделенных сортов и линий озимой пшеницы на фоне контрастных метеоусловий Центрального региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на полях Института семеноводства и агротехнологий — филиале ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенного в лесостепной зоне Нечер-

ноземья РФ. Объект изучения — гидротермические условия региона и озимая мягкая пшеница, представленная лучшими сортами собственной селекции (*Виола*, *Фелиция*, *Галатейя*, *Анфиса*, *Боярка*, *Ивита*, *Вимица* (ГСИ), *Адарка* (ГСИ)) и тремя перспективными линиями, имеющими стабильно высокую урожайность по годам исследований.

Почва опытного участка — темно-серая лесная, тяжелосуглинистая, среднего уровня плодородия (рН_{сол.} (ГОСТ 26483-85) — 4,88 ед., содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) — 5,60%, подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) — 378,0 мг/кг почвы, подвижного калия (ГОСТ Р 54650-2011) — 275,0 мг/кг почвы, азота нитратного (ГОСТ 26951-86) — 41,4 мг/кг, азота аммонийного (ГОСТ 26489-85) — 4,43 мг/кг, обменного магния (ГОСТ 26487-85) — 2,16 ммоль/100 г).

Учет и анализ структуры урожая с последующей статистической обработкой проводили по соответствующим методикам. [1, 4] Биометрический анализ включал: количество растений перед уборкой, шт./м² (Р_у); высота растений, см (Н_р); количество продуктивных стеблей, шт./м² (П_С); длина колоса, см (Л_к); коэффициент кущения (К_к); количество зерен в колосе, шт. (К_З); масса зерна с колоса, г (т_к); масса 1000 зерен, г (m1000); средняя урожайность, т/га (У_{ср}).

Таблица 1.

Метеоусловия вегетационных периодов озимой пшеницы, 2018–2022 годы

Параметр	Осень			Весна–лето				
	сентябрь	октябрь	сумма	апрель	май	июнь	июль	сумма
2018								
Сумма осадков, мм	30,5	20,0	50,5	39,5	27,8	10,6	76,6	154,5
Сумма активных температур, °С	524	240,8	764,8	266,5	592,3	608,8	714,9	2182,5
Среднесуточная температура, °С	17,5	8,3	25,8	9,6	19,2	20,3	23,1	72,2
ГТК	0,6	0,8	0,7	1,5	0,5	0,2	1,1	0,7
2019								
Сумма осадков, мм	11,8	18,2	30,0	11,9	48,0	38,2	38,2	136,3
Сумма активных температур, °С	445,3	280,5	725,8	301,0	594,9	634,4	603,7	2134
Среднесуточная температура, °С	14,8	9,6	24,4	10,4	19,1	22,7	19,5	71,7
ГТК	0,3	0,6	0,4	0,4	0,8	0,6	0,6	0,6
2020								
Сумма осадков, мм	31,6	15,6	47,2	14,6	57,1	112,9	55,5	240,1
Сумма активных температур, °С	493,1	323,3	816,4	176,8	436,8	625,1	697,8	1936,5
Среднесуточная температура, °С	16,4	11,1	27,5	6,9	14,0	20,9	22,5	64,3
ГТК	0,6	0,5	0,6	0,8	1,3	1,8	0,8	1,2
2021								
Сумма осадков, мм	48,2	13,7	61,9	28,0	42,5	72,3	41,1	183,9
Сумма активных температур, °С	351	222,7	573,7	231,0	531	694,8	801,4	2258,2
Среднесуточная температура, °С	11,7	7,5	19,2	8,8	17,1	23,2	25,9	75,0
ГТК	1,4	0,6	1,1	1,2	0,8	1,0	0,5	0,8
2022								
Сумма осадков, мм	88,6	69,7	158,3	26,7	49,6	40,7	16,0	133
Сумма активных температур, °С	361,4	233,9	595,3	214,4	400,6	644,0	743,8	2002,8
Среднесуточная температура, °С	12,1	8,2	20,3	7,8	13,4	21,5	24,0	66,7
ГТК	2,5	3,0	2,6	1,2	1,2	0,6	0,2	0,7
Среднепогодные								
Сумма осадков, мм	40,0	47,0	87,0	28,0	37,0	52,0	64,0	181,0
Среднесуточная температура, °С	12,2	4,6	16,8	4,1	12,7	17,6	18,8	53,2

Показатели гидротермического коэффициента (ГТК) определяли в осенний (посев-кущение) и основной (апрель – июль) периоды вегетации по данным метеорологической станции ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (табл. 1).

Засушливые условия во время посева и в начале вегетации сложились в 2018–2020 годы. Неблагоприятные годы активной весенне-летней вегетации растений озимой пшеницы – 2018 и 2019, недобор осадков – до 33%.

За годы исследований установлена направленность к увеличению температурного режима в фазы активной вегетации озимой пшеницы.

Наиболее контрастным был 2020 год, когда растения озимой пшеницы развивались при обильных осадках, с резкими колебаниями среднесуточных температур. Выпавшие в I декаде июня (ГТК = 3,9) осадки спровоцировали полегание растений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ корреляционных взаимосвязей биометрических показателей на урожайность выявил неоднозначный характер в зависимости от условий внешней среды. Связь между признаками и урожайностью усложняется неустойчивостью метеорологических элементов в течение вегетационного периода по годам.

В зависимости от метеоусловий среднесортная урожайность выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания за пять последних лет изменялась от 3,42 (2019 год) до 7,29 т/га (2018) при средней урожайности 5,90 т/га (табл. 2). Показатель, характеризующий разброс значений относительно среднего уровня или коэффициент вариации (Cv), установил, что в годы с дефицитом влаги коэффициент вариации урожайности имел низкие значения

Таблица 2.

Элементы продуктивности сортов и линий озимой пшеницы по годам и их взаимосвязь с продуктивностью и метеоусловиями, 2018–2022 годы

	Рy	Нр	ПС	Лк	КЗ	тк	m1000	КК	Уср
2018									
Среднее	187,81	90,81	474	9,06	38,8	1,92	49,51	2,52	7,29
Корреляция/урожайность	+0,412	+0,221	+0,612	+0,501	-0,034	+0,300	+0,362	+0,313	—
Стандарт отклонения	15,35	6,15	63,6	0,59	3,13	0,15	3,57	0,23	0,63
Вариация	8,17	6,77	13,42	6,56	8,08	7,97	7,22	9,2	8,7
2019									
Среднее	148,72	86,36	411,49	9,81	41,08	1,77	43,03	2,8	3,42
Корреляция/урожайность	-0,336	+0,293	+0,011	-0,652	+0,272	+0,556	+0,554	+0,413	—
Стандарт отклонения	23,04	7,61	60,56	0,58	3,08	0,18	2,95	0,37	0,45
Вариация	15,49	8,81	14,72	5,91	7,49	10,38	6,87	13,07	13,28
2020									
Среднее	165,45	118,41	620,73	9,85	36,47	1,63	44,64	3,62	6,57
Корреляция/урожайность	-0,100	-0,042	-0,175	-0,051	-0,063	+0,021	+0,097	+0,132	—
Стандарт отклонения	28,03	4,78	85,66	0,8	4,16	0,22	3,77	0,26	1,07
Вариация	16,94	4,04	13,8	8,16	11,4	13,78	8,45	7,6	16,27
2021									
Среднее	151,45	99,95	424,36	11,09	42,92	2,01	46,76	2,83	5,22
Корреляция урожайность	-0,352	+0,384	-0,333	+0,451	+0,540	+0,411	+0,061	+0,293	—
Стандарт отклонения	31,14	6,26	58,06	0,62	2,89	0,19	3,40	0,3	0,52
Вариация	20,56	6,27	13,68	5,58	6,74	9,58	7,27	10,62	10,02
2022									
Среднее	175,64	105,95	516,18	10,95	46,23	2,26	49,0	2,98	7,24
Корреляция/урожайность	+0,622	+0,182	+0,564	-0,526	-0,492	-0,450	+0,173	-0,491	—
Стандарт отклонения	33,16	8,83	67,28	0,56	3,67	0,16	2,66	0,31	0,974
Вариация	18,88	8,33	13,03	5,11	7,93	6,93	5,42	10,48	13,46
Среднее									
Среднее	165,8	101,7	489,4	10,2	41,1	1,9	46,6	2,9	5,9
Коэффициент вариации	9,9	12,66	17,24	8,39	9,13	12,5	5,96	13,9	27,59
Корреляция с суммой эффективных температур	-0,040	-0,657	-0,476	-0,677	-0,553	-0,495	-0,148	-0,531	-0,34
Корреляция с суммой осадков	+0,075	+0,863	+0,687	+0,598	+0,304	+0,301	+0,115	+0,723	+0,447
Корреляция с ГТК	+0,139	+0,761	+0,556	+0,684	+0,484	+0,506	+0,278	+0,552	+0,493
Корреляция с урожаем	+0,887	+0,494	+0,613	-0,079	-0,025	+0,363	+0,806	+0,128	

Примечание. Рy – количество растений перед уборкой, шт/м²; Нр – высота растений, см; ПС – количество продуктивных стеблей, шт/м²; Лк – длина колоса, см; КК – коэффициент кушения; КЗ – количество зерен в колосе, шт.; тк – масса зерна с колоса, г; m1000 – масса 1000 зерен, г; Уср – средняя урожайность, т/га.

($C_v = 8,7...13,46\%$), в год с избытком влаги – увеличивался до 16,27%.

Количество продуктивных стеблей (ПС) во все годы исследований варьировало в средней степени ($C_v = 13,03...14,75\%$) – от 412 (2019 год) до 621 (2020), имея значимую связь с урожайностью, коэффициент корреляции – +0,613.

Амплитуда изменчивости по длине колоса (Лк) была незначительной – $C_v = 8,39\%$. Средний показатель длины колоса – 10,2 см. Самое низкое значение данного элемента (9,06 см) зафиксировано в острозасушливом 2018 году, максимальное (11,0) в 2021. Именно в эти годы установлена его средняя связь с урожайностью – коэффициент корреляции +0,451...+0,501. Среднегодовые показатели не выявили связи длины колоса с зерновой продуктивностью – $r = -0,079$.

Количество зерен в колосе (КЗ) важно при селекции на продуктивность. У среднегодового признака хороший показатель – 41,1 шт. и низкое варьирование по годам – в среднем $C_v = 9,13\%$. Обнаружена значимая связь между Лк и КЗ (+0,757). Самое низкое (38,8 шт.) и максимальное (42,9 шт.) значения данного признака проявлялись в те же годы, что и Лк. По среднегодовым показателям связи КЗ с зерновой продуктивностью не обнаружено – $r = -0,025$. Так же сильная существенная связь ($r = +0,903$) найдена между КЗ и массой зерна с колоса (mk), mk и массой 1000 зерен (m 1000) – $r = +0,725$. Масса 1000 зерен характеризовалась ее высокими значениями – 46,9 г и имела самую минимальную из всех структурных показателей изменчивость – в среднем $C_v = 5,9\%$. Летом 2020 года с выпадением большого количества осадков mk и m 1000 уменьшались из-за полегания растений – 1,63 шт. и 44,6 г соответственно.

Из всех структурных показателей значимое влияние на зерновую продуктивность выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы оказали элементы структуры: количество растений перед уборкой (Py) – $r = +0,887$, m 1000 – $r = +0,806$, ПС – $r = +0,613$, высота растений (Нр) – $r = +0,494$.

Основной фактор, лимитирующий продуктивность зерновых культур в наших исследованиях, – дефицит атмосферного увлажнения. Для выяснения роли гидротермических условий вегетационных периодов проведен корреляционный анализ, результаты которого свидетельствуют, что сумма осадков и ГТК вегетационного периода значительно влияют на Нр ($r = +0,761...+0,863$), ПС ($r = +0,556...+0,687$), Лк ($r = +0,598...+0,684$), коэффициент продуктивной кустистости (КК) ($r = +0,592...+0,723$), КЗ ($r = +0,304...+0,484$), mk ($r = +0,301...+0,506$), следовательно, и на зерновую продуктивность сортов и линий озимой пшеницы – $r = +0,447...+0,493$.

Существенно ($r > +0,800$) ГТК осени (сентябрь, октябрь) повлиял на элементы продуктивности: Нр и mk; средняя связь ($r > +0,600$) обнаружена между m 1000 и Лк; умеренная ($r > +0,300$) – Py и зерновой продуктивностью. Тесные связи с влагообеспеченностью обусловлены тем, что в эти интервалы закладывается будущая структура урожая. ГТК весенне-летнего периода (апрель, май, июнь, июль) обеспечил сильную связь ($r > +0,800$) с Нр, ПС и КК, умеренную ($r = +0,319$) – с урожайностью сортов и линий озимой пшеницы.

Зависимость структурных показателей изучаемых сортов и номеров от суммы эффективных температур за время исследований носила отрицательный вектор. Все годы наблюдений отличались повышенным температурным режимом во все фазы роста и развития озимой пшеницы, по сравнению со средними многолетними значениями. Явное повышение дневных и среднесуточных температур воздуха в июне-июле, а также критически низкое количество выпавших осадков или их отсутствие, порождали развитие почвенной и воздушной засух. Средняя отрицательная связь ($r > -0,500$) была с Нр, Лк, КЗ, КК; умеренная ($r = -0,476...-0,495$) – ПС и mk.

Выводы. Выявленные взаимосвязи между урожайностью и обуславливающими ее элементами продуктивности в непрерывно изменяющихся внешних условиях Центрального региона Нечерноземной зоны РФ позволили установить, что количество растений перед уборкой (Py) – $r = +0,887$, масса 1000 зерен (m 1000) – $r = +0,806$, количество продуктивных стеблей (ПС) – $r = +0,613$ и высота растений (Нр) – $r = +0,494$ существенно влияют на формирование продуктивности выделенных для анализа сортов и линий озимой пшеницы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2011. 351 с.
2. Левакова О.В., Дедушев И.А., Ерошенко Л.М. и др. Влияние агрометеорологических изменений климата на зерновую продуктивность ярового ячменя в условиях Нечерноземной зоны РФ // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 1. С. 128–135. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135.
3. Левакова О.В., Жаркова Е.Д. Влияние массы 1000 зерен на урожайность и качество зерна озимой пшеницы разных групп спелости в Рязанской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 22–25. DOI: 10.30850/vrns/2022/3/22-25.
4. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. В.И. Головачева, Е.В. Кирилловской. М: Калининская областная типография, 1989. 194 с.
5. Романенко А.А., Беспалова Л.А., Котляров Д.В. Экономическая эффективность производства зерна на основе новых сортов озимой пшеницы селекции КННИСХ им. П.П. Лукьяненко // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 3. С. 15–188.
6. Сандухадзе Б.И., Мамедов Р.З., Крахмалева М.С., Бугрова В.В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы ее структуры и адаптивные свойства в условиях нечерноземной зоны // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. № 3. С. 17–22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22.
7. Eroshenko L.M., Levakova O.V. Spring barley varieties and perspective ranges laboratory screening against artificially created salinity stress backgrounds // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 843. 012004. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012004.
8. Hughey L. Biological consequences of global warming is the signal already apparent. Trends in Ecology & Evolution. 1. 2000. Vol. 15 (2). P. 56–61. DOI: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4.
9. Sun C., Zhang F., Yan X. et al. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Val-

ley of China // Plant Biotechnology Journal. 2017. № 15. PP. 953–969. DOI: 10.1111/pbi.12690.

10. Yan X., Zhao L., Ren Y. et al. Genome-wide association study revealed that the TaGW8 gene was associated with kernel size in Chinese bread wheat // Scientific Reports. 2019. № 9. 2702. DOI: 10.1038/s41598-019-38570-2.
 11. Zhang L.Y., Liu D.C., Guo X.L. et al. Genomic distribution of quantitative trait loci for yield and yield-related traits in common wheat // Journal of Integrative Plant Biology. 2010. № 52 (11). PP. 996–1007. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2010.00967.x.
- REFERENCES**
1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Al'yans, 2011. 351 s.
 2. Levakova O.V., Dedushev I.A., Eroshenko L.M. i dr. Vliyanie agrometeorologicheskikh izmenenij klimata na zernovuyu produktivnost' yarovogo yachmenya v usloviyah Nechernozemnoj zony RF // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2022. T. 17. № 1. С. 128–135. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-1-128-135.
 3. Levakova O.V., Zharkova E.D. Vliyanie massy 1000 zeren na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy raznyh grupp spelosti v Ryazanskoj oblasti // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2022. № 3. S. 22–25. DOI: 10.30850/vrsn/2022/3/22-25.
 4. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur / pod red. V.I. Golovacheva, E.V. Kirilovskoj. M: Kalininskaya oblastnaya tipografiya, 1989. 194 s.
 5. Romanenko A.A., Bespalova L.A., Kotlyarov D.V. Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva zerna na osnove novyh sortov ozimoy pshenicy selekcii KNNISKH im. P.P. Luk'yanenko // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2016. № 3. S. 15–188.
 6. Sanduhadze B.I., Mamedov R.Z., Krahmaleva M.S., Bugrova V.V. Urozhajnost' sortov ozimoy myagkoj pshenicy, elementy ee struktury i adaptivnye svojstva v usloviyah nechernozemnoj zony // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2021. № 3. S. 17–22. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-17-22.
 7. Eroshenko L.M., Levakova O.V. Spring barley varieties and perspective ranges laboratory screening against artificially created salinity stress backgrounds // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. 843. 012004. DOI: 10.1088/1755-1315/843/1/012004.
 8. Hughey L. Biological consequences of global warming is the signal already apparent. Trends in Ecology & Evolution. I. 2000. Vol. 15 (2). P. 56–61. DOI: 10.1016/S0169-5347(99)01764-4.
 9. Sun C., Zhang F., Yan X. et al. Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China // Plant Biotechnology Journal. 2017. № 15. PP. 953–969. DOI: 10.1111/pbi.12690
 10. Yan X., Zhao L., Ren Y. et al. Genome-wide association study revealed that the TaGW8 gene was associated with kernel size in Chinese bread wheat // Scientific Reports. 2019. № 9. 2702. DOI: 10.1038/s41598-019-38570-2.
 11. Zhang L.Y., Liu D.C., Guo X.L. et al. Genomic distribution of quantitative trait loci for yield and yield-related traits in common wheat // Journal of Integrative Plant Biology. 2010. № 52(11). RR. 996–1007. DOI: 10.1111/j.1744-7909.2010.00967.x.

Поступила в редакцию 13.03.2023

Принята к публикации 27.03.2023