

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗИМОСТОЙКОСТИ У РАСТЕНИЙ МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

М.Е. Мухордова, кандидат сельскохозяйственных наук

Омский аграрный научный центр, Омск, Россия
E-mail: mmeomsk@yandex.ru

Ключевые слова: диаллельные гибриды, изменчивость, наследуемость, комбинационная способность, зимостойкость, мягкая озимая пшеница

Реферат. Зимостойкость – это признак, контролируемый суммарным действием большого числа генов. В диаллельных скрещиваниях исследователь имеет полный набор всех комбинаций генов, которыми обладают родительские сорта. Этот анализ предоставляет информацию об аддитивности и доминировании в популяции скрещивания. Он позволяет количественно оценить вклад основных видов генных взаимодействий в экспрессию признака, разложив генотипическую вариацию на общую и специфическую комбинационную способности. Целью данной работы является изучение изменчивости зимостойкости мягкой озимой пшеницы и определение системы генетической детерминации этого показателя. Эксперимент был заложен в полевых условиях на базе ФГБНУ «СибНИИСХ» г. Омска в 2013–2014 гг. Высевались сорта и гибриды F_1 в трехкратной повторности. Площадь питания растений была 10 x 20 (см²). Предшественником являлся кулисный пар. Изучено 6 образцов мягкой озимой пшеницы и 30 диаллельных гибридов F_1 . Между генотипами по признаку «зимостойкость» обнаружены достоверные различия ($P \leq 0,05$). Изменчивость изучаемого показателя определяется метеоусловиями (95,07%) на основании двухфакторного дисперсионного анализа. При помощи графиков Хеймана изучена генетика зимостойкости озимой пшеницы (зависимость Wr от Vr – коварианса и варианса) и генетические параметры. Эффект ОКС был высокозначимым ($P < 0,05$), следовательно, аддитивные гены сыграли важную роль в наследовании признака. Эффект СКС также значителен и достоверен. Положительное значение корреляции (r (2013) = 0,81 и r (2014) = 0,19) между средними родительскими значениями (P) и ($Wr + Vr$) указывает на то, что доминирование ненаправленное, и зимостойкость могут увеличивать рецессивные гены. Параметр средней степени доминирования был выше единицы, что подтверждает большой вклад неаддитивных генов в наследование зимостойкости. Отбор уникальных генотипов с усиленной зимостойкостью растений предпочтителен в более старших поколениях гибридов ($F_4 - F_6$). Донором в стрессовых условиях перезимовки может быть сорт Жемчужина Поволжья (эффект ОКС=13,33), в благоприятных – линия Фантазия (ОКС=12,69).

VARIABILITY AND GENETIC CONTROL OF WINTER WHEAT RESISTANCE TO WINTER

Mukhordova M.E., Candidate of Agriculture

Omsk Research Centre, Omsk, Russia

Key words: diallel hybrids, variability, heritability, combination capacity, winterhardiness, soft winter wheat.

Abstract. Winterhardiness is regarded as a parameter controlled by the activities performed by a large number of genes. In diallel crossbreeding, a researcher has complete combinations of genes

that parental varieties possess. The paper analyses additivity and dominance of the crossbreeding population. It allows to assess the contribution made by the main types of gene interactions to parameter expression by decomposing the genotypic variant into a general and specific combination ability. The research aims at exploring the variability of winterhardiness of soft winter wheat and determining the system of genetic determination of this indicator. The experiment was conducted in the experimental field of Siberian Research Institute of Agriculture in Omsk in 2013-2014. The varieties and hybrids of F1 had triple sowing. The area of plant nutrition was 10 x 20 (cm²). The coulisse fallow was forecrop. The authors explored six samples of soft winter wheat and 30 F1 diallel hybrids. They observed reliable differences among genotypes according to "winterhardiness" parameter ($P \leq 0.05$). Variability of this parameter is specified by meteorological conditions (95.07%) and determined by means of two-factor dispersion analysis. The authors used Heiman's figures in order to evaluate and explore the genetic features of winter wheat winterhardiness (relationship between W_r and V_r - covariance and variant) and genetic parameters. The OCS effect was high ($P < 0.05$), therefore, additive genes played an important role in the features heritability. The effect of SCS was high and reliable as well. Positive correlation values (r (2013) = 0.81 and r (2014) = 0.19) among the average parental values (P) and ($W_r + V_r$) indicate that their dominance is indirect and recessive genes may increase winterhardiness. The average dominance parameter was higher than 1. This proves the great contribution of nonadditive genes to possessing winterhardiness. Selection of unique genotypes with strong winterhardiness is supposed to occur in older generations of hybrids (F4 - F6). The Zhemchuzhina Povolzhya variety can become a donor in stressful conditions of overwintering (OCS effect is 13.33), in favorable conditions – Fantasia variety (OCS=12.69).

Озимая пшеница – важнейший хлебный злак земного шара. Она притязательна к факторам окружающей среды, и суровый сибирский климат сдерживает распространение этой культуры. При резком отклонении погодных условий от оптимальных в отдельные годы наблюдается гибель ее посевов на значительной площади. Для получения высоких и устойчивых урожаев озимой пшеницы необходимо соблюдать комплекс требований [1].

Сложные периоды зимовки повышают зависимость урожая данной культуры от зональных особенностей климата. При селекции нового высокоурожайного сорта ставится цель – сочетание продуктивности с общебиологической устойчивостью, определяющей адаптацию к местным природным условиям. Поэтому важно знать те природные факторы, которые лимитируют высокий урожай сорта в условиях конкретного региона. Применение сортов, не соответствующих данным требованиям, приводит к гибели посевов озимой пшеницы [2].

Учеными Среднего Поволжья было обнаружено, что уровень перезимовки озимой мягкой пшеницы определяется географиче-

ским происхождением образцов. Существует зависимость между коэффициентом кущения, глубиной залегания узла кущения, урожайностью и зимостойкостью. Зафиксирована высокая изменчивость признака «зимостойкость» [3].

Свидетельством существенных генетических предпосылок успешной селекции является высокая степень наследования признака морозостойкости у созданных гибридов. Ученые в Иране выяснили, что зимостойкость пшеницы контролируется аддитивными, доминантными генами, а также их эпистатическим действием. Общее количество генов, связанных с этим признаком, – от 1 до 6. Показано, что передача признака зимостойкости от зимостойкого к чувствительному сорту в селекционных программах возможна. Обнаружена также высокая степень наследования признака морозостойкости у созданных гибридов, что свидетельствует о существенных генетических предпосылках для успешной селекции [4].

В.С. Кочмарский с соавторами в условиях лесостепи Украины, создавая зимостойкие формы, применяли гибридизацию, внутри-

сортовой отбор отбор озимых форм из яровой пшеницы, высеянной под зиму. Отбор зимостойких трансгрессивных морфотипов среди популяций F_2 и родительских сортов происходит при наличии стресс-факторов периода перезимовки [5].

Разработанная методология оценки популяций по характеру наследования зимостойкости в F_2 позволила выработать способы идентификации их перспективности на возможность выщепления трансгрессий в последующие годы, причем на начальных этапах формообразовательного процесса [6].

В условиях Среднего Поволжья разработаны и реализованы модели сорта (полунинтенсивного и интенсивного типа) с целью качественного использования климатических ресурсов и защиты от негативного воздействия абиотических и биотических стрессоров [7].

В настоящей работе впервые проведено изучение нового гибридного материала озимой пшеницы, созданного по полной диаллельной схеме (6 x 6). С использованием комплекса методов статистического анализа выделены генетические доноры зимостойкости для условий южной лесостепи Западной Сибири.

Цель исследований – изучить изменчивость зимостойкости мягкой озимой пшеницы и выявить систему генетического контроля в детерминации этого показателя.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперимент был заложен в полевых условиях 2013–2014 гг. Высеивались сорта и гибриды F_1 в трехкратной повторности. Площадь питания растений составляла 10 x 20 (см²). Предшественником являлся кулисный пар. Изучено 6 образцов – Жемчужина Поволжья (Саратов), Юбилейная 180 (Омск), Фантазия х (Донская остистая х Мутант 114) (далее – Фантазия) (Омск), Сплав (Владимир), Минская (Беларусь), Заларинка (Иркутск), отличающихся по ряду хозяйственно-ценных признаков и географически удаленных друг от друга, а также 30 диаллельных гибридов F_1 .

Экспериментальный материал обработан по методике Б.А. Доспехова [8] с использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007 методом дисперсионного анализа. Для данного количественного признака в таблице представлены средние значения (X_{cp}). Оценка значимости разности между средними приведена по наименьшей существенной разности ($НСР_{05}$). Генетический анализ проведен по Акселю и Джонсу в модификации Р.А. Цильке, Л.П. Присяжной [9].

При помощи графиков Хеймана [10] с использованием программного продукта «ДИАС» СибФТИ (Новосибирск) изучена генетика зимостойкости озимой пшеницы. Vg и Wg – вариация и ковариация. Генетические параметры: $P3$ – коэффициент корреляции между ($Wg + Vg$) и средними значениями признака у родителей (направленность доминирования); $P6$ – средняя степень доминирования в локусе; $P9$ – соотношение положительных и отрицательных аллелей; $P13$ – соотношение доминантных и рецессивных генов в системе скрещивания. $V_D, W_D; V_R, W_R$ – точки координат полностью доминантного и рецессивного родителей.

Коэффициент линейной регрессии (by) отражает связь между вариацией и ковариацией. Этими параметрами мы и воспользовались в своих исследованиях, чтобы отразить реальную ситуацию по проявлению количественного признака «зимостойкость». Комбинационная способность рассчитана по В. Гриффингу [11] модель I, метод I (включены родители, прямые и обратные гибриды) с использованием пакета программ AGROS версия 2.13.

Метеорологические условия в годы исследования были различными. В 2012 г. посев был проведен 21 августа. Третья декада августа была оптимальна по температуре и количеству осадков для фазы всходов и процесса кущения. Расчитана полевая всхожесть, которая составила 78,2%. Описывая погодные условия зимнего периода 2013 г., нужно указать, что низкие температуры декабря, двух декад января и не-

достаток осадков в декабре и феврале негативно отразились на перезимовке мягкой озимой пшеницы.

Посев следующего 2013 г. осуществлен 18 августа. Данный период отмечен как благоприятный для всходов и дальнейшего развития. Полевая всхожесть составила 76,4%. Зимой 2014 г. зафиксированы низкие температуры в третьей декаде января и первой – февраля. Но поскольку количество снега в декабрьский и январский периоды было достаточным, перезимовка прошла в обычном режиме.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В табл. 1 показана перезимовка сортов и гибридов в наших исследованиях. У сортов в среднем она составила 64,3%. Варьирование данного показателя отмечено в 2013 г. от 40,0 (Жемчужина Поволжья) до 80,0% (Фантазия); в 2014 г. – от 23,3 (Фантазия) до 40,0% (Юбилейная 180). У гибридов F₁ средняя величина перезимовки растений превышала показатели исходных форм (64,3% против 48,6). Худшие значения отмечены в 2013 г. (50,9% против 62,2).

Таблица 1

**Зимостойкость родительских форм и гибридов F₁, %
Winterhardiness of parental forms and F₁ hybrids, %**

Образец	2013 г.		2014 г.		X _{ср}	
	P	F ₁	P	F ₁	P	F ₁
Жемчужина Поволжья	40,0	67,4	36,7	86,7	38,4	77,1
Юбилейная 180	56,7	63,6	40,0	79,9	48,4	71,8
Фантазия	80,0	43,7	23,3	88,1	51,7	65,9
Сплав	70,0	37,8	43,3	82,0	56,7	59,9
Минская	73,3	55,4	33,3	81,6	53,3	68,5
Заларинка	53,3	42,4	33,3	47,5	43,3	44,9
Среднее	62,2	50,9	35,0	77,6	48,6	64,3
НСР ₀₅	23,1		35,2		20,1	

Дисперсионный анализ (табл. 2) показывает, что перезимовка детерминируется условиями года на 95,07%, доля генотипа в общей изменчивости признака составила 2,91, а взаимодействия этих факторов – 2,03%.

Анализ комбинационной способности сортов по их гибридам (табл. 3) показывает, что в наследовании изучаемого признака достоверны только ядерно-плазменные взаимодействия, т.е. реципрокный эффект.

Долевое соотношение вариантов свидетельствует о том, что в наследовании перезимовки растений более важными являются

аддитивные гены (ОКС), что подтверждается исследованиями в центральном районе Нечерноземной зоны (Немчиновка) [12]. Достоверная, но меньшая доля приходится на неаддитивное влияние генов (СКС).

Доля СКС в нашем исследовании, что необходимо подчеркнуть, устойчива по годам (26,96 и 26,42% от общей изменчивости), доля же ОКС увеличивается в более мягком для перезимовки 2014 г. (65,84%) по сравнению с 2013 г. (62,61%).

В условиях Западной Сибири ограничительными факторами являются недостаток

Таблица 2

**Дисперсионный анализ зимостойкости
Dispersion analysis of winterhardiness**

Дисперсия	mS	F _ф	F ₀₅	%
Генотип А	961,20*	3,06	1,52	2,91
Условия года В	31416,05*	99,88	3,92	95,07
Взаимодействие АВ	669,54*	2,13	1,50	2,03
Остаток	314,52	-	-	-

* P ≤ 0,05.

Комбинационная способность сортов озимой пшеницы по зимостойкости
Combination ability of soft winter wheat varieties according to winterhardiness

Фактор изменчивости	2013 г.		2014 г.	
	mS	%	mS	%
ОКС	673,70*	62,61	999,27*	65,84
СКС	290,06*	26,96	400,89*	26,42
Реципрокный эффект	112,22	10,43	117,47	7,74

* P ≤ 0,05.

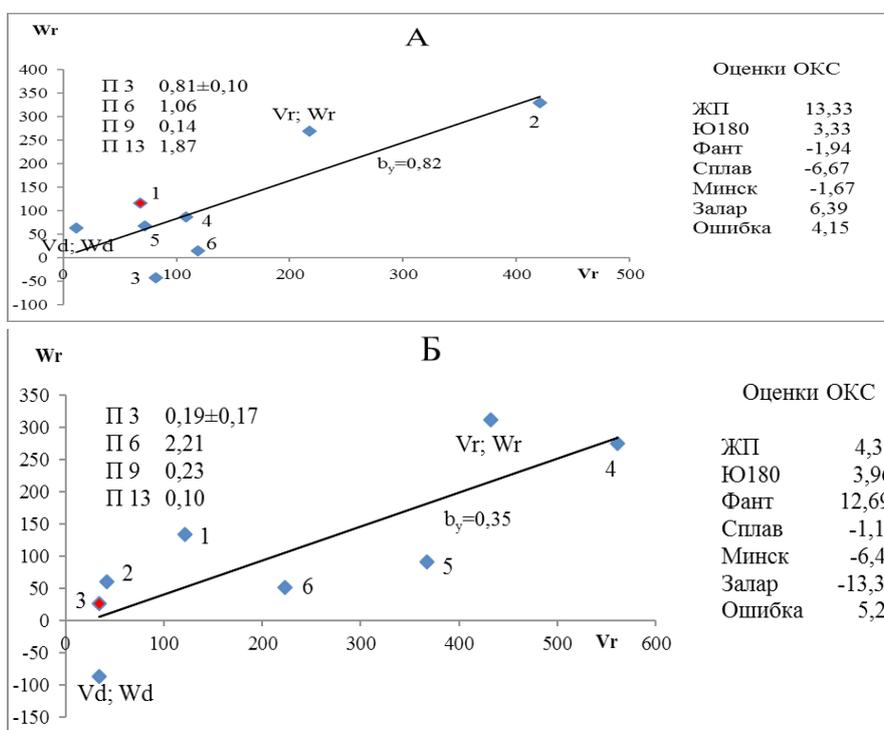
снежного покрова и малое количество мягких отрицательных температур, которые вносят изменения в систему генетической детерминации изучаемого признака. В благоприятных условиях возрастает вклад аддитивных эффектов генов, что согласуется с данными ученых из Венгрии [13].

Обсуждая оценки эффектов ОКС (рисунок), мы можем говорить об их значительной вариации. Это наблюдение в меняющихся погодных условиях показывает способность родительских форм передавать свои положительные или отрицательные свойства потомству.

Положительные оценки ОКС в 2013 г. характерны для сортов Жемчужина Поволжья

и Заларинка. В 2014 г. аналогичными показателями обладают сорта Фантазия и Жемчужина Поволжья.

Анализируя графики Хеймана и рассчитанные генетические параметры (см. рисунок), можно сделать вывод, что независимо от условий перезимовки растений исследуемый признак увеличивают рецессивные гены, так как ПЗ имеет положительную направленность. Е. А. Кокурина и М. И. Рыбакова из НИИСХ ЦРНЗ [14] обнаружили обратное: коэффициент корреляции отрицательный, но недостоверный, т.е. доминирование ненаправленное.



Генетика признака «зимостойкость»: А – 2013 г.; Б – 2014 г.;

1 – Жемчужина Поволжья; 2 – Юбилейная 180; 3 – Фантазия; 4 – Сплав; 5 – Минская; 6 – Заларинка

Genetics of “winterhardiness” parameter: A - 2013; B - 2014;

1 – Zhemchuzhina Povolzhya; 2 – Yubileinaya 180; 3 – Fantasia; 4 – Splav; 5 – Minskaya; 6 – Zalarinka

Коэффициент регрессии в 2013 г. имеет значение, близкое к единице ($b = 0,82$), что позволяет говорить об аддитивности между локусами. В 2014 г. этот коэффициент равен 0,35 (линия регрессии наклонена в сторону абсцисс), что предполагает в контроле рассматриваемого признака сверхдоминирование с частичным эпистазом. Эти факты подтверждаются параметром б. Полученные нами данные согласуются с результатами исследований, проведенных в условиях Пензы [15]. Соотношение положительных и отрицательных аллелей в локусах, проявляющих доминирование, симметрично в 2014 г. ($P_9=0,23$), а в 2013 г. обнаружена асимметрия ($P_9=0,14$). Преобладание доминантных генов мы отмечаем при помощи параметра 13 ($P_{13}=1,87$) в 2013 г.; превосходство рецессивных выявлено в 2014 г. ($P_{13}=0,10$).

Располагаясь вдоль линии регрессии, координаты сортов на графике перемещаются в зависимости от года опыта. Так, сорта Юбилейная 180 (2013 г. – в рецессивной зоне) и Сплав (2013 г. – в доминантной зоне) в более удачном для перезимовки 2014 г. меняются местами, т.е. оказываются в противоположных зонах. Тем не менее остальные сорта, участвующие в эксперименте, проявляют относитель-

ное постоянство по годам, располагаясь в одной и той же зоне на графиках Хеймана.

В экстремальных условиях 2013 г. самое большое количество доминантных генов имеет сорт Жемчужина Поволжья, а в благоприятном 2014 г. омская линия Фантазия, что согласуется с показателями оценок эффектов ОКС.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ экспериментального материала подтверждает трудность селекции сортов на показатель зимостойкости. Это объясняется присутствием сверхдоминирования в наследовании признака, а также эффектом материнского компонента.

2. Факты включения или дезактивации генов у того или иного сорта, а также случаи переопределения генетической формулы признака могут происходить в разных ситуациях вегетационного периода.

3. Отбор уникальных генотипов с усиленной зимостойкостью растений предпочтителен в более старших поколениях гибридов ($F_4 - F_6$).

4. Сорт Жемчужина Поволжья (Саратов) может быть донором изучаемого показателя в стрессовых условиях, а линия Фантазия (Омск) является таковым в благоприятных условиях вегетации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мухордова М.Е. Генетические источники продуктивности и зимостойкости мягкой озимой пшеницы в Западной Сибири: руководство. – Омск, 2017. – 76 с.
2. Chipilski R., Uhr Zl. Study of frost resistance of common winter wheat varieties // Trakia Journal of Sciences. – 2014. – Vol. 12, N. 2. – P. 169–176.
3. Кривобочек В.Г., Косенко С.В. Результаты оценки исходного материала на зимостойкость в условиях лесостепи Среднего Поволжья [Электрон. ресурс] // Вестн. Саратов. ГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2011. – № 2. – С. 15–18. – Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-adaptivnyh-svoystv-novyh-sortov-yarovoy-myagkoj-pshenitsy-po-urozhaynosti-v-lesostepnyh-usloviyah-srednego-povolzhya>
4. Rashidi A., Siroos Mahfoozi S., Bihanta M.R. Genetic control of cold hardiness using generation mean analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.em Thell) // Int. J. Biosci. – 2013. – N 3 (6). – P. 1–7.
5. Зимостойкость – фактор адаптивности озимой пшеницы в условиях лесостепи Украины [Электрон. ресурс] / В.С. Кочмарский, Л.А. Коломиец, А.Л. Дергачев, А.С. Басанец // Вавилов. журн. генетики и селекции. – 2012. – Т. 16, № 4 (2). – С. 998–1004. – Режим доступа: <https://vavilov.elpub.ru/jour/article/view/98/99>.
6. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Некоторые аспекты селекции озимой пшеницы на зимостойкость в условиях меняющегося климата [Электрон. ресурс] // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2014. – № 6. – С. 3–6. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_22448337_86145913.pdf

7. Сухоруков А. Ф., Сухоруков А. А. Совершенствование модели сорта озимой мягкой пшеницы для условий среднего Поволжья [Электрон. ресурс] // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2015. – Т. 17, № 4 (3). – С. 473–478. – Режим доступа http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2015/2015_4_473_478.pdf
8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М, 1985. – 351 с.
9. Цильке Р. А., Присяжная Л. П. Методика диаллельного анализа исходного материала по количественным признакам: метод. рекомендации. – Новосибирск, 1979. – 15 с.
10. Hayman B. I. The analysis of variance of diallel tables // *Biometrics*. – 1954. – N 10. – P. 235–244.
11. Griffing B. I. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // *Austral. J. Biol. Sci.* – 1956. – N 9. – P. 463–493.
12. Генетический анализ количественных признаков у инбредных линий озимой ржи (*Secale cereale* L.) в диаллельных скрещиваниях [Электрон. ресурс] / А. А. Гончаренко, С. В. Крахмалев, А. В. Макаров, С. А. Ермаков // С.-х. биология. – 2015. – № 1. – С. 75–84. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/geneticheskiy-analiz-kolichestvennyh-priznakov-u-inbrednyh-liniy-ozimoy-rzhi-secale-cereale-l-v-diallelnyh-skreschivaniyah>
13. Sutka J. Genes for frost resistance in wheat // *Euphytica*. – 2001. – Vol. 119, N 1–2. – P. 169–177. – Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1017520720183>
14. Кокурина Е. А., Рыбакова М. И. Генетический контроль устойчивости к выпреванию и морозостойкости озимой пшеницы // Докл. ВАСХНИЛ. – 1989. – № 10. – С. 2–4.
15. Косенко С. В. Генетический контроль зимостойкости озимой мягкой пшеницы [Электрон. ресурс] // Зерн. хоз-во России. – 2010. – № 9 (3). – С. 21–25. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_15243311_74607522.pdf

REFERENCES

1. Muhordova M. E., *Geneticheskie istochniki produktivnosti i zimostojkosti myagkoj ozimoy pshenicy v Zapadnoj Sibiri* (Genetic sources of productivity and winter hardiness of soft winter wheat in Western Siberia), Omsk: LITERA, 2017, 76 p. (In Russ.)
2. Chipilski R., Uhr Zl. Study of frost resistance of common winter wheat varieties, *Trakia Journal of Sciences*, 2014, No. 2 (12), pp. 169–176.
3. Krivoboček V. G., Kosenko S. V. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova*, 2011, No. 2, pp. 15–18. (In Russ.)
4. Rashidi A., Siroos Mahfoozi S., Bihamta M. R. Genetic control of cold hardiness using generation mean analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell), *Int. J. Biosci.*, 2013, No. 3 (6), pp. 1–7.
5. Kochmarskij V. S., Kolomic L. A., Dergachev A. L., Basanec A. S. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2012, Vol. 16, No. 4 (2), pp. 998–1004. (In Russ.)
6. Grabovec A. I., Fomenko M. A. *Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk*, 2014, No. 6, pp. 3–6. (In Russ.)
7. Suhorukov A. F., Suhorukov A. A. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2015, Vol. 17, No. 4 (3), pp. 473–478. (In Russ.)
8. Dospëkhov B. A. *Metodika polevogo opyta* (Methods of field experience), Moscow, 1985, 351 p. (In Russ.)
9. Cil'ke R. A., Prisyazhnaya L. P. *Metodika diallel'nogo analiza iskhodnogo materiala po kolichestvennym priznakam* (The method of diallel analysis of the source material on quantitative traits), Novosibirsk, 1979, 15 p. (In Russ.)
10. Hayman B. I. The analysis of variance of diallel tables, *Biometrics*, 1954 a, No. 10, pp. 235–244.
11. Griffing B. I. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems, *Austral. J. Biol. Sci.*, 1956 b, No. 9, pp. 463–493.
12. Goncharenko A. A., Krahmalëv S. V., Makarov A. V., Ermakov S. A. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*, 2015, No. 1, pp. 75–84. (In Russ.)
13. Sutka, J. Genes for frost resistance in wheat, *Euphytica*, 2001, Vol. 119, No. 1–2, pp. 169–177.
14. Kokurina E. A., Rybakova M. I., *Doklady VASKHNIL*, 1989, No. 10, pp. 2–4. (In Russ.)
15. Kosenko S. V. *Zernovoe hozyajstvo Rossii*, 2010, No. 9 (3), pp. 21–25. (In Russ.)