

Научная статья/Research Article

УДК 633.16:631.527.541

Николай Александрович Сурин¹, Сергей Александрович Герасимов²^{1,2}Красноярский НИИ сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ Красноярского научного центра СО РАН, Красноярск, Россия¹secretary@sh.krasn.ru²g-s-a2009@yandex.ru**НАСЛЕДОВАНИЕ МАССЫ 1000 ЗЕРЕН ГИБРИДАМИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

Цель исследования – изучение характера наследования признака «масса 1000 зерен» гибридами ярового ячменя в условиях Красноярской лесостепи. Эксперименты проводили в лесостепной зоне Красноярского края в 2019–2021 гг. на обыкновенном маломощном черноземе: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,67 %, N-NO₃ (ионометрический экспресс-метод) – 10,5 мг/кг почвы, P₂O₅ и K₂O (по Чирикову) – 21,2 и 16,4 мг/100 г почвы соответственно, реакция почвенного раствора в водной вытяжке – нейтральная (рН 6,6). Предшественник – чистый пар. Погодные условия вегетационных периодов в годы исследования характеризовались неравномерным выпадением осадков по месяцам и были схожими: 2020 г. – избыточное увлажнение (ГТК = 1,62) и 2021 гг. – достаточное увлажнение (ГТК = 1,38). В генетическом анализе участвовало четыре родительских формы – Оленек, Э-76-5695, Багрец и Калита, скрещивания проводили по полной диаллельной схеме 4×4. Масса 1000 зерен у большинства гибридных комбинаций наследуется по типу промежуточного наследования ($H_p = -0,5...+0,5$). По данному признаку выделен сорт Калита (46,4; 53,0 г) и гибриды, полученные с его участием: Оленек × Калита (52,3), Калита × Оленек (54,3), Э-76-5695 × Калита (50,0), Калита × Багрец (51,3 г). В первом поколении (F₁) отмечены типы наследования числа зерен в колосе – от депрессии (Д-) до положительного сверхдоминирования (СД+), у 25,0 % комбинаций проявился истинный гетерозис (H_p от +1,42 до +11,83). Изучаемый признак контролируется преимущественно доминантной генетической системой с преобладанием рецессивных эффектов генов ($F = -5,24$ и $-4,20 < 0$) в обоих поколениях. В качестве донора на повышение массы 1000 зерен ячменя ($g_i = 2,3354$ и $1,1188$) рекомендуется сорт Калита ((Вереск × Роланд) × Гонар) челябинской селекции.

Ключевые слова: яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.), масса 1000 зерен, диаллельный анализ, гетерозис, гибрид, комбинационная способность

Для цитирования: Сурин Н.А., Герасимов С.А. Наследование массы 1000 зерен гибридами ярового ячменя // Вестник КрасГАУ. 2024. № 1. С. 64–69.

Nikolai Alexandrovich Surin¹, Sergey Alexandrovich Gerasimov²^{1,2}Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture is a separate division of the FRC of the Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS, Krasnoyarsk, Russia¹secretary@sh.krasn.ru²g-s-a2009@yandex.ru**INHERITANCE OF WEIGHT OF 1000 GRAINS BY SPRING BARLEY HYBRIDS**

The purpose of research is to study the nature of inheritance of the trait “weight of 1000 grains” by hybrids of spring barley in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. The experiments were carried out in the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Region in 2019–2021 on ordinary thin chernozem: humus content (according to Tyurin) – 4.67 %, N-NO₃ (ionometric express method) – 10.5 mg/kg soil, P₂O₅ and K₂O (according to Chirikov) – 21.2 and 16.4 mg/100 g of soil, respectively, the reaction of the soil solution

in the water extract is neutral (pH 6.6). The predecessor is pure fallow. The weather conditions of the growing seasons during the years of study were characterized by uneven precipitation between months and were similar: 2020 – excess moisture (HTC = 1.62) and 2021. – sufficient moisture (HTC = 1.38). Four parental forms took part in the genetic analysis – Olenek, E-76-5695, Bagrets and Kalita; crosses were carried out according to a complete 4×4 diallelic scheme. The weight of 1000 grains in most hybrid combinations is inherited according to the type of intermediate inheritance ($H_p = -0.5...+0.5$). For this trait, the variety Kalita (46.4; 53.0 g) and the hybrids obtained with its participation were identified: Olenek × Kalita (52.3 g), Kalita × Olenek (54.3 g), E-76-5695 × Kalita (50.0), Kalita × Bagrets (51.3). In the first generation (F_1), types of inheritance of the number of grains in an ear were noted – from depression (D^-) to positive overdominance (SD^+), 25.0 % of combinations showed true heterosis (H_p from +1.42 to +11.83). The studied trait is controlled predominantly by a dominant genetic system with a predominance of recessive gene effects ($F = -5.24$ and $-4.20 < 0$) in both generations. The variety Kalita ((Veresk × Roland) × Gonar) of Chelyabinsk selection is recommended as a donor for increasing the weight of 1000 grains of barley ($g_i - 2.3354$ and 1.1188).

Keywords: spring barley (*Hordeum vulgare* L.), weight of 1000 grains, diallelic analysis, heterosis, hybrid, combining ability

For citation: Surin N.A., Gerasimov S.A. Inheritance of weight of 1000 grains by spring barley hybrids // Bulliten KrasSAU. 2024;(1): 64–69. (In Russ.).

Введение. К числу важнейших параметров, влияющих на урожайность ячменя в экстремальных условиях Сибири, относится повышенная крупность зерна. Данный признак тесно связано с продуктивностью у скороспелых сортов ячменя, а также при выращивании сортов в засушливых условиях [1–4]. Достаточно в качестве примера привести созданные сибирскими селекционерами скороспелые сорта Биом и Вулкан, сочетающие крупность зерна с высокой продуктивностью. Поскольку указанный признак также подвержен значительному влиянию условий внешней среды, то выявление комбинационной способности отдельных сортов с помощью диаллельного анализа и создание на их основе новых ценных гибридных комбинаций для последующего отбора является весьма актуальным направлением для практической селекции [5, 6].

Цель исследования – определение характера наследования признака «масса 1000 зерен» гибридами ярового ячменя в условиях Красноярской лесостепи.

Задачи: провести скрещивания подобранных родительских форм по полной диаллельной схеме; установить типы наследования в поколении F_1 ; определить общую и специфическую комбинационную способность образцов ячменя в поколениях F_1 и F_2 ; выявить сорт-донор по признаку «масса 1000 зерен».

Объекты и методы. Опыты проводили в лесостепной зоне Красноярского края в 2019–2021 гг. на обыкновенном маломощном черноземе: содержание гумуса (по Тюрину) – 4,67 %,

$N-NO_3$ (ионометрический экспресс-метод) – 10,5 мг/кг почвы, P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – 21,2 и 16,4 мг/100 г почвы соответственно, реакция почвенного раствора в водной вытяжке – нейтральная (pH 6,6). Предшественник – чистый пар. Погодные условия вегетационных периодов в годы исследования были схожими. За период вегетации в 2020 г. наблюдалось неравномерное выпадение осадков по месяцам и их избыток на 65,8 % с повышенными среднесуточными температурами воздуха (на 8,6 %) по сравнению со среднемноголетней нормой, ГТК был равен 1,62 (избыточное увлажнение). В 2021 г. было также неравномерное распределение осадков по месяцам, которых выпало на 31,7 % больше нормы, температура была выше на 3,3 %, в целом ГТК составил 1,38 (достаточное увлажнение) при средней многолетней норме ГТК – 1,25 (достаточное увлажнение).

Материалом исследования служили 4 родительских сорта, контрастные по признаку «масса 1000 зерен»: со стабильно низкими значениями (39,6–46,8 г) – Оленек (У-101-1112 × Ача), Э-76-5695 (Омский 95 × Оленек) (Красноярский НИИСХ); со стабильно максимальной массой 1000 зерен (43,4–53,0 г.) – Багрец (Сонет × Роланд), Калита ((Вереск × Роланд) × Гонар) (Челябинский НИИСХ) и 12 полученных гибридов F_1 и F_2 по полной диаллельной схеме скрещивания (4 × 4). Метод опыления – принудительный. Посев гибридов F_1 и F_2 и родительских форм проводили вручную рядками длиной 1,5 м в оптимальные сроки 25–27 мая. Площадь питания растений – 2 × 20 см. Повторность – 3-кратная.

Для расчета гипотетического и истинного гетерозиса, характера наследования использовали методику, предложенную Д.С. Омаровым [7], общую и специфическую комбинационную способность определяли по В. Griffing [8]. Генетический анализ результатов проводили с помощью программы ДИАС [9].

Результаты и их обсуждение. При изучении образцов ячменя мировой коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения в 2014–2017 гг. нами были выделены источники со стабильно высокой массой 1000 зерен [10]. К числу наиболее крупнозерных относятся семь сортов двурядного ячменя с массой 1000 зерен 49,9–56,9 г. Наибольшую ценность в селекции на крупность зерна представляют преимущественно сорта отечественной селекции засушливых районов страны – Ястреб, Первоцелинник, Натали, Багрец и Калита. Среди шестирядных образцов наиболее крупным зерном (40,9–44,2 г.) характеризуются сорта Северо-Американской эколого-географической груп-

пы – Kindred, Hazen из США, Diamond и Leduc из Канады.

Следует отметить, что сорта Багрец и Калита сочетают в себе повышенную крупность зерна с продуктивностью колоса и растения, поэтому были выбраны нами для скрещиваний по схеме ДИАС.

В 2019 г. было опылено 1078 цветков, получено 730 гибридных зерен по 12 комбинациям скрещиваний, средняя завязываемость зерен составила 67,7 %. Наибольший процент удаchi отмечен в четырех комбинациях: Э-76-5695 × Багрец – 82,2 %; Оленек×Э-76-5695 – 90,4; Багрец × Оленек – 81,0 и Калита×Э-76-5695 – 88,6 %.

Результаты дисперсионного анализа показали, что на массу 1000 зерен наибольшее влияние оказали условия года – 40,39 % от общей изменчивости признака, при этом доля влияния генотипа была заметно ниже – 21,13 %, а взаимодействие факторов генотип×год было недостоверным по своему влиянию – 11,95 % (табл. 1).

Таблица 1

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа признака «масса 1000 зерен» в диаллельных скрещиваниях (2020–2021 гг.)

| Дисперсия | Сумма квадратов | Степени свободы | Доля вариации | Средний квадрат | F _ф | F ₀₅ |
|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|
| Общая | 3166,136 | 95 | 1,0000 | 33,328 | – | – |
| Генотип А | 668,93 | 15 | 0,2113 | 44,596 | 3,40 | 1,95 |
| Год В | 1278,96 | 1 | 0,4039 | 1278,96 | 97,44 | 4,03 |
| Взаимодействия АВ | 378,22 | 15 | 0,1195 | 25,215 | 1,92 | 1,95 |
| Ошибка | 840,02 | 64 | 0,2653 | 13,125 | – | – |

Родительские сорта в опыте заметно различались по массе 1000 зерен, которая варьировала от 46,8 (Оленек, Э-76-5695) до 53,0 г (Калита) в 2020 г., и от 39,6 (Э-76-5695) до 46,4 г (Калита) в 2021 г. Только 2 гибрида – F₁ Багрец×Оленек, Калита × Оленек показали наибольшую массу 1000 зерен, на 1,3–1,5 г превышающие показатели лучших родительских сортов. Стабильно высокий показатель во все годы исследования отмечен у сорта Калита – 46,4–53,0 г, наименьший – у линии Э-76-5695 – 39,6–46,8 г.

Степень доминирования гибридов F₁ по массе 1000 зерен (H_p) у полученных гибридов изменялась от –13,83 до +11,83 (табл. 2). В целом характер наследования массы 1000 зерен у гибридов F₁ изменялся от депрессии (D⁻) до положительного сверхдоминирования (CD⁺). Чаще всего масса 1000 зерен наследовалась по типу промежуточного наследования – 41,7 % комбинаций (H_p = –0,5...+0,5), что указывает на контроль при-

знака генами аддитивного действия, у 25,0 % наблюдалось сверхдоминирование, или истинный гетерозис (H_p > 1,00), у 16,7 % – депрессия (H_p < –1,00), у 8,3 % неполное доминирование признака лучшего родителя (H_p = +0,5...+1,00) и у 8,3 % – неполное доминирование признака худшего родителя (H_p = –0,5...–1,00). Несмотря на меньшее влияние генотипа по сравнению с условиями года на изучаемый признак, оно было достоверным. Вследствие этого у гибридов Калита × Оленек, Багрец × Э-76-5695 и Багрец × Оленек в первом поколении проявилось сверхдоминирование с максимальным показателем истинного гетерозиса – 2,45; 6,88 и 13,54 % соответственно. При этом у отдельных гибридов зерно было крупнее в том случае, когда за материнскую форму выступали сорта Багрец и Калита, что подтверждает их использование в качестве источников на повышение массы 1000 зерен.

Типы наследования признака «масса 1000 зерен» у F₁ ячменя (2020 г.)

| Комбинация скрещиваний | Масса 1000 зерен, г | | | Г _{ист.} , % | Г _{гип.} , % | H _p |
|------------------------|---------------------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | P _♀ | F ₁ | P _♂ | | | |
| Оленек×Э-76-5695 | 46,8 | 47,6 | 46,8 | +1,71 | +1,71 | 0,00 |
| Э-76-5695×Оленек | 46,8 | 47,4 | 46,8 | +1,28 | +1,28 | 0,00 |
| Оленек×Багрец | 46,8 | 46,5 | 48,0 | -3,13 | -1,90 | -1,50 |
| Багрец×Оленек | 48,0 | 54,5 | 46,8 | +13,54 | +14,98 | +11,83 |
| Оленек×Калита | 46,8 | 52,3 | 53,0 | -1,32 | +4,80 | +0,77 |
| Калита×Оленек | 53,0 | 54,3 | 46,8 | +2,45 | +8,82 | +1,42 |
| Э-76-5695×Багрец | 46,8 | 39,1 | 48,0 | -18,54 | -17,51 | -13,83 |
| Багрец×Э-76-5695 | 48,0 | 51,3 | 46,8 | +6,88 | +8,23 | +6,50 |
| Э-76-5695×Калита | 46,8 | 50,0 | 53,0 | -5,66 | +0,20 | +0,03 |
| Калита×Э-76-5695 | 53,0 | 49,2 | 46,8 | -7,17 | -1,40 | -0,23 |
| Багрец×Калита | 48,0 | 49,2 | 53,0 | -7,17 | -2,57 | -0,52 |
| Калита×Багрец | 53,0 | 51,3 | 48,0 | -3,21 | +1,58 | +0,32 |
| НСР ₀₅ | 6,2 | | | | | |

Исследования подтвердили достоверные отличия гибридного материала F₁ как по общей и специфической комбинационной способности, так и по влиянию реципрокного эффекта при 95 % уровне значимости. При этом доля ОКС

составила 36,28 %; СКС – 31,71; РЭ – 25,57 %. Наблюдалось преимущество в наследовании признака аддитивных эффектов генов (ОКС > СКС). Паратипическая изменчивость (E) составила 4,6408, или 6,44 % (табл. 3).

Таблица 3

Комбинационная способность родительских форм ячменя по признаку «масса 1000 зерен»

| Сорт | Константа СКС (s _{ij}) | | | | Эффект ОКС (g _i) | Варианса | |
|--------------------------|----------------------------------|-----------|--------|--------|------------------------------|----------|--------|
| | Оленек | Э-76-5695 | Багрец | Калита | | ОКС | СКС |
| F ₁ (2020 г.) | | | | | | | |
| Оленек | – | | | | 0,3187 | -3,9366 | 1,6369 |
| Э-76-5695 | 0,0037 | – | | | -1,9354* | -0,2924 | 0,6296 |
| Багрец | 2,7987* | 1,8849* | – | | -0,7188 | -3,5216 | 1,6722 |
| Калита | 2,1085* | 0,0001 | 0,333 | – | 2,3354* | 1,4160 | 0,8139 |
| F ₂ (2021 г.) | | | | | | | |
| Оленек | – | | | | -2,1146* | 1,3051 | 1,6958 |
| Э-76-5695 | 1,9079* | – | | | 0,3521 | -3,0424 | 1,1678 |
| Багрец | 0,0657 | 1,233 | – | | 0,6438 | -2,7519 | 0,8408 |
| Калита | 3,1138* | 0,3625 | 1,2238 | – | 1,1188 | -1,9147 | 1,5667 |

Примечание: НСР₀₅ для g_i – 1,72, НСР₀₅ для s_{ij} – 1,62.

Во втором поколении (F₂) также отмечены достоверные отличия гибридного материала по общей (ОКС – 38,77 %) и специфической комбинационной способности (СКС – 32,17 %). Также как и в первом поколении, в наследовании преобладали аддитивные эффекты генов (ОКС > СКС). По сравнению с F₁, в котором направление скрещиваний оказывало значимое влияние на массу 1000 зерен у гибридов ячменя, в F₂ доля влияния реципрокного эффекта снизилась и оказалась недостоверной (РЭ – 19,51 %).

Паратипическая изменчивость оказалась выше по сравнению с гибридами первого поколения – E = 4,1094, или 9,55 %.

В 2020 г. по признаку масса 1000 зерен высокая величина эффекта ОКС отмечена у сорта Калита (g_i = 2,3354), низкая – у остальных сортов: Оленек (g_i = -0,3187), Э-76-5695 (g_i = -1,9354) и Багрец (g_i = -0,7188). При наследовании признака у сорта Калита лидирующую роль в наследовании играют аддитивные эффекты генов, так как вклад в дисперсию ОКС больше вклада в

дисперсию СКС ($g_i > s_{ij}$). У остальных сортов (Оленек, Э-76-5695 и Багрец) значительную роль оказывают доминантные, и, возможно, эпистатические эффекты генов, так как у них вклад в дисперсию СКС больше вклада в дисперсию ОКС ($g_i < s_{ij}$). Гибридная комбинация Багрец × Оленек показала высокую константу СКС ($s_{ij} = 2,7987$), что свидетельствует о ее ценности в селекции на повышение крупности зерна и отбора линий с высокой величиной массы 1000 зерен. Относительно большое значение вклада в дисперсию СКС по сравнению с вариансой ОКС ($\sigma = 1,6722$) указывает на то, что сорт Багрец может служить родительской формой в скрещиваниях с отдельными сортами на повышение массы 1000 зерен.

В условиях 2021 г. высокая общая комбинационная способность отмечена также у сорта Калита ($g_i = 1,1188$), низкая – у остальных сортов Оленек ($g_i = -2,1146$), Э-76-5695 ($g_i = 0,3521$) и Багрец ($g_i = 0,6438$). При наследовании признака «масса 1000 зерен» во втором поколении у всех четырех сортов, включенных в скрещивания, значительную роль в схеме наследования играют доминантные и, возможно, эпистатические эффекты генов (Вариансы ОКС < Вариансы СКС: $1,3051 < 1,6958$; $-3,0424 < 1,1678$; $-2,7519 < 0,8408$; $-1,9147 < 1,5667$ соответственно). Относительно большое значение вклада в дисперсию СКС ($\sigma = 1,6958$) показывает, что сорт Оленек образует ценные гибридные комбинации с более высокой массой 1000 зерен только с некоторыми сортами. В гибридной комбинации Калита×Оленек отмечена высокая константа СКС ($s_{ij} = 3,1138$), что позволяет использовать ее для отбора генотипов с повышенной массой 1000 зерен. Следует отметить, что в указанном году по сравнению с 2020 г. вымывание нитратного азота из почвы и низкое его содержание в период вегетации растений отрицательно сказалось на крупности зерна гибридов (36,9–48,1 г) и их родительских форм (39,6–46,4 г).

В целом рассчитанный коэффициент корреляции между эффектами ОКС и значением признака у родителей составил высокие значения ($r = 0,796-0,849$), что свидетельствует о возможности привлечения родительских форм с повышенной массой 1000 зерен для создания гибридов с более крупным, выполненным зерном. По итогам исследований заслуживает внимание сорт Калита, который характеризуется высокой общей комбинационной способностью (ОКС) по массе 1000 зерен в обоих поколениях ($g_i = 2,3354$ и $1,1188$). Таким образом, этот сорт

можно использовать в качестве донора для увеличения крупности зерна.

Заключение. Селекционный признак «масса 1000 зерен» определяется преимущественно доминантной генетической системой с преобладанием рецессивных эффектов генов ($F = -5,24$ и $-4,20 < 0$) в обоих поколениях, прогнозируемая эффективность отбора в ранних поколениях на повышение указанного селекционного признака будет высокая. В качестве донора с высокой ОКС ($g_i = 2,3354$ и $1,1188$) на повышение массы 1000 зерен ячменя может выступать сорт Калита ((Вереск × Роланд) × Гонар) уральской селекции. Коэффициент корреляции между эффектами ОКС и значением признака у родителей оказался высоким ($r = 0,796-0,849$), что позволит проводить более эффективные скрещивания с сортами, имеющими более высокие показатели массы 1000 зерен.

Список источников

1. Аниськов Н.И., Поползухин П.В. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография. Омск: Вариант-Омск, 2010. 388 с.
2. Сурин Н.А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес). Новосибирск: СибНСХБ, 2011. 708 с.
3. Комбинационная способность сортов ячменя ярового в системе прямых диаллельных скрещиваний / Е.В. Компанец [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21, № 5. С. 537–544. DOI: 10.18699/VJ17.271.
4. Зуев Д.В., Тысленко А.М. Наследование признаков продуктивности колоса гибридами F₁ яровой тритикале в условиях Владимирской области // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7, № 9. С. 96–103. DOI: 10.33619/2414-2948/70/09.
5. Хотылева Л.В., Кильчевский А.В., Шантуренко М.Н. Теоретические аспекты гетерозиса // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016. Т. 20, № 4. С. 482–492. DOI: 10.18699/VJ16.174.
6. Hybrid performance and heterosis in early segregant populations of Brazilian spring wheat / E. Beche [et. al.] // Australian journal of Crop Science. 2013. Vol. 7. № 1. P. 51–57.

7. Омаров Д.С. К методике учета и оценки гетерозиса растений // Сельскохозяйственная биология. 1975. Т. 10, № 1. С. 699–702.
8. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Australian J. Biol. Sci. 1956. V. 9. P. 463–493.
9. Алейников А.Ф., Степочкин П.И., Гребенникова И.Г. Диаллельный анализ в селекции сельскохозяйственных культур. Новосибирск: СибФТИ Россельхозакадемии, 2011. 10 с.
10. Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Оценка коллекционных образцов ярового ячменя при селекции на продуктивность и качество зерна в условиях Восточной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 5, № 32. С. 41–44. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10510.
1. Anis'kov N.I., Popolzuhin P.V. Yarovoj yachmen' v Zapadnoj Sibiri (selekcija, semenovodstvo, sorta): monografiya. Omsk: Variant-Omsk, 2010. 388 s.
2. Surin N.A. Adaptivnyj potencial sortov zernovyh kul'tur sibirskoj selekcii i puti ego sovershenstvovaniya (pshenica, yachmen', oves). Novosibirsk: SibNSHB, 2011. 708 s.
3. Kombinacionnaya sposobnost' sortov yachmenya yarovogo v sisteme pryamyh diallel'nyh skreschivanij / E.V. Kompanec [i dr.] // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. T. 21, № 5. S. 537–544. DOI: 10.18699/VJ17.271.
4. Zuev D.V., Tyslenko A.M. Nasledovanie priznakov produktivnosti kolosa gibridami F₁ yarovoj tritikale v usloviyah Vladimirskoj oblasti // Byulleten' nauki i praktiki. 2021. T. 7, № 9. S. 96–103. DOI: 10.33619/2414-2948/70/09.
5. Hotyleva L.V., Kil'chevskij A.V., Shapturenko M.N. Teoreticheskie aspekty geterozisa // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2016. T. 20, № 4. S. 482–492. DOI: 10.18699/VJ16.174.
6. Hybrid performance and heterosis in early segregant populations of Brazilian spring wheat / E. Beche [et. al.] // Australian journal of Crop Science. 2013. Vol. 7. № 1. P. 51–57.
7. Omarov D.S. K metodike ucheta i ocenki geterozisa rastenij // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 1975. T. 10, № 1. S. 699–702.
8. Griffing B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // Australian J. Biol. Sci. 1956. V. 9. P. 463–493.
9. Alejnikov A.F., Stepochkin P.I., Grebennikova I.G. Diallel'nyj analiz v selekcii sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Novosibirsk: SibFTI Rossel'hozakademii, 2011. 10 s.
10. Surin N.A., Lyahova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Ocenka kollekcionnyh obrazcov yarovogo yachmenya pri selekcii na produktivnost' i kachestvo zerna v usloviyah Vostochnoj Sibiri // Dostizheniya nauki i tehniky APK. 2018. T. 5, № 32. S. 41–44. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10510.

References

Статья принята к публикации 17.11.2023 / The article accepted for publication 17.11.2023.

Информация об авторах:

Николай Александрович Сурин¹, руководитель научного направления, доктор сельскохозяйственных наук, академик Российской академии наук

Сергей Александрович Герасимов², ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией селекции серых хлебов, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Nikolai Alexandrovich Surin¹, Head of Scientific Direction, Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences

Sergey Alexandrovich Gerasimov², Leading Researcher, Head of the Laboratory of Brown Bread Breeding, Candidate of Agricultural Sciences