

УДК 633.111.1:57.03

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (биологические науки, сельскохозяйственные науки)

ТЕСТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА КОМБИНАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ НОВЫХ РЕКОМБИНАНТОВ КУКУРУЗЫ

Люлюк Илья Романович
научный сотрудник
РИНЦ PIN – код: 3351-2690
ilya@lyulyuk.ru

Новичихин Андрей Петрович
научный сотрудник
РИНЦ PIN – код: 3959-0943

Перевязка Дмитрий Сергеевич
старший научный сотрудник,
канд. с.-х. наук
РИНЦ PIN – код: 3133-1977
«Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко»

Аминжонов Бунедбек Бахромжон
магистр
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13

В статье рассматриваются результаты использования нового набора самоопыленных рекомбинантов кукурузы в методе топкроссных скрещиваний. Исследования проводились в контрольных питомниках НЦЗ им. П.П. Лукьяненко в 2021-2023 годах. Выявлены генетические особенности комбинационной способности линий по показателям урожайности зерна и его влажности при сборе. Высокие значения общей и специфической комбинационной способности продемонстрировали рекомбинанты I2: LK12-88, LK12-18, LK12-3 и LK12-13, что указывает на их значительный потенциал для дальнейшей селекции. Средняя урожайность тесткроссов с участием данных линий превышала показатели контроля, подтверждая их ценность в селекционных программах

Ключевые слова: КУКУРУЗА, СЕЛЕКЦИЯ, ГИБРИДЫ, САМОПЫЛЕННЫЕ ЛИНИИ, ТОПКРОСС, ОБЩАЯ КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ, СПЕЦИФИЧЕСКАЯ КОМБИНАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА, ГЕТЕРОЗИС

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-019>

UDC 633.111.1:57.03

4.1.2. Breeding, Seed Production, and Biotechnology of Plants (Biological Sciences, Agricultural Sciences)

TESTING AND EVALUATION OF COMBINING ABILITY OF NEW CORN RECOMBINANTS

Lulyuk Ilya Romanovich
Research Scientist
RSCI SPIN – code: 3351-2690
ilya@lyulyuk.ru

Novichikhin Andrey Petrovich
Research Scientist
RSCI SPIN – code: 3959-0943

Perevyazka Dmitry Sergeyevich
Senior Research Scientist, Candidate of Agricultural Sciences
RSCI SPIN – code: 3133-1977
P. P. Lukyanenko National Center of Grain

Aminjonov Bunedbek Bakhromzhon
master's student
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia, 350044, Kalinina, 13

The article examines the results of using a new set of self-pollinated corn recombinants in the topcross method. The research was conducted at the test nurseries of the P. P. Lukyanenko National Center of Grain from 2021 to 2023. The genetic characteristics of the combining ability of the lines were identified based on grain yield and moisture at harvest. Recombinants I2: LK12-88, LK12-18, LK12-3, and LK12-13 demonstrated high values of general and specific combining abilities, indicating their significant potential for further breeding. The average yield of the test crosses involving these lines exceeded control levels, confirming their value for breeding programs

Keywords: CORN, BREEDING, HYBRIDS, SELF-POLLINATED LINES, TOPCROSS, GENERAL COMBINING ABILITY, SPECIFIC COMBINING ABILITY, GRAIN YIELD, HETEROSIS

Введение. Знание о комбинационной способности кукурузы можно расширить на основе ряда современных исследований и их результатов. Кукуруза (*Zea mays* L.) является важной зерновой культурой, играющей ключевую роль в продовольственном обеспечении, производстве кормов, растительных масел и биотоплива. Её происхождение связано с тропическими и субтропическими районами Америки, что привело к возникновению множества экотипов и богатого генетического разнообразия в процессе эволюции и одомашнивания. В отличие от умеренных линий кукурузы, тропические и субтропические формы демонстрируют большую генетическую вариативность, устойчивость к болезням и вредителям, устойчивость к полеганию и засухе, а также более высокий уровень гетерозиса в гибридах с умеренными инбредными линиями [9].

Гетерозис, впервые описанный Дарвиным (1876), проявляется в виде превосходства гибридов F1 по сравнению с родительскими линиями. Это явление обусловлено взаимодействием множества генов и зависит от характеристик гибридов и изучаемых признаков. Значение гетерозиса в сельском хозяйстве велико, и одним из самых успешных примеров использования гетерозиса является кукуруза. Для селекции гибридов, отличающихся высокой урожайностью, качеством и устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам, проводятся исследования комбинационной способности, которая оценивается с использованием таких генетических параметров, как общая (GCA) и специфическая (SCA) комбинационная способность. ОКС характеризует среднюю продуктивность линии в разных скрещиваниях, а СКС отражает уникальные взаимодействия генотипов в определенных гибридах [10].

Анализы ОКС и СКС проводятся с использованием специальных генетических дизайнов, таких как диаллельные скрещивания и схема North

Carolina Design II (NCD II), что позволяет более эффективно выявлять перспективные родительские линии для скрещивания [11].

Исследования показывают, что использование разнообразного генетического материала, включая тропические и умеренные экотипы, способствует улучшению производительности гибридов и расширению генетической базы для селекции.

Материалы и методы: исследования проводились на полях «Национального центра зерна имени П. П. Лукьяненко» (Краснодарский край, Россия) в течение трех вегетационных сезонов: 2021, 2022 и 2023 годы. Поля характеризуются черноземными почвами и умеренно континентальным климатом, что способствует высоким урожаям кукурузы, но требует учета колебаний погодных условий для корректного анализа данных.

Тесткроссы: использовались тестеры из различных гетерозисных групп для оценки новых самоопыленных линий кукурузы. Применение топкроссных скрещиваний позволило быстро и эффективно оценить такие характеристики, как урожайность и влажность зерна, что сократило количество индивидуальных скрещиваний и полевых испытаний. Этот метод помог выявить линии с высокой специфической комбинационной способностью (СКС) на ранних этапах селекции, способствуя оптимальному распределению ресурсов и пониманию гетерозисного эффекта, что делает его важным инструментом для улучшения гибридов кукурузы.

Методы проведения эксперимента: полевые эксперименты проводились в рамках рандомизированной полной блочной схемы с тремя повторениями для каждого тесткросса. Площадь каждого экспериментального участка составляла 10 м², что обеспечивало надлежащие условия для достоверной оценки результатов и минимизации влияния внешних факторов.

Измеряемые параметры: определение урожайности зерна проводилось на стадии полной зрелости путем сбора всего урожая с опытного участка и приведения полученных данных к стандартной влажности зерна (14 %) [4].

Методы оценки комбинационной способности:

Оценка общей комбинационной способности (ОКС): для каждой линии вычислялись эффекты общей комбинационной способности (G_i) на основе среднего значения её участия в скрещиваниях с тестерами. Расчёты производились по методике Гриффинга (метод 2, модель 1) [9].

Оценка специфической комбинационной способности (СКС): величина дисперсии СКС (σ^2Si) рассчитывалась для каждого тесткрасса по показателям урожайности. Эти показатели позволяют оценить специфические взаимодействия между линиями и тестерами, что важно для понимания их селекционного потенциала.

Анализ данных: для проведения статистического анализа использовалась дисперсионная оценка, а для определения значимых различий применялся критерий НСР₀₅ при уровне значимости 5 %. Для предварительной обработки данных применялась программа Excel, тогда как для проведения дисперсионного анализа использовались специализированные программные пакеты. [13].

Погодные условия: в разные исследуемые годы характер погодно-климатических условий существенно отличался, что оказывало влияние на результаты экспериментов. В 2021 году преобладали относительно стабильные погодные условия. Напротив, в 2022 и 2023 годах наблюдались значительные колебания температуры и частые засухи, что усложняло проведение опытов. Эти обстоятельства были учтены при анализе устойчивости линий и их способности к комбинационным взаимодействиям. [1,2,3].

Цель исследования: целью исследования является оценка стабильности урожайности самоопыленных линий кукурузы в условиях многолетних испытаний с учетом климатических факторов, а также определение их адаптационного потенциала и комбинационной способности для последующего создания перспективных гибридов, устойчивых к изменяющимся условиям окружающей среды.

Задачи исследования:

- выполнить анализ общей комбинационной способности (ОКС) самоопыленных рекомбинантов I_2 кукурузы по признаку урожайности зерна за трехлетний период (2021-2023 гг.).
- сравнить влияние различных тестеров на показатели урожайности для выявления наиболее перспективных комбинаций для дальнейшей гибридизации.
- осуществить анализ стабильности показателей ОКС и СКС в зависимости от погодных условий и используемых тестеров в различные годы проведения исследования.

Результаты и обсуждение.

Проведенные исследования подтвердили эффективность использования метода топкроссных скрещиваний для оценки продуктивности и устойчивости новых линий кукурузы. Это позволило селекционерам быстро выявить наиболее перспективные линии для гибридных программ, минимизируя число полевых испытаний и индивидуальных скрещиваний. Оценка комбинационной способности (как ОКС, так и СКС) на ранних этапах работы способствовала рациональному распределению ресурсов и лучшему пониманию взаимодействий между генотипами.

В рамках нашего исследования в качестве тестеров использовались пять линий и один гибрид, относящиеся к гетерозисной группе Lancaster. Эти тестеры были выбраны на основе их стабильных генетических

характеристик и способности обеспечивать надежные результаты при оценке комбинационной способности новых самоопыленных линий. Гетерозисная плазма Lancaster известна своей высокой продуктивностью и устойчивостью к стрессовым факторам, что делает её важным элементом в программах по созданию гибридов с улучшенными агрономическими признаками. Применение тестеров данной группы позволяет получить точные данные о специфической и общей комбинационной способности линий, что критически важно для оптимизации селекционного процесса и выявления перспективных генотипов для дальнейшей гибридизации и улучшения продуктивности кукурузы [15].

Для анализа общей и специфической комбинационной способности новых линий важно тщательно подбирать тестеры для скрещиваний, поскольку в научной литературе отсутствует единогласное мнение относительно идеальных материалов для этой цели. В ходе нашего исследования использовались как гибриды, так и самоопыленные линии для оценки комбинационной способности с использованием метода топкроссов. Были проведены скрещивания 112 новых рекомбинантных линий с шестью различными тестерами, при этом каждый рекомбинант был протестирован в комбинации как минимум с тремя тестерами.

Оценка комбинационной способности базировалась на результатах тесткроссов по урожайности зерна. Всего было получено 183 тесткросса, которые включали различные типы гибридов — от простых до сложных трехлинейных, в зависимости от применяемых тестеров. Полевые испытания проводились на базе контрольного питомника НЦЗ им. П.П. Лукьяненко в период с 2021 по 2023 годы. Результаты дисперсионного анализа урожайности тесткроссов за этот период представлены в таблице 1.

Анализ данных по комбинационной способности новых рекомбинантов I₂ кукурузы, выявил значительные различия в показателях

общей (ОКС) и специфической (СКС) комбинационной способности в зависимости от условий и используемых тестеров. Средние квадраты для ОКС линий варьировали в разных блоках и годах, с наивысшими значениями, зарегистрированными в 3 блоке в 2021 и 2022 годах (192,99 и 363,13 соответственно). Это свидетельствует о значительной генетической вариации и потенциале использования этих линий в селекционных программах.

Влияние тестеров оказалось особенно заметным во 2 блоке в 2022 году, где средние квадраты достигли 1263,41, что подчеркивает важность правильного подбора тестеров с высокой комбинационной способностью для обеспечения стабильных и надежных результатов. Показатели СКС, хотя и оставались относительно стабильными между блоками, демонстрировали значительные изменения по годам, что говорит о влиянии внешних факторов, таких как погодные условия, на продуктивность.

Таблица 1 – Показатели вариации комбинационной способности рекомбинантов и тестеров по урожайности, 2021-2023 гг.

Источник вариации	Число степеней свободы	Средние квадраты по признаку «урожайность зерна»		
		2021 год	2022 год	2023 год
1 блок рекомбинантов				
ОКС линий	10	62,67	161,68	73,43
ОКС тестеров	2	55,95	1444,24	266,08
СКС	56	46,73	147,52	78,51
Остаточная	166	3,94	2,67	2,02
$ms_{\text{ОКС линий}}/ms_{\text{СКС}}$	-	1,34	1,09	0,94
$ms_{\text{ОКС тестеров}}/ms_{\text{СКС}}$	-	1,2	9,79	3,39
($F_{\text{факт.}} > F_{0,05}$)				

Соотношение $ms_{\text{ОКС}}$ линий к $ms_{\text{СКС}}$ варьировалось по блокам, наиболее высокие значения были зафиксированы в 3 блоке в 2021 и 2022 годах (1,74 и 1,69), что свидетельствует о доминировании аддитивных эффектов в этих условиях. В то же время, соотношение $ms_{\text{ОКС}}$ тестеров к $ms_{\text{СКС}}$ в 2 блоке в 2022 году (6,38) подчеркивает значимость отдельных тестеров для повышения продуктивности скрещиваний.

Результаты исследования подтверждают, что использование разнообразных тестеров и многолетний анализ позволяют более точно оценить селекционный потенциал линий, учесть влияние внешних факторов и повысить точность отбора перспективных генотипов для гибридных программ.

Таблица 2 содержит результаты оценки общей комбинационной способности (ОКС) новых линий кукурузы, которые показали лучшие результаты в ходе первого этапа тестирования. В этом этапе участвовали 11 новых рекомбинантных линий, которые были протестированы с использованием трёх тестеров, представляющих собой простые гибриды. Это позволило провести комплексную оценку комбинационной способности линий по ряду агрономических характеристик, включая урожайность зерна.

В таблице представлены данные о значениях эффектов ОКС для разных лет исследования, а также средние показатели урожайности зерна тесткроссов, включавших данные линии, за период с 2021 по 2023 годы. Левая часть таблицы отражает годовые значения эффектов ОКС, в то время как правая часть включает средние данные по урожайности зерна за аналогичный период.

Таблица 2 – Оценка ОКС рекомбинантных линий первого блока по урожайности зерна, 2021-2023 гг.

Рекомбинант	Эффекты ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, т/га			
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
LK12-88	6,8	6,0	7,7	8,0	7,0	7,8	7,2
LK12-18	6,7	5,4	6,2	7,8	6,2	7,1	7,0
LK12-82	4,2	3,4	4,7	6,9	6,3	7,0	6,7
LK12-3	5,5	3,2	4,5	6,3	5,5	6,1	6,0
LK12-13	4,6	4,2	5,3	5,9	5,0	6,2	5,7
Средн.	-	-	-	7,0	6,0	6,8	6,6
HCP ₀₅	2,8	1,9	2,6	-	-	-	-

В таблице 2 представлены результаты оценки общей комбинационной способности (ОКС) самоопыленных рекомбинантных

линий по урожайности зерна за период 2021–2023 годов. На основе данных можно отметить несколько ключевых тенденций. Линия LK12-88 продемонстрировала наиболее высокие эффекты ОКС и средние показатели урожайности во всех трех годах, достигая пикового значения ОКС 7,7 в 2023 году и урожайности 7,8 т/га в том же году. Это указывает на стабильный высокий потенциал данной линии в различных условиях.

Линии LK12-18 и LK12-82 показали несколько ниже значения ОКС, но также сохраняли приемлемую урожайность, что делает их перспективными для дальнейшего использования в селекционных программах. В отличие от них, линия LK12-3 имела более выраженные колебания по годам, особенно с заметным снижением ОКС и урожайности в 2022 году, что может свидетельствовать о её чувствительности к изменениям внешних факторов.

Средние показатели по всем линиям за три года демонстрируют общий тренд к поддержанию уровня урожайности около 6,6 т/га, что указывает на устойчивость некоторых линий к изменяющимся условиям среды. Значение $НСР_{05}$, представленное для каждого года, подтверждает значимость различий между линиями и позволяет выделить наиболее продуктивные генотипы для дальнейшей работы.

Таким образом, результаты этого анализа подчёркивают важность комплексной оценки ОКС для определения перспективных линий, что способствует более эффективному отбору материалов для селекционных программ.

Оценка специфической комбинационной способности (СКС) новых рекомбинантных линий кукурузы играет ключевую роль в улучшении гибридов, так как позволяет идентифицировать перекрёстные комбинации с высоким потенциалом урожайности. Анализируя влияние различных генотипов на продуктивность, можно выделить те рекомбинанты и тестеры, которые проявляют лучшие результаты при скрещивании.

Исследования подтверждают, что линии с высокими значениями СКС способны обеспечивать значительное повышение урожайности благодаря комплексным генетическим взаимодействиям. В частности, значительная часть этих эффектов обусловлена неаддитивными генетическими компонентами, что требует оценки по многолетним испытаниям для определения устойчивых результатов в разных условиях окружающей среды. Результаты ряда исследований также показывают, что высокие показатели СКС могут варьировать в зависимости от внешних условий и генотипической среды, подчеркивая важность многофакторных тестов и повторных анализов для получения надёжных данных [14].

В таблице 3 представлены результаты оценки специфической комбинационной способности (СКС) новых рекомбинантных линий кукурузы по урожайности зерна в первом блоке испытаний. Рекомбинанты кукурузы, такие как LK12-3, демонстрировали существенные колебания СКС, с высоким значением в 2023 году (180,2), что может свидетельствовать о сложных генетических взаимодействиях и влиянии внешних факторов. В то же время, рекомбинанты LK12-88 и LK12-18 показали относительно стабильные значения с умеренными колебаниями по годам, что подтверждает их потенциальную пригодность для дальнейшего использования в гибридных программах.

Таблица 3 – Оценка СКС рекомбинантных линий первого блока по урожайности зерна (σ^2Si), 2021-2023 гг.

Рекомбинант	Величина варiances СКС (σ^2Si) по показателю «урожайность зерна»		
	2021 год	2022 год	2023 год
LK12-88	29,2	51,2	39,6
LK12-18	61,0	16,2	75,9
LK12-82	38,2	18,9	75,9
LK12-3	29,3	15,5	180,2
LK12-13	-2,9	23,3	43,6
σ^2Si среднее	18,9	18,8	91,0

Средние значения вариации СКС по годам указывают на постепенное повышение в 2023 году (91,0), что подчеркивает значимость многолетних исследований для точной оценки комбинационной способности. Это также соответствует выводам, сделанным в аналогичных исследованиях, где было показано, что эффект СКС может варьировать в зависимости от условий выращивания и генетической среды, влияя на конечные показатели урожайности.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили необходимость комплексной оценки как ОКС, так и СКС для отбора перспективных линий. Рекомбинанты I_2 , такие как LK12-88, продемонстрировали высокие и стабильные показатели ОКС (до 7,7) и урожайности (7,8 т/га), что делает их идеальными кандидатами для гибридных программ. Анализ СКС показал, что рекомбинанты I_2 с высокой вариацией, такие как LK12-3 (СКС = 180,2 в 2023 году), имеют потенциал при сложных генетических взаимодействиях, тогда как стабильные линии, такие как LK12-88, обеспечивают предсказуемые результаты (СКС в диапазоне от 29,2 до 39,6). Среднее значение СКС по годам указывало на рост в 2023 году (91,0), что подтверждает важность многолетних исследований для точной оценки. Таким образом, применение метода топкроссных скрещиваний в сочетании с тщательной оценкой ОКС и СКС способствует более эффективному отбору линий для создания продуктивных гибридов.

Список использованной литературы:

1. Агроклиматический обзор за 2020–2021 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. Краснодар: КубГАУ, 2021.
2. Агроклиматический обзор за 2021–2022 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. Краснодар: КубГАУ, 2022.
3. Агроклиматический обзор за 2022–2023 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. Краснодар: КубГАУ, 2023.
4. ГОСТ 12041-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. М.: Стандартинформ, 2011. 109–114 с.

5. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. М.: Стандартиформ, 2011. 116–118 с.
6. Романова И.Н. Теоретические основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур: учебно-методические указания для выполнения практических работ. Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2019. 56 с.
7. Шиманский Л.П., Мустяца С.И., Туровец В.Н., Долгова Е.Л. Зародышевая плазма самоопыленных линий кукурузы в селекции на гетерозис // Молекулярная и прикладная генетика. 2008. №2. С. 120-131.
8. Перевязка Д.С., Перевязка Н.И., Супрунов А.И. Изучение специфической комбинационной способности новых раннеспелых и среднеранних автодиплоидных линий кукурузы // Научный журнал КубГАУ. 2021. №166. С. 100-111.
9. Griffing V. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems // Australian Journal of Biological Sciences. 1956. Vol. 9. No. 4. P. 463-493.
10. Романова И.Н. Теоретические основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур: учебно-методические указания для выполнения практических работ. Смоленск: ФГБОУ ВО Смоленская ГСХА, 2019. 56 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
12. Гончаренко А.А., Макаров А.В., Ермаков С.А., Семенова Т.В., Точилин В.Н., Цыганкова Н.В., Крахмалева О.А. Селекция инбредных линий озимой ржи (*Secale cereale* L.) на общую и специфическую комбинационную способность и ее связь с селекционными признаками // Сельскохозяйственная биология. 2019. №1. С. 99-109.
13. А. В. Гульняшкин, Н. А. Лемешев, А. А. Земцев, И. Р. Люлюк. Оценка нового исходного материала (линий кукурузы) на принадлежность к гетерозисной группе зародышевой плазмы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 162. – С. 239-246. – DOI 10.21515/1990-4665-162-017. – EDN TGZRWI.

References

1. Agroklimaticeskij obzor za 2020–2021 sel'skoxozyajstvenny`j god po Krasnodarskomu krayu. Krasnodar: KubGAU, 2021.
2. Agroklimaticeskij obzor za 2021–2022 sel'skoxozyajstvenny`j god po Krasnodarskomu krayu. Krasnodar: KubGAU, 2022.
3. Agroklimaticeskij obzor za 2022–2023 sel'skoxozyajstvenny`j god po Krasnodarskomu krayu. Krasnodar: KubGAU, 2023.
4. GOST 12041-82. Semena sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur. Metody` opredeleniya vlazhnosti. M.: Standartinform, 2011. 109–114 s.
5. GOST 12042-80. Semena sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur. Metody` opredeleniya massy` 1000 semyan. M.: Standartinform, 2011. 116–118 s.
6. Romanova I.N. Teoreticheskie osnovy` programmirovaniya urozhaev sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur: uchebno-metodicheskie ukazaniya dlya vy`polneniya prakticheskix rabot. Smolensk: FGBOU VO Smolenskaya GSXA, 2019. 56 s.
7. Shimanskij L.P., Mustyacza S.I., Turovecz V.N., Dolgova E.L. Zarody`shevaya plazma samoopy`lenny`x linij kukuruzy` v selekcii na geterozis // Molekulyarnaya i prikladnaya genetika. 2008. №2. S. 120-131.
8. Perevyazka D.S., Perevyazka N.I., Suprunov A.I. Izuchenie specificheskoy kombinacionnoj sposobnosti novy`x rannespely`x i srednerannix avtodiploidny`x linij kukuruzy` // Nauchny`j zhurnal KubGAU. 2021. №166. S. 100-111.

9. Griffing B. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallel Crossing Systems // Australian Journal of Biological Sciences. 1956. Vol. 9. No. 4. P. 463-493.

10. Romanova I.N. Teoreticheskie osnovy` programmirovaniya urozhaev sel'skoxozyajstvenny`x kul'tur: uchebno-metodicheskie ukazaniya dlya vy`polneniya prakticheskix rabot. Smolensk: FGBOU VO Smolenskaya GSXA, 2019. 56 s.

11. Dospexov B.A. Metodika polevogo opy`ta. M.: Kolos, 1985. 336 s.

12. Goncharenko A.A., Makarov A.V., Ermakov S.A., Semenova T.V., Tochilin V.N., Cygankova N.V., Kraxmaleva O.A. Selekcija inbredny`x linij ozimoj rzhi (Secale cereale L.) na obshhuyu i specificheskuyu kombinacionnuyu sposobnost` i ee svyaz` s selekcionny`mi priznakami // Sel'skoxozyajstvennaya biologiya. 2019. №1. S. 99-109.

13. A. V. Gul'nyashkin, N. A. Lemeshev, A. A. Zemcev, I. R. Lyulyuk. Ocenka novogo isxodnogo materiala (linij kukuruzy`) na prinadlezhnost` k geterozisnoj gruppe zarody`shevoj plazmy` // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – № 162. – S. 239-246. – DOI 10.21515/1990-4665-162-017. – EDN TGZNWI.