

НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКА МАССА 1000 ЗЕРЕН У МЕЖЛИНЕЙНЫХ ГИБРИДОВ ОЗИМОЙ РЖИ

А.А. ГОНЧАРЕНКО, академик РАН, **А.В. МАКАРОВ**, доктор сельскохозяйственных наук, **Т.В. СЕМЕНОВА**, **В.Н. ТОЧИЛИН**, **Н.А. КЛОЧКО**, **М.С. ГОНЧАРЕНКО**, **Н.В. ЦЫГАНКОВА**, кандидаты сельскохозяйственных наук, **П.А. ПЛОТНИКОВ**

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»,
E-mail: goncharenko05@mail.ru

Опыты проводили на экспериментальной базе Федерального исследовательского центра «Немчиновка». Исходным материалом послужили 10 мужских стерильных гомозиготных линий, несущих цитоплазму типа Пампа. Эти линии скрещивали с двумя мужскими фертильными линиями-тестерами: $mf\ H-842$ и $mf\ H-1247$. Тестовые скрещивания провели в 2019 г на двух изолированных участках по схеме топкросса. Полученные гибриды и их родительские формы испытывали в 2020 и 2021 гг. на делянках 8 м² в двукратной повторности. Тест на эпистаз и разложение генетической вариации на аддитивную и доминантную компоненты проводили по методу Jinks J., Perkins L.M., Brees E.L. (1969). Полученные данные показывают, что неаллельное взаимодействие генов существенно не влияет на признак крупнозерности у ржи. Основную роль в его детерминации играет аддитивное взаимодействие генов, а также неполное доминирование, доля которого оказалась также достоверно высокой. Констатировано устойчивое соотношение этих взаимодействий по годам: доля аддитивных эффектов варьировала на уровне 83,9-84,7%, а доля доминантных – на уровне 15,3-16,1%. Показатель степени доминирования $\sqrt{H1/D}$ был меньше единицы и также слабо варьировал по годам. Из этого следует, что доминантные аллели, влияющие на крупнозерность, не полностью подавляют действие своих рецессивных аллелей. По этой причине простые межлинейные гибриды наследуют промежуточный фенотип по сравнению с родительскими формами. Сделано заключение, что, при синтезе коммерческих гибридов ржи надо стремиться к тому, чтобы все родительские формы были крупнозерными. Для получения таких линий целесообразно использовать методы рекуррентного отбора, а также конвергентную и кумулятивную селекцию.

Ключевые слова: озимая рожь (*Secale cereale* L.), масса 1000 зерен, гомозиготная линия, тестер, гибрид, эпистаз, доминирование, аддитивное взаимодействие генов.

Для цитирования: Гончаренко А.А., Макаров А.В., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Клочко Н.А., Гончаренко М.С., Цыганкова Н.В., Плотников П.А. Наследование признака масса 1000 зерен у межлинейных гибридов озимой ржи. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 4(48):102-109. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-4-102-109

INHERITANCE OF THE TRAIT WEIGHT OF 1000 GRAINS IN INTERLINEAR HYBRIDS OF WINTER RYE

A.A. Goncharenko, A.V. Makarov, T.V. Semenova, V.N. Tochilin, N.A. Klochko, M.S. Goncharenko, N.V. Tsygankova, P.A. Plotnikov

FEDERAL RESEARCH CENTER NEMCHINOVKA, RUSSIA

Abstract: *The experiments were carried out at the experimental base of the Federal Research Center "Nemchinovka" (Moscow region). The starting material was 10 male sterile homozygous inbred lines carrying the Pump-type cytoplasm. These lines were crossed with two male fertile test*

lines: mf H-842 and mf H-1247. Test crosses were carried out in 2019 on two isolated plots according to the topcross scheme. The resulting hybrids and their parent forms were tested in 2020 and 2021 on plots of 8 m² in two-fold repetition. The test for epistasis and decomposition of the genetic variance into additive and dominant components was carried out by the method of Jinks J., Perkins L.M., Brees E.L. (1969). The data obtained show that the non-allelic interaction of genes does not significantly affect the trait of gross grain in rye. The main role in its determination is played by the additive interaction of genes, as well as incomplete dominance, the proportion of which was also significantly high. A stable ratio of these interactions was established over the years: the proportion of additive effects varied at the level of 83.9-84.7%, and the proportion of dominant effects at the level of 15.3-16.1%. The indicator of the degree of dominance $\sqrt{H1/D}$ was less than one and varied slightly over the years. It follows from this that dominant alleles affecting gross grain do not completely suppress the effect of their recessive alleles. For this reason, simple interlinear hybrids inherit an intermediate phenotype compared to the parent forms. It is concluded that, in the synthesis of commercial rye hybrids, it is necessary to strive to ensure that all parent forms are gross-grained. To obtain such lines it is advisable to use methods of recurrent selection as well as convergent and cumulative breeding.

Keywords: winter rye (*Secale cereale* L.), 1000 grain weight, homozygous line, tester, hybrid, epistasis, dominance, additive gene interaction.

Озимая рожь является относительно мелкозерной культурой среди зерновых колосовых. И это несмотря на длительную народную селекцию, в процессе которой признак крупнозерности служил главным критерием отбора при улучшении местных сортов. В известной мере это можно объяснить происхождением культуры. Исследуя генезис культурной ржи, Н.И. Вавилов (1917) установил, что дикие мелкозерные виды послужили основным исходным материалом для образования сорнополевой ржи, из которой затем произошли местные сорта. Однако многие исследователи слабый селекционный прогресс в улучшении этого признака связывают с трудностью его изучения на основе научного генетического анализа [1]. Это обусловлено аллогамностью вида *Secale cereale*, строгой самонесовместимостью и гетерогенностью сортов-популяций, а также трудностью получения гомозиготных линий, необходимых для синтеза межлинейных гибридов. Эти сложности возрастают, если изучаемый признак детерминируется многими генами, вклад каждого из которых невелик, а суммарный эффект в значительной степени модифицируется условиями внешней среды. В совокупности это явилось причиной того, что информация о генетическом контроле признака масса 1000 зерен у ржи в литературе оказалась весьма ограниченной [2].

По озимой ржи опубликовано относительно мало работ, посвященных изучению действия генов на экспрессию признака крупнозерности. Между тем этот признак вносит существенный вклад в формирование урожая, обладает довольно большим размахом фенотипического варьирования ($CV=18\%$), имеет высокую степень наследуемости ($H^2 = 0,55-0,82$) (Кобылянский В.Д., 1982). В совокупности это делает его важным инструментом в селекционном процессе. Известно, что при межлинейных скрещиваниях гибриды озимой ржи проявляют высокий эффект гетерозиса. В опытах Н.Н. Geiger and K. Morgenstern (1975) истинный гетерозис по урожаю зерна достигал 33%, а в опытах L.Madej (1976) – 52%. По данным Хаан С. (1975) наиболее часто гетерозис по урожаю зерна достигается за счет прироста массы зерна с колоса и массы 1000 зерен. Экспериментально установлено, что у ржи варианса общей комбинационной способности по большинству признаков преобладает над вариансой специфической комбинационной способности, за исключением урожайности и массы 1000 зерен. Поэтому в гетерозисной селекции ржи признак крупнозерности должен быть постоянно в поле зрения селекционера, чтобы не допустить его дрейфа в нежелательном направлении. Причина в том, что при инцухте растения подвергаются сильной инбредной депрессии (Wolski T, 1970), результатом которой является снижение массы 1000 зерен в сравнении с открыто опыляемыми сортами (Краснюк А.А, 1941).

Генетическая вариация признака – часть его общей фенотипической вариации, которая обусловлена влиянием генетических факторов. Основными ее слагаемыми являются: аддитивная дисперсия, дисперсия доминирования и эпистаз. Считается, что при выборе методов селекции весьма важно знать, какая из этих дисперсий преобладает (Кедров-Зихман О.О. и др, 1985). Если основная часть вариации обусловлена неаддитивным действием генов, например, сверхдоминированием или эпистазом, тогда надо снизить интенсивность отбора, чтобы не сузить популяцию и не ухудшить ее генетические свойства. В случае массового отбора его эффективность будет зависеть от доли аддитивной генетической вариации. Что касается вариации доминирования, то ее величина представляет особый интерес в случае гетерозисной селекции. Эта компонента вытекает из разницы между гетерозиготой и средним значением двух гомозигот: чем она больше, тем больше эффект гетерозиса у гибрида F_1 (Венгжин С., 1979).

Однако однозначного мнения насчет соотношения этих компонент у исследователей нет. Польские исследователи S.Wegrzyn and L.Grochowski (1978), изучая генотипическую вариацию признака крупнозерности у сортов ржи Даньковские златые, Карстен и Кустро, выявили большую разницу в коэффициентах наследуемости в узком и широком смысле и пришли к заключению о преобладании эффектов доминантного действия генов над аддитивным. В опытах В.Д. Кобылянского и др. (1975, 1983) наследование массы 1000 зерен у короткостебельных линейно-штаммовых гибридов на стерильной основе шло по типу сверхдоминирования. На основании этого утвердилось мнение, что генетическое улучшение этого признака у ржи на гибридном уровне является более перспективным, чем на популяционном (Wricke G., 1973).

В то же время имеются данные, что аддитивный генетический компонент имеет более важное значение в детерминации признака крупности зерна. Н.Н. Geiger and Wahle G. (1978), изучая структуру гетерозиса у межлинейных гибридов ржи, установили, что гетерозис по массе 1000 зерен проявляется в 2 раза слабее, чем по массе зерна с колоса. В наших исследованиях проведенных на частично инбредных линиях ржи, диаллельный анализ показал, что в генетическом контроле признака масса 1000 зерен преобладающую роль играла аддитивная вариация, а степень доминирования была неполной (Гончаренко А.А., Ермаков С.А., Фокина В.М., 1979). К аналогичному выводу мы пришли и при более позднем анализе 5 гомозиготных линий озимой ржи в системе диаллельных скрещиваний. В этих опытах средняя величина гипотетического гетерозиса по массе 1000 зерен составила 31,4%, а доля вклада общей комбинационной способности в генотипическую вариацию – 60,6% [3].

В контексте обсуждаемого вопроса большой интерес представляют результаты исследований, полученные на других культурах. Р.А. Цильке с соавторами (1979) показали, что у яровой пшеницы диаллельный анализ выявил аддитивно-доминантный контроль признака крупнозерности, параметры которого варьируют в зависимости от условий вегетации и площади питания растений. У подсолнечника основную роль в наследовании массы семян с растения играют аддитивное взаимодействие генов и в некоторой степени доминирование [4].

Таким образом, детерминация признака массы 1000 зерен у ржи обусловлена различным типом взаимодействия генов, что, по-видимому, обусловлено генетически различным исходным материалом, взятым для изучения. За последние годы в ФИЦ «Немчиновка» в рамках гибридной селекции ржи получены новые гомозиготные линии со стерильной цитоплазмой типа Пампа, в связи с чем возникла необходимость изучить структуру генетической дисперсии этого признака и определить основные ее компоненты.

Цель исследований – количественно оценить вклад аддитивной, доминантной и эпистатической дисперсий в общую генетическую вариацию признака массы 1000 зерен с целью повышения эффективности селекции гетерозисных гибридов озимой ржи.

Материал и методы

Самоопыленные линии получали методом многократного инцухта растений из гибридных популяций от скрещивания различных сортов ржи с донорами самофертильности.

Мужски стерильные аналоги инбредных линий получали методом насыщающих скрещиваний. Простые межлинейные гибриды получали от скрещивания стерильных линий с фертильными. В качестве материнского родителя использовали 10 мужски стерильных линий, относящихся к немчиновскому генопулу: ms Н-577, ms Н-649, ms Н-700, ms Н-732, ms Н-451, ms Н-1054, ms Н-1058, ms Н-1078, ms Н-1090, ms Н-1185. По массе 1000 зерен они значительно различались: наиболее мелкозерной была линия ms Н-451 (24,4 г), а наиболее крупнозерной – линия ms Н-1054 (28,3 г). В качестве отцовской формы были взяты мужски фертильные линии mf Н-842 и mf Н-1247, относящиеся соответственно к немчиновскому и саратовскому генопулам и являющиеся закрепителями стерильности. По массе 1000 зерен они существенно различались между собой: по многолетним данным линия mf Н-842 оказалась более мелкозерной (23,5 г), чем линия mf Н-1247 (27,5 г). Тестовые скрещивания провели в 2019 г на изолированных участках по схеме топкросса. Каждую линию высевали на делянке 5 м², которая опылялась окружающим ее тестером. В итоге получили 20 межлинейных гибридов F₁, полевые испытания которых вместе с родительскими формами провели в 2020 и 2021 гг на делянках 8,0 м² в 2-х кратной повторности при норме высева 500 зерен на 1м². Погодные условия в годы испытания сильно различались. В 2020 г обильные осадки в июне и июле (выпало 274,6 мм при норме 161,7 мм) вызвали раннее и сильное полегание растений, что послужило причиной формирования очень низкой массы 1000 зерен (на уровне 22,0 г). В 2021 г преобладала сухая и жаркая погода, осадков выпало 86,7% от многолетней нормы, растения не полегли и сформировали относительно крупное зерно (на уровне 34,0 г). Опытные делянки убирали в фазу полной спелости и определяли массу 1000 зерен в пересчете на 14%-ную влажность. Среднюю пробу на определение массы 1000 зерен брали с каждой делянки. Достоверность различий между вариантами оценивали методом дисперсионного анализа при уровне вероятности P=0,95 (Доспехов Б.А., 1983). Проверку на наличие эпистаза и разложение генетической вариации на аддитивную и доминантную компоненты проводили по методу Jinks J., Perkins L.M., Brees E.L. (1969) в интерпретации Федина М.А., Силис Д.Я. и Драгавцева В.А. (1973). Сущность предложенного метода состоит в скрещивании двух линий-тестеров с относительно большим числом других линий, отобранных из совокупности. Линии-тестеры подбирали с учетом максимальной контрастности по изучаемому признаку. Экспериментальные данные подвергали дисперсионному анализу, который состоял из двух этапов: 1) испытание на наличие эпистаза и 2) испытание на аддитивную и доминантную компоненты, если эпистаз отсутствует.

Результаты и обсуждение

Данные полевого испытания 20 межлинейных гибридов F₁ и 10 их материнских форм за 2020 и 2021 годы представлены в таблице 1.

Погодные условия в годы испытания существенно повлияли на величину изучаемого признака. Из-за сильного полегания растений в 2020 г масса 1000 зерен у материнских линий снизилась в среднем на 9,2 г, а у гибридов F₁ это снижение было больше и составило 11,1 г. Среднее превосходство гибридов F₁ над самообленными линиями по массе 1000 зерен составило 5,0% в 2020 г и 9,5% в 2021 г. Важно отметить, что на этом фоне почти все гибриды F₁ с участием тестера mf Н-1247 проявили более положительный тренд в сторону крупнозерности по сравнению с гибридами, где тестером была мелкозерная линия mf Н-842 (на 0,6 г в 2020 г и на 0,8 г в 2021 г). Лучшими по массе 1000 зерен за годы испытаний были гибриды F₁, полученные с участием стерильных линий ms Н-649, ms Н-1090 и ms Н-1054. Сравнительно мелкозерные гибриды получались при скрещивании обоих тестеров со стерильными линиями ms Н-451 и ms Н-1078. Результаты проверочного теста на наличие неаллельного взаимодействия генов, контролирующей изучаемый признак, представлены в таблице 2. Как видно, за годы исследований эпистатические эффекты генов на 5%-м уровне значимости выявить не удалось. На это указывают относительно низкие значения критерия F_{факт.} по сравнению со стандартным F_{табл.} (в 2020 г F_{факт.}=2,3 < F_{табл.}=3,2; в 2021 г F_{факт.}=2,2 < F_{табл.}=3,2). Следовательно, в генетической вариации признака масса 1000 зерен эпистатическая компонента достоверно не проявилась. Отсутствие этого типа взаимодействия служит

важным основанием для проведения дальнейшего анализа с целью выявления аддитивного взаимодействия генов и доминирования. Венгжин С., Смяловски Т. (1990) отмечали, что если эпистаз присутствует, то дальнейший анализ усложняется, так как этот феномен может существенно влиять на степень наследования признака, вызывая его усиление или ослабление.

Таблица 1

Средняя масса 1000 зерен у межлинейных гибридов F₁ и их материнских форм (г)

Материнская линия	Гибриды F ₁		Среднее	
	Тестер-опылитель mf Н-842	Тестер-опылитель mf Н-1247	Гибрид F ₁	Материнская линия
2020 год				
ms Н-577	24,0	24,6	24,3	22,5
ms Н-649	24,5	24,8	24,6	23,2
ms Н- 700	23,0	23,4	23,2	22,9
ms Н- 732	22,8	23,0	22,9	22,9
ms Н- 451	23,0	24,0	23,5	21,5
ms Н- 1054	23,8	23,4	23,6	22,4
ms Н- 1058	23,0	22,8	22,9	21,4
ms Н-1078	22,2	21,8	22,0	20,0
ms Н- 1090	23,6	24,8	24,2	22,8
ms Н-1185	20,4	23,4	21,9	21,8
Среднее:	23,0	23,6	23,3	22,2
НСР ₀₅	1,8			
2021 год				
ms Н- 577	33,0	35,4	34,2	30,1
ms Н-649	34,7	35,6	35,2	32,5
ms Н- 700	35,1	35,0	35,0	32,9
ms Н- 732	35,3	35,0	35,2	32,2
ms Н- 451	30,8	32,4	31,6	27,3
ms Н- 1054	35,1	35,2	35,2	33,4
ms Н- 1058	33,2	34,6	33,9	32,2
ms Н-1078	33,4	33,4	33,4	30,1
ms Н- 1090	35,9	36,5	36,2	32,4
ms Н-1185	34,0	35,0	34,5	31,1
Среднее:	34,0	34,8	34,4	31,4
НСР ₀₅	1,5			

Таблица 2

Тест на эпистатическое взаимодействие генов у межлинейных гибридов ржи по признаку масса 1000 зерен

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F _{факт.}	F _{05 табл}
2020 год					
Общая	47,0	19			
Повторности	1,9	1	1,9		
Линии	31,6	9	3,5	2,3	3,2
Ошибка	13,5	9	1,5		
2021 год					
Общая	38,4	19			
Повторности	0,2	1	0,2		
Линии	26,1	9	2,9	2,2	3,2
Ошибка	12,1	9	1,3		

Тест на аддитивное взаимодействие генов выявил достоверную значимость этого компонента (табл. 3). На это указывают высокие значения критерия $F_{\text{факт.}}$ по сравнению со $F_{\text{табл.}}$ (в 2020 г $F_{\text{факт.}}=3,9 > F_{\text{табл.}}=3,2$; в 2021 г $F_{\text{факт.}}=7,9 > F_{\text{табл.}}=3,2$). Эти данные подтверждают более ранее наше заключение о том, что в генетической дисперсии признака массы 1000 зерен у ржи доля аддитивных эффектов генов достоверно высокая [3]. В этой связи важно сослаться на другие общебиологические данные, подтверждающие, что аддитивная дисперсия является наиболее важной компонентой генетической вариации, так как именно она вносит основной вклад в генотипическую дисперсию признаков и является главной причиной сходства между родственными генотипами (Фолкнер Д.С., 1985).

Таблица 3

Тест на аддитивное взаимодействие генов у межлинейных гибридов ржи по признаку масса 1000 зерен

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт.}}$	$F_{05 \text{ табл}}$
2020 год					
Общая	72,4	19			
Повторности	1,4	1	1,4		
Линии	56,4	9	6,3	3,9	3,2
Ошибка	14,6	9	1,6		
2021 год					
Общая	124,4	19			
Повторности	0,7	1	0,7		
Линии	106,9	9	11,9	7,9	3,2
Ошибка	13,8	9	1,5		

Однако чисто аддитивный характер взаимодействия генов встречается сравнительно редко, чаще всего картина наследования является более сложной и причиной тому могут быть эффекты доминирования. Результаты нашего теста на доминирование аллельных генов показывают (табл. 4), что этот компонент вариации достоверно влиял на изменчивость признака массы 1000 зерен во все годы исследований (в 2020 г $F_{\text{факт.}}=5,9 > F_{\text{табл.}}=3,2$; в 2021 г $F_{\text{факт.}}=5,3 > F_{\text{табл.}}=3,2$). Отмечено, что наличие доминирования в локусах, детерминирующих крупнозерность, вполне ожидаемо и подтверждается проявлением инбредной депрессии по этому признаку у самоопыленных линий ржи.

Таблица 4

Тест на доминирование аллельных генов у межлинейных гибридов ржи по признаку масса 1000 зерен

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	$F_{\text{факт.}}$	$F_{05 \text{ табл}}$
2020 год					
Общая	21,6	19			
Повторности	1,6	1	1,6		
Линии	17,1	9	1,9	5,9	3,2
Ошибка	2,9	9	0,32		
2021 год					
Общая	28,20	19			
Повторности	0,34	1	0,34		
Линии	23,40	9	2,60	5,3	3,2
Ошибка	4,46	9	0,49		

Подтверждением вышеизложенного может служить сравнительная оценка линий и гибридов по средним данным за годы испытания (табл. 5). Как видно, наиболее

крупнозерные гибриды были получены при скрещивании крупнозерных линий ms Н-1054, ms Н-649 и ms Н-1090 с крупнозерным тестером mf Н-1247. Наиболее мелкозерные гибриды были получены при сочетании мелкозерных линий ms Н-451 и ms Н-1078 с мелкозерным тестером mf Н-842.

Таблица 5

Сравнительная оценка межлинейных гибридов F₁ и их материнских форм по массе 1000 зерен (среднее за 2020-2021 гг.)

Материнская линия	Гибриды F ₁		Среднее	
	Тестер-опылитель mf Н-842	Тестер-опылитель mf Н-1247	Гибрид F ₁	Материнская линия
ms Н-577	28,5	30,0	29,3	26,3
ms Н-649	29,6	30,2	29,9	27,9
ms Н- 700	29,0	29,2	29,1	27,7
ms Н- 732	29,0	29,0	29,0	27,6
ms Н- 451	26,9	28,2	27,6	24,4
ms Н- 1054	29,5	29,3	29,4	28,3
ms Н- 1058	28,1	28,3	28,4	26,8
ms Н-1078	27,8	27,6	27,7	25,0
ms Н- 1090	29,8	30,7	30,2	27,6
ms Н-1185	27,2	29,2	28,2	26,5
Среднее:	28,5±0,32	29,2±0,30	28,9±0,28	26,8±0,40

Однако следует учитывать, что долевое соотношение эффектов аддитивных и доминантных генов значимо варьирует в зависимости от погодных условий года [5]. С целью выяснения стабильности этого соотношения мы провели расчеты генетических параметров D и H₁, измеряющих вклад соответственно аддитивных и доминантных эффектов генов. Данные показывают, что в 2020 г эти параметры составили соответственно 5,40 и 1,04, а в 2022 г – 11,35 и 2,05. Обращает на себя внимание устойчивое соотношение этих эффектов по годам: доля аддитивных эффектов варьировала на уровне 83,9-84,7%, а доля доминантных- на уровне 15,3-16,1%. Следовательно, в детерминации признака масса 1000 зерен преобладающую роль играет аддитивное взаимодействие генов. Однако и доля аллельного доминирования в локусах генов, влияющих на массу 1000 зерен, была существенной. На степень его проявления указывает соотношение H₁/D, величина которого в наших опытах была меньше единицы и очень мало изменялась по годам: в 2020 г она составила 0,19, а в 2022 г – 0,18. При этом степень доминирования (показатель $\sqrt{H_1/D}$) была неполной и также практически не изменялась по годам: в 2020 г она составила 0,44, а в 2021 г 0,43. Это указывает на устойчивое проявление неполного доминирования признака, т.е. доминантная аллель крупнозерности не полностью подавляет действие своего рецессивного аллеля, в результате чего гетерозиготные растения гибрида F₁ имеют промежуточный генотип по массе 1000 зерен.

Заключение

Таким образом, экспериментально доказано отсутствие неаллельного взаимодействия генов (эпистаз) в генетической детерминации признака масса 1000 зерен у межлинейных гибридов озимой ржи. В наследственную вариацию этого признака определяющий вклад вносят аддитивные и частично доминантные эффекты генов. Сделано заключение, что в гетерозисной селекции озимой ржи на основе ЦМС необходимо проводить селекцию инбредных линий на общую и специфическую комбинационную способность и выявлять те комплементарные пары, которые проявляют высокий гетерозис по массе 1000 зерен. Важно также стремиться к тому, чтобы все родительские формы гибрида были крупнозерными. Для получения таких линий целесообразно использовать методы рекуррентного отбора, а также конвергентную и кумулятивную селекцию.

Литература

1. Гончаренко А.А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. – М.: – 2014. – 369 с.
2. Пономарева М.Л., Пономарев С.Н. Научные основы селекции озимой ржи. Казань. Изд-во ФЭН. – 2019. – 351 с.
3. Гончаренко А.А., Крахмалев С.В. Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н. Генетический анализ признаков продуктивности озимой ржи в диаллельных скрещиваниях // Вестник Саратовского госагроуниверситета. – 2012. – № 10. – С.25-29.
4. Волгин В.В., Обыдало А.Д., Бочкарев Б.Н. Наследование признака массы семян с растения у межлинейных гибридов подсолнечника // Масличные культуры. – 2017.- Вып. 4 (172). – С. 10-17.
5. Змиевская Е.А., Егоров Д.К. Наследование ценных признаков у простых гибридов F₁ озимой ржи // Селекція і насінництво. Київ. – 2015, Вып. 108. – С. 92-98.

References

1. Goncharenko A.A. Topical issues of winter rye breeding. - Moscow, - 2014. - 369 p.
2. Ponomareva M.L., Ponomarev S.N. Scientific bases of winter rye breeding. Kazan'. Izd-vo FEN. - 2019. - 351 p.
3. Goncharenko A.A., Krakhmalev S.V. Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N. Genetic analysis of winter rye productivity traits in diallel crosses // *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta*. - 2012. - № 10. - Pp.25-29.
4. Volgin V.V., Obydalo A.D., Bochkarev B.N. Inheritance of seed weight trait per plant in interlinear sunflower hybrids // *Maslichnye kul'tury*. - 2017.- Iss. 4 (172). - Pp. 10-17.
5. Zmievskaia E.A., Egorov D.K. Inheritance of valuable traits in simple hybrids F₁ of winter rye // *Selektsiya i nasinnitstvo*. Kiev. - 2015, Iss. 108. - Pp. 92-98.