

УДК 633.15:631.559

DOI: 10.55934/2587-8824-2022-29-5-577-583

ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ ПО ОСНОВНЫМ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫМ ПРИЗНАКАМ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

А. Г. Горбачева, Н. А. Орлянская, И. А. Ветошкина

Цель исследований – определение продуктивного потенциала и особенностей проявления хозяйственно полезных признаков линий кукурузы в контрастных условиях среды. В 2019–2021 гг. проводилось изучение 9 линий кукурузы селекции ФГБНУ «Всероссийский НИИ кукурузы» в условиях предгорной зоны Северного Кавказа (Всероссийский НИИ кукурузы, Ставропольский край) и лесостепной зоны Центрального Черноземья (Воронежский филиал ВНИИК, Воронежская область) по урожайности и уборочной влажности зерна, высоте и ломкости растений ниже початка, поражению пузырчатой головней. По результатам дисперсионного анализа установлено преобладающее влияние генотипа на формирование урожая зерна в более однородных погодных условиях Северного Кавказа (доля влияния фактора 67,22%), в более контрастных метеорологических условиях Центрального Черноземья – условий среды (61,27%). Высокий потенциал зерновой продуктивности в условиях Ставропольского края обнаружен у линий АГ 1712 ВМ (4,3 т/га) и КЛ 3М (4,2 т/га), в условиях Воронежской области – у линий РГС 201 зак (4,9 т/га), КЛ 6 3М (4,8 т/га), РГ 218 ВС и РГ 266 3М (по 4,1 т/га). Выявлены линии с низкой уборочной влажностью зерна по годам испытаний в условиях ЦЧР: РВ 197 МВ (17,7–23,2%), РС 201зак (17,5–23,8%) и РГС 201зак (19,8–26,3%). При создании гибридов для условий Северо-Кавказского региона рекомендуется использование линий КЛ 6 3М и АГ 1712 ВМ в качестве источников высокой продуктивности и высокорослости. При селекции гибридов для Центрально-Черноземного региона предлагаются линии РГС 201 зак, КЛ 6 3М, РГ 218 ВС, РГ 266 3М как источники высокой урожайности и РВ 197 МВ, РС 201 зак и РГС 201 зак как источники ускоренной влагоотдачи зерном при созревании.

Ключевые слова: кукуруза, исходный материал, условия среды, источники ценных признаков.

Кукуруза (*Zea mays* L.) обладает рядом ценных свойств и представляет исключительно важное значение в стабилизации продовольственной базы страны. Решение проблемы по импортозамещению ставит перед селекционной наукой новые задачи, которые ориентируются на использование при производстве растениеводческой продукции семян отечественных гибридов вместо импортных [1].

Для отечественного сельскохозяйственного производства [2, 3, 4] так же, как и для мирового земледелия [5], актуальным является возделывание на полях сортов и гибридов с высоким адаптивным потенциалом. Одним

из главных условий при создании и внедрении в производство высокоурожайных гибридов кукурузы, приспособленных к почвенно-климатическим условиям зоны возделывания, является широкое использование разнообразного исходного материала [6, 7, 8]. Для успешной селекции применяется подбор адаптивных родительских форм, достаточно полно использующих агроклиматические ресурсы, обладающих необходимой степенью устойчивости к неблагоприятным факторам среды и отвечающим технологическим требованиям (скороспелостью, хорошей влагоотдачей, устойчивостью к ломкости стебля и поражению пузырчатой головней)

в зависимости от направления их использования. Подбор компонентов скрещивания направлен на эффективную реализацию генетического потенциала исходных линий кукурузы в условиях региона [9, 10]. Стоит отметить, что повышение степени изученности исходного материала способствует возрастанию его ценности для селекционных программ [11, 12, 13].

Для практического использования родительские формы должны обладать способностью формировать высокий урожай зерна, чтобы иметь эффективное и рентабельное семеноводство гибридов кукурузы. Пригодность родительских форм устанавливается на основе всестороннего их изучения в тех условиях, в которых планируется выращивать семена гибридов первого поколения [14, 15].

Цель исследований – оценить продуктивный потенциал линий кукурузы и получить информацию по особенностям проявления основных хозяйственно ценных признаков в контрастных условиях предгорной зоны Северо-Кавказского региона и лесостепи Центрального Черноземья для оптимизации их дальнейшего использования в селекционно-семеноводческом процессе.

Материал и методы исследований

Метод исследований – полевой опыт. В 2019–2021 гг. на опытном поле ФГБНУ ВНИИ кукурузы, территориально расположенном в п. Пятигорский Ставропольского края в предгорной зоне Северо-Кавказского региона и опытном поле Воронежского филиала ФГБНУ ВНИИК, находящегося в п. Опытная станция Воронежской области в лесостепной зоне Центрально-Черноземного региона, изучены девять родительских форм – линий кукурузы, созданных и используемых в селекционно-семеноводческих программах института. В каждом из пунктов линии оценивали по следующим показателям: урожайность и уборочная влажность зерна, ломкость стебля ниже початка, поражение пузырчатой головней, высота растений.

Опыты были заложены на двухрядковых делянках с учетной площадью 7,84 м² в 3-кратной повторности в соответствии с Методическими рекомендациями [16]. Почвенный покров на опытном поле ВНИИ кукурузы представлен богатыми карбонатными и выщелоченными черноземами, а почвы филиала – черноземом выщелоченным среднemosным, малогумус-

ным, тяжелосуглинистым на покровной карбонатной глине. В каждом пункте в опытах применялась общепринятая для данной зоны технология выращивания.

Метеорологические условия в пунктах проведения исследований значительно отличались по годам, при этом стоит отметить, что в условиях Северо-Кавказского региона они были более выравнены по годам, чем в Центрально-Черноземной зоне. Во Всероссийском НИИ кукурузы в 2019 г. в период вегетации температура воздуха была выше средних многолетних значений в сочетании с достаточным количеством осадков, особенно в период цветения растений и формирования зерна. В 2020-м и 2021 гг. погодные условия в этом пункте складывались менее благоприятно, распределение осадков было неравномерным в течение всего вегетационного периода. В условиях Воронежского филиала погодные условия были благоприятными для роста и развития растений только в 2019 году. Напротив, в 2020-м и особенно в 2021 годах условия были лимитированными с неравномерным распределением тепла и длительными периодами отсутствия осадков.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с целью определения существенности различий методом двухфакторного дисперсионного анализа с использованием программы AGROS-2.09.

Результаты и обсуждение

Агроклиматические условия в пунктах проведения опыта оказали влияние на уровень урожайности зерна линий кукурузы. Показатель «индекс условий среды (I_j)» характеризует реализацию продуктивного потенциала генотипа в благоприятных и неблагоприятных условиях. Положительные значения индексов свидетельствуют о благоприятных условиях для роста и развития растений кукурузы, отмеченных в 2019 году в обоих пунктах, лучшими они были в Воронеже, где $I_j = 1,39$ против $I_j = 0,21$ в Пятигорске (табл. 1). В неблагоприятные по погодным условиям годы (2020-й и 2021 гг.) в обоих пунктах получены отрицательные значения индексов условий среды, самым низким индекс был в условиях Воронежского филиала в 2021 г. ($I_j = -1,51$). Коэффициент вариации по урожайности зерна у линий кукурузы во ВНИИК по годам изменялся в пределах 24,3–25,0%, а наибольшее варь-



рование отмечено в условиях Воронежского филиала в 2021 году – 40,8 %.

Результаты дисперсионного анализа данных по урожайности зерна показали, что в общей дисперсии наибольшая доля влияния принадлежала фактору «генотип» в более однородных метеорологических условиях Северного Кавказа (67,22%), а в условиях Центрального Черноземья с более контрастными по годам погодными условиями большее влияние оказывали условия среды (61,27%) (табл. 2).

Установлена различная реакция линий кукурузы на условия выращивания, о чем свидетельствуют данные по урожайности зерна в пунктах изучения. В среднем за три года урожайность у 7 линий из 9 была выше в условиях Воронежского филиала на 0,5–1,5 т/га, чем во ВНИИК (рис. 1).

Наиболее продуктивными формами в этих условиях оказались РГС 201 зак (4,9 т/га), КЛ 6 зМ (4,8 т/га), РГ 218 ВС и РГ 266 зМ (по 4,1 т/га). В условиях ВНИИ кукурузы максимальную урожайность зерна обеспечили линии АГ 1712 ВМ и КЛ зМ (4,3 и 4,2 т/га), причем урожайность линии АГ 1712 ВМ в этом пункте была на 1,3 т/га выше, чем в условиях Воронежского филиала.

Высота растений кукурузы, наряду с урожайностью, в значительной мере отражает их реакцию на условия произрастания, и поэтому формы со стабильным проявлением этого признака заслуживают внимания [17, 18]. Такими характеристиками в нашем опыте обладали линии КЛ 6 зМ, АГ 1712 ВМ, Да 27-11 зМ, они же характеризуются высокорослостью, высота которых в каждой из зон находилась в пределах 169–206 см (рис. 2).

Таблица 1 – Индекс условий среды и коэффициент вариации по урожайности зерна в пунктах испытания

Пункт	Индекс условий среды (I_j)			Коэффициент вариации (V), %		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
ВНИИ кукурузы	0,21	-0,14	-0,08	24,8	25,0	24,3
Воронежский филиал ВНИИК	1,39	-0,42	-1,51	16,2	25,1	40,8

Таблица 2 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа по урожайности зерна линий кукурузы, 2019–2021 гг.

Источник варьирования	Сумма квадратов (SS)	Степени свободы (df)	Средний квадрат (mS)	Критерий Фишера		Доля влияния фактора, %
				$F_{\text{факт}}$	$F_{0,05}$	
ВНИИ кукурузы						
Общее	51,95	80				
Фактор А (условия)	1,84	2	0,92	12,29*	3,18	3,54
Фактор В (генотип)	34,92	8	4,36	58,20*	2,12	67,22
Взаимодействие (А×В)	11,28	16	0,70	9,40*	1,84	21,71
Остаточное	3,91	52	0,07			7,53
НСР по фактору А			0,15			
НСР по фактору В			0,26			
Воронежский филиал ВНИИК						
Общее	176,07	80				
Фактор А (условия)	107,88	2	53,94	863,51*	3,18	61,27
Фактор В (генотип)	47,30	8	5,91	94,66*	2,12	26,86
Взаимодействие (А×В)	17,41	16	1,09	17,42*	1,84	9,89
Остаточное	3,48	52	0,06			1,98
НСР по фактору А			0,14			
НСР по фактору В			0,24			

*Достоверно при $P = 0,95$

Создание гибридов кукурузы для конкретного региона предусматривает синтез генотипов, оптимально сочетающих высокую урожайность с пониженной уборочной влажностью зерна [19, 20, 21]. Анализ результатов показал, что для условий Северо-Кавказского региона приемлемо выращивание всех линий из изученного набора, не требующих послеуборочного досушивания или с минимальными

затратами на сушку. В этих условиях все образцы показали низкую уборочную влажность, размах влажности по годам и формам был в пределах от 10,7 до 21,7% (табл. 3). Иная картина сложилась в лимитированных по теплу условиях Центрально-Черноземной зоны. Уборочная влажность зерна варьировала по годам и образцам в пределах от 17,7 до 40,0%, при которых требуется досушивание

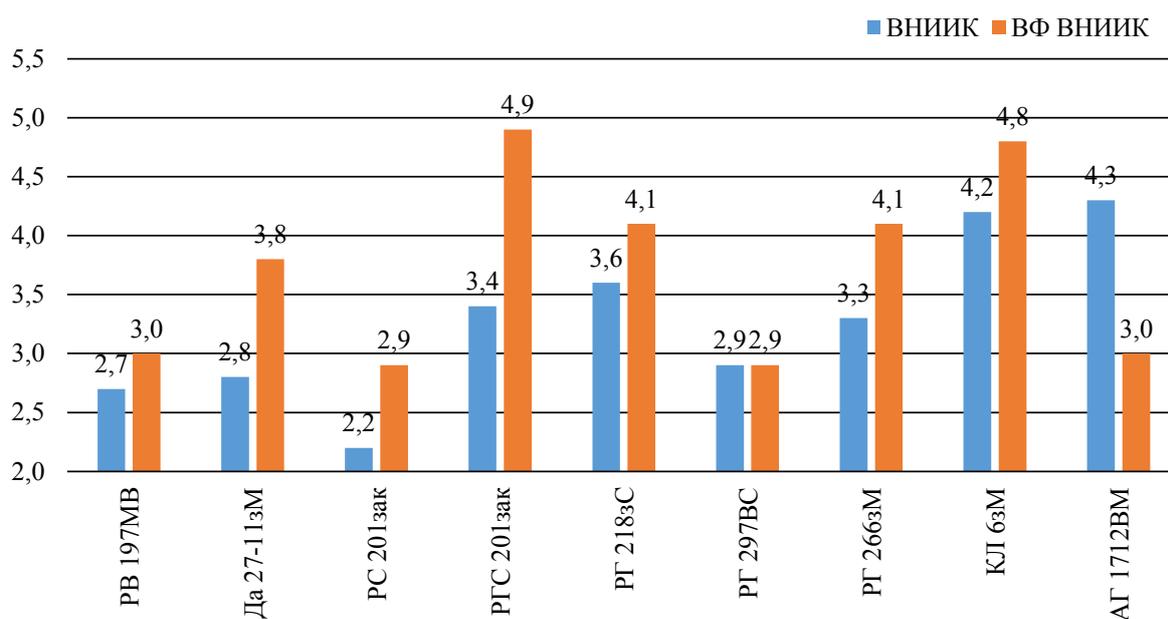


Рис. 1. Урожайность зерна линий кукурузы по пунктам, т/га (среднее за 2019–2021 гг.)

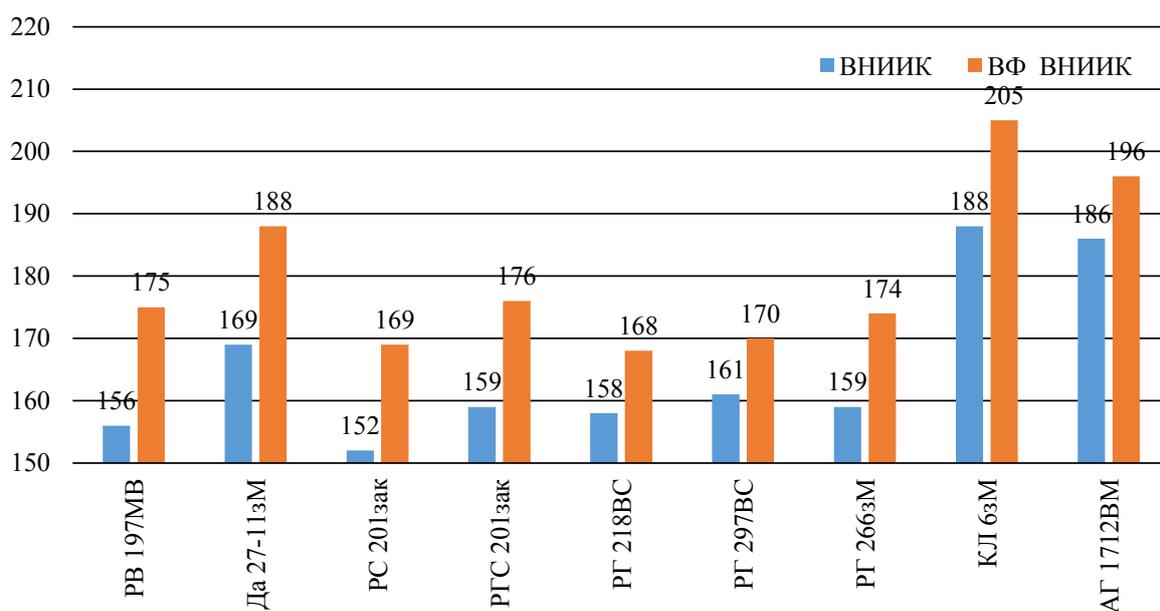


Рис. 2. Высота растений линий кукурузы в пунктах испытания, см (среднее за 2019–2021 гг.)



зерна после уборки. Обнаружены линии с минимальной влажностью в этой зоне: РВ 197 МВ (17,7–23,2%), РС 201зак (17,5–23,8%) и РГС 201зак (19,8–26,3%).

Совместный анализ показателей урожайности и уборочной влажности зерна позволяет заключить, что большинство из выделенных по урожаю в условиях Центрально-Черноземной зоны линий по причине высокой влажности зерна могут быть пригодны для создания гибридов с условием их использования в качестве отцовских форм гибридов (РГ 218 ВС) или в составе материнского компонента в качестве опылителя (КЛ 6 зМ, РГ 266 зМ).

Реальный урожай зерна кукурузы напрямую зависит от устойчивости растений к ломкости стебля ниже початка [9]. Самый высокий процент поломанных растений в среднем за три года в обоих пунктах отмечен у линии РВ 197 (7,9%

во ВНИИК, 13,3% в Воронежском филиале) (табл. 4). По остальным линиям во ВНИИК этот показатель не превышал 3,0%, в условиях Воронежа – 1,9%. Следует отметить, что ломкость растений ниже початка в 2021 г. во ВНИИ кукурузы была выше, чем в два предыдущих года исследований из-за сложившихся погодных условий (сильный ветер и осадки ливневого характера).

Поражение растений кукурузы пузырчатой головней является одним из факторов, способных вызвать недобор урожая, который в отдельные годы у восприимчивых форм может достигать высоких значений. Во ВНИИ кукурузы в среднем за три года наиболее восприимчивы к поражению пузырчатой головней оказались линии РГ 266 зМ (8,7%) и АГ 1712 ВМ (4,6%), в Воронежском филиале – линии РВ 197 (5,6%) и РГ 266 зМ (4,0%). По другим линиям поражение не превышало 2,5% (табл. 5).

Таблица 3 – Уборочная влажность зерна линий кукурузы

Линия	Уборочная влажность зерна, %					
	ВНИИ кукурузы			Воронежский филиал ВНИИК		
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.
РВ 197 МВ	17,5	12,8	16,2	23,2	22,2	17,7
Да 27-11 зМ	14,5	14,0	16,9	25,4	32,7	21,4
РС 201 зак	15,1	10,7	15,5	23,2	23,8	17,5
РГС 201 зак	15,5	13,8	17,0	22,6	26,3	19,8
РГ 218 ВС	18,3	19,6	19,8	28,5	37,6	24,2
РГ 297 ВС	16,2	16,8	16,5	26,2	33,1	19,8
РГ 266 зМ	19,5	20,5	19,0	33,5	40,0	28,0
КЛ 6 зМ	20,7	18,4	20,2	29,8	35,0	27,6
АГ 1712 ВМ	20,7	18,4	21,7	32,4	40,0	21,8
Коэффициент вариации, %	13,6	21,1	11,8	15,0	20,9	17,7

Таблица 4 – Ломкость растений линий кукурузы ниже початка

Линия	Ломкость растений, %							
	ВНИИ кукурузы				Воронежский филиал ВНИИК			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
РВ 197 МВ	1,3	0,7	21,8	7,9	0	4,8	35,1	13,3
Да 27-11 зМ	1,4	0	6,1	2,5	0	0	5,6	1,9
РС 201 зак	1,1	0	6,7	2,6	1,3	2,6	0	1,3
РГС 201 зак	3,7	0	4,8	2,8	4,8	0	0	1,6
РГ 218 ВС	2,2	0	6,7	3,0	0	0	0	0
РГ 297 ВС	0,8	1,8	5,5	2,7	1,2	0	0	0,4
РГ 266 зМ	0,8	0	5,3	2,0	0	0	0	0
КЛ 6 зМ	0,7	0	4,7	1,8	0	0	0	0
АГ 1712 ВМ	0	1,5	5,7	2,4	0	0	5,0	1,7

Таблица 5 – Поражение растений линий кукурузы пузырчатой головней по пунктам

Линия	Поражение растений пузырчатой головней, %							
	ВНИИ кукурузы				Воронежский филиал ВНИИ кукурузы			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
РВ 197 МВ	0,7	2,6	3,4	2,2	1,2	4,8	10,8	5,6
ДА 27-11 зМ	2,2	2,9	4,0	3,0	0	0	0	0
РС 201 зак	1,1	3,7	4,0	2,9	0	2,6	4,8	2,5
РГС 201 зак	0	2,7	0	0,9	0	0	2,3	0,8
РГ 218 ВС	1,5	1,3	1,3	1,4	0	2,8	2,3	1,7
РГ 297 ВС	2,3	3,8	0,8	2,3	0	0	2,3	0,8
РГ 266 зМ	7,6	3,2	15,2	8,7	0	4,8	7,1	4,0
КЛ 6 зМ	0,7	2,0	0,7	1,1	0	2,4	0	0,8
АГ 1712 ВМ	2,9	2,8	8,0	4,6	0	0	0	0

Выводы

Проведенные исследования позволили установить, что в однородных условиях среды Северо-Кавказского региона доминирующее влияние на формирование урожая принадлежало генотипу, а в контрастных условиях Центрально-Черноземной зоны – условиям произрастания.

Комплексная оценка линий по урожайности и параметрам хозяйственной ценности позволила выявить линии, обеспечивающие высокие показатели по изученным признакам в пунктах использования. При создании высокопродуктивных гибридов для условий Северо-Кавказского региона целесообразно включить в скрещивания линии КЛ 6 зМ и АГ 1712 ВМ, являющиеся источниками ценных признаков – высокая урожайность зерна и высокорослость. Для программ селекции гибридов кукурузы для условий Центрально-Черноземного региона будут полезны линии РГС 201 зак, КЛ 6 зМ, РГ 218 ВС, РГ 266 зМ – источники высокой урожайности, и РВ 197 МВ, РС 201 зак и РГС 201 зак – источники ускоренной влагоотдачи зерном при созревании.

Полученная информация по особенностям проявления основных хозяйственно полезных признаков в различных почвенно-климатических условиях позволит более эффективно использовать выделенные линии в программах селекции и семеноводства новых гибридов кукурузы.

Список литературы

1. Проблемы эффективности импортозамещения на российском агрорынке семян сель-

скохозяйственных культур / Н. А. Кузнецова, А. П. Королькова, О. В. Заводилов, А. В. Ильина // Вестник СГСЭУ. 2020. № 2 (81). С. 49–55.

2. Грабовец А. И., Бирюков К. Н. Роль сорта в стабилизации производства зерна в широком диапазоне агроклиматических факторов // Земледелие. 2021. № 5. С. 41–45. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45.

3. Панфилов А. Э., Зезин Н.Н., Овчинников П. Ю. Биологическая продуктивность ультраанних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона // Аграрный вестник Урала. 2022. № 3 (218). С. 35–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-35-47.

4. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 51 (5). С. 617–626.

5. Troyer A. F. Adaptedness and Heterosis in Corn and Mule Hybrids // Crop Sci. 2006. V. 46. № 2. P. 528–543.

6. Грушка Я. Монография о кукурузе / пер. с чешск. М. П. Умнова. М. : Колос, 1965. 723 с.

7. Создание, оценка, классификация и использование самоопыленных линий скороспелой кукурузы / С. И. Мустяца, П. А. Борозан, С. Г. Брума, Г. В. Русу // Материалы научно-практической конференции «Институт растениеводства «Порумбень» – 40 лет научной деятельности». Пашкани, 2014. С. 70–78.

8. The FAD2 gene in plants: Occurrence, regulation, and role / A. A. Dar, A. R. Choudhury, P. K. Kancharla, N. Arumugam // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. P. 1789. DOI: 10.3389/fpls.2017.01789.



9. Горбачева А. Г., Ветошкина И. А. Диагностика холодостойкости линий кукурузы // *Кукуруза и сорго*. 2018. № 1. С. 21–26. DOI: 10.25715/KS.2018.1.16224.
10. Характеристика элитных линий кукурузы по основным хозяйственно ценным признакам / В. С. Сотченко, А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина, Н. А. Орлянская // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021. № 2. С. 60–67. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-2-100-60-67.
11. Identification of fatty acid desaturases in maize and their differential responses to low and high temperature / X. Zhao [et al.] // *Genes*. 2019. Vol. 10 (6). P. 445. DOI: 10.3390/genes10060445.
12. Genetic contribution to maize yield gain among different locations in China / Ma Daling [et al.] // *Maydica*. 2015. Vol. 60. № 1. P. 11–18.
13. Зотиков В. И. Роль генетических ресурсов в повышении продуктивности и экологической устойчивости растениеводства // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2017. № 2 (22). С. 4–8.
14. Реакция интродуцированного исходного материала на засушливые условия / Г. Я. Кривошеев, А. С. Игнатъев, А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина // *Зерновое хозяйство России*. 2016. № 6. С. 35–38.
15. Изучение адаптивности материнских форм гибридов кукурузы / Н. А. Орлянский, Н. А. Орлянская, А. Г. Горбачева, И. А. Ветошкина // *Сахарная свекла*. 2021. № 5. С. 35–38. DOI: 10.25802/SB.2021.64.38.006.
16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки. М. : Альянс, 2011. 352 с.
17. Домашнев П. П., Дзюбецкий Б. В., Костюченко В. И. Селекция кукурузы. М. : Агропромиздат, 1992. 208 с.
18. Черчель В. Ю., Гайдаш О. Л., Таганцова М. М. Морфобіологічна характеристика ліній кукурудзи змішаної плазми в умовах Степу України // *Бюл. ин-ту сил. госп. НААН України*. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2015. № 8. С. 99–104.
19. Селекция раннеспелых гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании / А. И. Супрунов, А. П. Перевязка, Д. С. Перевязка, А. А. Терещенко // *Рисоводство*. 2019. № 4 (45). С. 19–24.
20. 25 лет селекции гибридов кукурузы в Белгородском федеральном аграрном научном центре Российской Академии Наук / А. Н. Воронин [и др.] // *Инновационные направления научных исследований для интенсификации сельскохозяйственного производства : матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием и Всерос. школы молодых ученых, посвящ. 300-летию РАН (21–23 июня 2022 г.)*. Белгород : ООО «КОНСТАНТА-принт», 2022. С. 251–258.
21. Сагарова Т. М., Філіпов Г. Л., Беліков Е. І. Селекція нових жаростіких ліній кукурудзи гетерозисної групи Ланкастер // *Бюл. Ін-ту зернового господарства УААН*. 2016. № 10. С. 10–15.

Горбачева Анна Григорьевна, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы».

E-mail: 976067@mail.ru.

Орлянская Наталья Алексеевна, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Воронежский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы».

E-mail: vf-nauka@yandex.ru.

Ветошкина Ирина Анатольевна, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы».

E-mail: 976067@mail.ru.

* * *