

ПОТРЕБНОСТЬ В ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЯРОВИЗАЦИИ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

✉ Мусинов К.К., Козлов В.Е., Сурначёв А.С., Лихенко И.Е.

*Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал
Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики
Сибирского отделения Российской академии наук»*

Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

✉ e-mail: musinov29@gmail.com

Потребность в яровизации – определенное по продолжительности влияние низких положительных температур с целью обеспечения перехода растений к генеративному развитию. Если требование по продолжительности яровизации не выполняется, растение не вступает в стадию образования генеративных органов. Определена яровизационная потребность образцов озимой мягкой пшеницы различного географического происхождения. Дана оценка влияния продолжительности периода яровизации на степень выраженности элементов структуры урожая. Материалом исследования служили 15 сортообразцов озимой мягкой пшеницы различного географического происхождения. Образцы проращивали в бумажных рулонах, затем яровизировали в климатической камере при температуре 3–5 °С на протяжении 60, 50, 40 сут. По окончании яровизации высаживали в теплице по 10 растений каждого образца. Отмечали даты наступления фенологических фаз: выхода в трубку, колошения, цветения. Для определения основных элементов структуры урожая проведен структурный анализ растений. С увеличением периода яровизации отмечено сокращение межфазных периодов от выхода в трубку до цветения. Влияние сроков яровизации отмечено на проявление признака длина колоса. Установлено, что общее количество стеблей и количество продуктивных стеблей почти у всех сортов уменьшается с увеличением периода яровизации. Выявлены существенные различия между коллекционными сортами в потребности яровизации, обусловленные как их географическим происхождением, так и генотипом растений. У всех изучаемых форм с увеличением периода яровизации в различной степени увеличивался темп развития растения, уменьшались общее количество стеблей, продуктивный стеблестой и длина колоса.

Ключевые слова: озимая пшеница, яровизация, сорт, генеративная стадия развития

THE NEED FOR THE VERNALIZATION DURATION OF SOFT WINTER WHEAT COLLECTION SAMPLES

✉ Musinov K.K., Kozlov V.E., Surnachev A.S., Likhenko I.E.

*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch
of the Federal Research Center “Institute of Cytology and Genetics
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”*

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: musinov29@gmail.com

The need for vernalization is a duration-dependent effect of low, positive temperatures in order to ensure the plants' transition to generative development. If the requirement for the duration of germination is not met, the plant will not enter the stage of forming generative organs. The vernalization requirements of winter soft wheat samples of different geographical origins are determined. An assessment of the vernalization period duration influence on the severity of the elements of the yield structure is given. The research material consisted of 15 cultivars of soft winter wheat of various geographic origin. The samples were germinated in paper rolls, then vernalized in a climatic chamber at a temperature of 3–5 °C for 60, 50, and 40 days. At the end of vernalization, 10 plants of each sample were planted in a greenhouse. The dates of the onset of phenological phases were noted: tube emergence, earing, flowering. To determine the main elements of the yield structure, a structural analysis of plants was carried out. With an increase in the vernalization period, a decrease in the interfa-

cial periods from tube emergence to flowering was noted. The influence of the timing of vernalization was noted on the manifestation of the spike length trait. It was found that the total number of stems and the number of productive stems in almost all varieties decreases with an increase in the period of vernalization. Significant differences between collection varieties in the need for vernalization, due to both their geographical origin and the genotype of plants are revealed. In all the studied forms, with an increase in the period of vernalization, the rate of plant development increased to varying degrees, the total number of stems, the productive stem and the length of the spike decreased.

Keywords: winter wheat, vernalization, variety, generative stage of development

Для цитирования: Мусинов К.К., Козлов В.Е., Сурначёв А.С., Лихенко И.Е. Потребность в продолжительности яровизации коллекционных образцов мягкой озимой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 6. С. 31–38. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-6-4>

For citation: Musinov K.K., Kozlov V.E., Surnachev A.S., Likhenko I.E. The need for the vernalization duration of soft winter wheat collection samples. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 6, pp. 31–38. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-6-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН № 0259-2021-0018.

Acknowledgements

This work was supported by ICG SB RAS Budget Project No 0259-2021-0018.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эволюционного развития у вида мягкой озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. возникли разнообразные генетические механизмы, позволяющие управлять адаптивными реакциями, которые регулируются действием температуры [1, 2]. Продолжительность вегетационного периода у мягкой пшеницы – важный адаптивный признак, определяющий продуктивность растения и устойчивость к биотическим и абиотическим факторам: засухе, низким температурам, болезням и вредителям [3]. Гены чувствительности к яровизации (*VRN*) являются основными генетическими системами, определяющими продолжительность вегетационного периода в целом, а также длительность основных этапов органогенеза [4–6]. Данные генетические системы инициируют переход растений пшеницы из вегетативной к генеративной стадии развития. Потребность в яровизации – определенное по продолжительности влияние низких положительных температур с целью обеспечения перехода растений к генеративному развитию [7]. Если требование по продол-

жительности яровизации не выполняется, растение не вступает в стадию образования генеративных органов [8]. Потребность в низкой положительной температуре помогает избежать воздействия неблагоприятных факторов внешней среды поздней осенью и зимой и максимально использовать благоприятный для роста и развития весенне-летний период вегетации.

Сорта озимой пшеницы по продолжительности яровизации имеют существенные различия – от 15 до 60 сут и более [9, 10]. Считается, что сортам различного географического происхождения свойственна определенная потребность в продолжительности яровизации [11]. Более длительная характерна для сортов, возделываемых в зонах с продолжительным зимним периодом. При широком использовании местных сортов, которые на протяжении десятков лет адаптировались к определенным климатическим условиям, наблюдали увеличение яровизационной потребности при продвижении с юга на север [7]. Установлено, что различия по продолжительности стадии яровизации влияют на длину периода от всходов до кошения, засухо-, зимо-, морозостойкость,

массу зерна с колоса и урожайность [11, 12]. Сокращение продолжительности стадии яровизации до 30–40 сут способствует существенному увеличению урожайности, но в то же время приводит к снижению зимо- и морозостойкости современных сортов [10]. Долговременная яровизация обеспечивает высокую адаптивность к жестким природным условиям, но мешает быстрому развитию растений весной [13, 14]. Продуктивность и адаптивность сортов озимой мягкой пшеницы тесно связаны с устойчивостью растений к стрессовым условиям зимовки. Она, в свою очередь, зависит от скорости прохождения и продолжительности этапов органогенеза, которые в значительной степени обусловлены влиянием генетических систем, контролирующих продолжительность периода яровизации.

Цель исследования – определить яровизационную потребность образцов мягкой озимой пшеницы различного географического происхождения и оценить влияние продолжительности периода яровизации на элементы структуры урожая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена в теплице Института цитологии и генетики СО РАН (Новосибирск) в 2020 г. Материалом для исследований послужили 15 сортообразцов мягкой озимой пшеницы различного географического происхождения, поученные из коллекций ВИР, СИММИТ, а также из собственной рабочей коллекции. Образцы проращивали в бумажных рулонах, затем яровизировали на протяжении 60, 50, 40 сут в климатической камере при температуре 3–5 °С, влажности 85%, освещенности 1,5 тыс. лк с длительностью освещения 8 ч в сутки. По окончании яровизации в теплице высадили по 10 растений каждого образца. Растения выращивали в условиях температурного режима 18–20 °С, освещенности в солнечный день 4–5 тыс. лк, в пасмурный – 2–3 тыс. лк, длительности освещения 16 ч в сутки. От-

мечали даты наступления фенологических фаз: выхода в трубку, колошения, цветения.

Продолжительность яровизации считали достаточной для удовлетворения яровизационной потребности в том случае, если растения полностью выколашивались через 50 дней после высадки. После уборки проведен структурный анализ растений для определения основных элементов структуры урожая по методике ВИР¹. Статистические расчеты проведены в программе Snedecor.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучаемые образцы озимой пшеницы показали различную потребность в длительности яровизации. С ее увеличением отмечено сокращение межфазных периодов от выхода в трубку до цветения.

Семи сортообразцам из 15 (Краснообская озимая, Новосибирская 3, Скипетр, Поэма, Ларс, Чех 9015-15, Utes) недостаточно 40 сут для прохождения фазы яровизации, поэтому по истечении данного периода они не перешли к генеративной стадии развития (см. табл. 1). У этих образцов увеличение сроков яровизации от 50 до 60 сут привело к незначительным (до 2–4 сут) изменениям в темпах развития.

Различия по продолжительности межфазных периодов у остальных 8 образцов, вступивших в фазу колошения после 40 сут, были более значительными и варьировали от 2–3 до 8–10 сут. Растения сорта Banko на всех сроках яровизации вступили в фазу выхода в трубку одновременно и лишь фаза цветения наступила на двое суток раньше – при 60 днях яровизации. У коллекционного образца Волжская разница между вступлением в фазу колошения и цветения при яровизации 40 и 60 сут составила 10 дней, разница в темпах развития после яровизации в 50 и 60 сут была незначительной и варьировала от 1 до 2 сут.

По данным двухфакторного дисперсионного анализа, влияние изучаемых факторов достоверно (см. табл. 2). По всем показате-

¹Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгиплоса и тритикале: методические указания / А.Ф. Мережко, Р.А. Удачин, Е.В. Зуев и др. СПб., ВИР, 1999. – 82 с.

Табл. 1. Продолжительность межфазных периодов в зависимости от продолжительности периода яровизации озимой пшеницы, сут**Table 1.** Duration of interphase periods depending on the duration of the winter wheat vernalization period, days

Сорт	Происхождение	Продолжительность яровизации								
		60	50	40	60	50	40	60	50	40
		Выход в трубку			Колошение			Цветение		
Новосибирская 40	Новосибирская область	27	30	30	34	33	38	38	38	42
Краснообская озимая		29	29	–	38	40	–	42	48	–
Новосибирская 3		28	28	–	37	37	–	41	42	–
Скипетр	Московская область	29	30	–	36	37	–	39	42	–
Поэма	Владимирская область	27	29	–	34	35	–	38	38	–
Волжская	Ульяновская область	28	27	37	34	33	44	38	38	48
Banko	Германия	24	24	24	33	32	33	36	38	38
Ларс		30	35	–	36	41	–	41	45	–
Чех 9015-15	Чехия	35	37	–	43	45	–	47	50	–
Со 07 W 245	США	24	28	31	30	32	38	33	37	41
KS 920-709		26	27	30	31	33	35	36	39	41
Utes		30	30	–	34	35	–	39	41	–
SWW 1-135	Казахстан	29	29	32	33	35	39	37	39	43
Jcam/Emu	Турция	29	30	31	34	34	37	39	39	41
Alpu		26	27	30	32	33	37	35	36	42
НСР _{0,05}		1,2	1,0	0,9	1,1	1,2	0,8	1,0	1,2	1,1

Примечание. Прочерк означает, что растения не перешли в генеративную стадию развития.

Табл. 2. Двухфакторный дисперсионный анализ показателей продуктивности коллекционных образцов мягкой озимой пшеницы в зависимости от продолжительности периода яровизации**Table 2.** Two-factor analysis of variance indicators of soft winter wheat collection samples productivity depending on the duration of the vernalization period

Фактор	Признак								$F_{\text{табл.0.5}}$
	Общее количество стеблей		Продуктивный стеблестой		Длина колоса		Масса зерна с растения		
	Доля влияния фактора, %	$F_{\text{факт.}}$	Доля влияния фактора, %	$F_{\text{факт.}}$	Доля влияния фактора, %	$F_{\text{факт.}}$	Доля влияния фактора, %	$F_{\text{факт.}}$	
Общая	100		100		100		100		
Сорт (А)	12,6	5,3	18,3	15,2	4,6	24,4	11,4	7,1	1,8
Срок яровизации (В)	13,8	42,9	15,3	86,4	31,4	1162,7	10,8	46,4	3,0
A × В	43,1	14,7	39,3	18,3	58,6	155,2	44,4	16,4	1,0
Ошибка	30,5		27,1		5,4		33,4		

лям подтвердилось взаимодействие факторов «сорт» и «срок яровизации». Именно взаимодействие факторов оказало наибольшее влияние – от 39,3% (продуктивный стеблестой) до 58,6% (длина колоса). Доля влияния срока яровизации оказалась наибольшей у показателя длина колоса – 31,4%.

Результаты структурного анализа растений озимой пшеницы разных сроков яровизации показывают, что как общее число стеблей, так и число продуктивных стеблей почти у всех сортов снижалось с увеличением периода яровизации (см. табл. 3). В среднем общее число стеблей уменьшалось от 8,7 (яровизация 40 сут) до 6,74 (60 сут). Максимальный стеблестой отмечен при яровизации 40 сут: 12,8 шт. у сорта Banko и 12,6 шт. у сорта Новосибирская 40.

Среднее число продуктивных стеблей у изучаемых генотипов составляло 6,3 при продолжительности яровизации 60 сут и увеличивалось до 7,5 при 40 сут. Реакция сортов по данному признаку на различные сроки яровизации оказалась неоднозначной. Достоверное снижение продуктивной кустистости при увеличении периода яровизации до 60 сут отмечено у сортов Краснообская озимая, Скипетр, Ларс, Banko. У образцов Поэма, Волжская, KS 920-709, Utes продуктивный стеблестой практически сопоставим при всех сроках яровизации.

Сорта Ларс, Banko и Поэма сформировали наиболее высокий стеблестой (6,9–10,0 шт.). При этом у них зарегистрировано минимальное количество непродуктивных стеблей.

Табл. 3. Показатели структурного анализа озимой пшеницы в зависимости от продолжительности периода яровизации

Table 3. Indicators of the structural analysis of winter wheat depending on the duration of the vernalization period

Сорт	Длительность яровизации, сут											
	60	50	40	60	50	40	60	50	40	60	50	40
	Общее число стеблей, шт.			Продуктивный стеблестой, шт.			Длина колоса, см			Масса зерна с растения, г		
Новосибирская 40 (стандарт)	4,1	7,0	12,6	4,1	6,9	7,9	7,17	7,67	9,79	3,79	7,31	7,63
Краснообская озимая	5,1	12,2	–	5,1	7,8	–	8,51	9,43	–	5,66	8,10	–
Новосибирская 3	5,7	6,8	–	5,6	6,6	–	8,95	9,55	–	6,82	8,51	–
Скипетр	5,4	13,8	–	5,4	8,0	–	8,27	9,37	–	7,58	10,89	–
Поэма	9,3	9,0	–	9	8,4	–	9,36	10,70	–	9,19	9,49	–
Волжская	6,1	6,3	8,5	6,1	6,3	7,9	5,86	6,71	8,07	4,33	4,69	8,23
Banko	7,0	7,5	12,8	6,9	7,5	9,6	5,41	6,84	7,18	3,67	4,57	6,74
Ларс	8,2	10,0	–	7,9	10,0	–	8,65	10,00	–	8,74	13,95	–
Чех 9015-15	11,7	11,2	–	6,3	5,8	–	8,69	9,68	–	6,66	5,07	–
Utes	4,8	6,4	–	4,1	4,7	–	6,97	8,71	–	3,20	4,94	–
Со 07 W 245	6,9	5,8	8,7	6,8	5,8	8,4	6,10	6,37	7,72	5,57	5,36	9,04
KS 920-709	6,5	6,3	6,4	6,3	6,2	6,4	6,35	6,74	6,98	6,03	6,20	5,45
SWW 1-135	6,9	4,8	8,4	6,9	4,8	7,1	6,42	7,52	8,26	7,46	5,04	10,10
Jcam/Emu	6,3	7,8	5,9	6,3	7,7	5,9	6,39	7,02	7,65	6,01	6,33	5,88
Alpu	7,1	5,2	6,5	7,1	4,7	6,5	6,77	7,25	6,13	6,49	3,71	7,98
Среднее	6,7	8,0	8,7	6,3	6,8	7,5	7,32	8,24	7,70	6,10	6,94	7,63
HCP (5%)	2,0	3,0	2,7	1,6	1,4	1,8	0,58	0,69	0,59	2,02	2,22	2,20

Отмечено влияние сроков яровизации на длину колоса. С сокращением сроков яровизации данный признак увеличивался. Достоверное повышение длины колоса отмечено у сортов Новосибирская 40, Волжская, SWW1-135 при увеличении периода яровизации от 40 до 60 сут. У образцов Краснообская озимая, Скипетр, Ларс, Utes при уменьшении срока яровизации на 10 сут (от 50 до 60) длина колоса достоверно увеличивалась. У сортов Новосибирская 3, Поэма, Jcam/Emu, Alpi длина колоса практически не изменялась или увеличивалась в пределах ошибки опыта.

По мере уменьшения периода яровизации увеличение продуктивного стеблестоя и длины колоса у ряда образцов обусловили повышение продуктивности растений. Почти у всех образцов, имеющих потребность в яровизации 40 сут, отмечено достоверное превышение массы зерна с растения по сравнению с 60 сут. Исключение составили образцы из Турции Jcam/Emu, Alpi и образец из США KS 920-709. У образцов с более длительным периодом яровизации данная тенденция сохранилась, масса зерна с растения при яровизации 50 сут выше, чем при 60 сут.

У двух образцов из США (Co 07 W 245 и KS 920-709) и двух образцов из Турции (Jcam/Emu и Alpi) на всех сроках яровизации наблюдали относительно одинаковые показатели элементов структуры урожая. Это свидетельствует о том, что растения при разной длительности яровизации развивались сравнительно одинаково. Можно предположить, что у этих сортов низкая потребность в яровизации: им достаточно 40 сут для полноценного перехода к генеративной стадии развития. При этом скорость развития замедлялась от 2 (Jcam/Emu) до 8 сут (Co 07 W 245) по сравнению с 60 сут яровизации.

Четыре сортообразца Новосибирская 40, Волжская, Banko, SWW 1-135 также показали низкую потребность в яровизации. Однако в отличие от ранее указанных образцов их показатели структурного анализа при сроке яровизации 40 сут существенно отличались от результатов, полученных при более длительной яровизации. У Новосибирской 40

и Banko общее количество стеблей существенно превышало количество продуктивных стеблей, что может отрицательно повлиять на густоту посевов. У сортов Волжская и SWW 1-135 эта разница была почти минимальной.

У остальных образцов наблюдали достаточную потребность в яровизации 50 сут. Этого периода им хватило, чтобы перейти в генеративную стадию развития. Образцы Новосибирская 3, Поэма, Utes показали сопоставимые данные по элементам структуры урожайности при яровизации 50 и 60 сут: при обоих сроках растения развивались одинаково хорошо. Это подтверждает и то, что при изменении сроков яровизации данные образцы несущественно замедлились в развитии.

Сорта Краснообская озимая, Скипетр и Ларс при продолжительности яровизации 50 сут сформировали элементы структуры урожая заметно выше, чем при более продолжительном сроке. У сортов Краснообская озимая и Скипетр сформировалось большое количество непродуктивных стеблей при 50-суточной яровизации в отличие от сорта Ларс, где непродуктивные стебли отсутствовали. Образцу Чех 9015-15 для перехода в генеративную стадию оказалось достаточно 50 сут яровизации, но и при 50, и при 60 сут данный образец очень активно кустился. В обоих случаях продуктивный стеблестой был почти в 2 раза ниже общего количества стеблей. Это может свидетельствовать о том, что потребность в яровизации 50–60 сут для данного образца не в полной мере соответствует для оптимального развития.

Сорта сибирской селекции Новосибирская 3 и Краснообская озимая в отличие от сорта Новосибирская 40 показали различную потребность в яровизации, что, возможно, объясняется их происхождением. Сорт Новосибирская 3 получен на основе межвидовой гибридизации с использованием озимой тритикале. Цитологический анализ показал наличие в геноме растений транслокации хромосомы ржи [14]. Данная транслокация отмечена и у сорта Краснообская озимая, в родословную которого входит сорт Новосибирская 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение потребности в яровизации коллекционных образцов озимой пшеницы выявило существенные различия между сортами, обусловленные как их географическим происхождением, так и генотипом растений. У всех изученных форм с увеличением периода яровизации в различной степени увеличивался темп развития, уменьшались общее число стеблей, продуктивный стеблестой и длина колоса. При 60 сут яровизации продуктивный стеблестой образцов близок к общему количеству стеблей. Данное соотношение снижается по мере уменьшения периода яровизации. При долговременной яровизации (до 60 сут) у большинства образцов снижалась масса зерна с растений по сравнению с яровизацией в 50 и 40 сут.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Файт В.И. Генетический контроль продолжительности яровизации сортов озимой пшеницы // Экологическая генетика. 2006. Т. 4. № 2. С. 29–36.
2. Файт В.И., Симоненко Л.К., Мокану Н.В., Попова Н.В. Хромосомная локализация генов контроля продолжительности яровизации (vrd) озимой мягкой пшеницы // Генетика. 2007. Т. 43. № 2. С. 202–208.
3. Chumanova E.V., Efremova T.T., Kruchinina Y.V., Pershina L.A. Development and investigation of common wheat lines of winter cultivar Bezostaya 1 with combinations of dominant alleles of VRN-1 loci // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. Vol. 22 (8). P. 951–956. DOI: 10.18699/VJ18.437.
4. Стельмах А.Ф., Файт В.И. Разнообразие генотипов современных сортов озимой мягкой пшеницы по потребности в яровизации и фоточувствительности // Молекулярная и прикладная генетика. 2011. Т. 12. С. 15–17.
5. Киселева А.А., Салина Е.А. Генетические механизмы формирования времени колошения мягкой пшеницы // Генетика. 2018. Т. 54. № 4. С. 381–396. DOI: 10.7868/S001667581804001X.
6. Пирый А.В., Булавка Н.В., Юрченко Т.В. Фотопериодическая чувствительность и яровизационная потребность сортов мягкой пшеницы озимой (*Triticum aestivum* L.) мироновской селекции // Зерновое хозяйство. 2018. Т. 2. № 2. С. 261–266. DOI: 10.31867/2523-4544/0034.

7. Булавка Н.В. Яровизационная потребность сортов озимой мягкой пшеницы в связи с их морозоустойчивостью // Земледелие и селекция в Беларуси. 2014. № 50. С. 383–392.
8. Košner J., Pánková K. Vernalisation Response of Some Winter Wheat Cultivars // Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 2002. Vol. 38. N 3–4. P. 97–103.
9. Файт В.И. Изогенные линии озимой пшеницы по генам контроля продолжительности яровизации // Информационный вестник ВОГиС. 2006. Т. 10. № 3. С. 580–587.
10. Файт В.И. Эффекты генов контроля продолжительности яровизации (Vrd) по агрономическим признакам в озимой мягкой пшенице // Цитология и генетика. 2007. № 5. С. 18–26.
11. Булавка Н.В., Голик Л.Н. Яровизационная потребность современных сортов пшеницы мягкой озимой (*Triticum aestivum* L.) // Сортовыявления та охорона прав на сорти рослин. 2007. № 2 (6). С. 54–59.
12. Потокина Е.К., Кошкин В.А., Алексеева Е.А. Комбинация аллелей генов PPD и Vrn определяет сроки колошения у сортов мягкой пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2012. Т. 16. № 1. С. 77–86.
13. Дубинина О.А. Устойчивость озимой пшеницы к основным стрессовым факторам окружающей среды и погодных условий (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2017. № 1. С. 23–26.
14. Степочкин П.И., Пономаренко В.И., Першина А.А., Осадчая Т.С., Трубочева Н.В. Использование отдаленной гибридизации для создания селекционного материала озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 37–38.

REFERENCES

1. Fait V.I. Genetic control of vernalization requirement duration of winter wheat cultivars. *Ekologicheskaya genetika = Ecological genetics*, 2006, vol. 4, no. 2, pp. 29–36. (In Russian).
2. Fait V.I., Simonenko L.K., Mokanu N.V., Popova N.V. Chromosomal location of genes for vernalization requirement duration (vrd) in winter bread wheat. *Genetika = Russian Journal of Genetics*, 2007, vol. 43, no. 2, pp. 202–208. (In Russian).
3. Chumanova E.V., Efremova T.T., Kruchinina Y.V., Pershina L.A. Development and investigation of common wheat lines of winter cultivar Bezostaya 1 with combinations of dominant alleles of VRN-1 loci. *Vavilov Journal of Genet-*

- ics and Breeding, 2018, no. 22 (8), pp. 951–956. DOI: 10.18699/VJ18.437.
4. Stel'makh A.F., Fait V.I. Variety of genes of modern winter bread wheat cultivars for requirement in vernalization and photosensitivity. *Molekulyarnaya i prikladnaya genetika = Molecular and applied genetics*, 2011, vol. 12, pp. 15–17. (In Russian).
 5. Kiseleva A.A., Salina E.A. Genetic regulation of common wheat heading time. *Genetika = Russian Journal of Genetics*, 2018, vol. 54, no. 4, pp. 381–396. (In Russian). DOI: 10.7868/S001667581804001X.
 6. Pirykh A.V., Bulavka N.V., Yurchenko T.V. Photoperiodic sensitivity and vernalization requirement of winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) of Myronivka breeding. *Zernovi kul'turi = Grain crops*, 2018, vol. 2, no. 2, pp. 261–266. (In Belarus). DOI: 10.31867/2523-4544/0034.
 7. Bulavka N.V. Vernalization requirement of winter soft wheat varieties in relation to their winter hardiness. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi = Agriculture and selection in Belarus*, 2014, no. 50, pp. 383–392. (In Russian).
 8. Košner J., Pánková K. Vernalisation Response of Some Winter Wheat Cultivars. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2002, vol. 38, no. 3–4, pp. 97–103.
 9. Fait V.I. Near- isogenic lines of the genes controlling differences in duration of vernalization in winter common wheat. *Informatsionnyi vestnik VOGiS = Vestnik VOGiS (Information Bulletin of Vavilov Society for Geneticists and Breeding Scientists)*, 2006, vol. 10, no. 3, pp. 580–587. (In Russian).
 10. Fait V.I. Effects of genes for controlling the duration of vernalization (Vrd) on agronomic traits in winter soft wheat. *Tsitologiya i genetika = Cytology and genetics*, 2007, no. 5, pp. 18–26. (In Russian).
 11. Bulavka N.V., Golik L.N. Vernalization requirement of winter bread wheat modern varieties (*Triticum aestivum* L.). *Sortovivchennyya ta okhorona prav na sorti roslin*, 2007, no. 2 (6), pp. 54–59. (In Belarus).
 12. Potokina E.K., Koshkin V.A., Alekseeva E.A. The combination of PPD and Vrn gene alleles determines the heading date in common wheat varieties. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 2012, vol. 16, no. 1, pp. 77–86. (In Russian).
 13. Dubinina O.A. Winter wheat resistance to main stress factors of environment and weather (review). *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain economy of Russia*, 2017, no. 1, pp. 23–26. (In Russian).
 14. Stepochkin P.I., Ponomarenko V.I., Pershina A.A., Osadchaya T.S., Trubacheva N.V. Utilization of distant hybridization for development of breeding material of winter wheat. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*, 2012, no. 6, pp. 37–38. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Мусинов К.К.**, младший научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, ул. С-100, зд. 21, e-mail: musinov29@gmail.com

Козлов В.Е., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Сурначёв А.С., младший научный сотрудник

Лихенко И.Е., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kenzhbek K. Musinov**, Junior Researcher, **address:** S-100 St., building 21, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; email: musinov29@gmail.com

Viktor E. Kozlov, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Alexei S. Surnachev, Junior Researcher

Ivan E. Likhenko, Doctor of Science in Agriculture, Head of laboratory

Дата поступления статьи / Received by the editors 25.08.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 07.11.2021
Дата публикации / Published 27.12.2021