

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПРОСТЫХ СТЕРИЛЬНЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ – РОДИТЕЛЬСКИХ ФОРМ

А. Г. Горбачева¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела первичного и элитного семеноводства, ORCID ID: 0000-0001-9936-4565;

Г. Я. Кривошеев², кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

А. С. Игнатьев², кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;

Н. А. Орлянская³, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства, ORCID ID: 0000-0002-9456-6640

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы», 357528, г. Пятигорск, ул. Ермолова, д. 14-Б; e-mail: 976067@mail.ru;

²ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», 347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

³Воронежский филиал ФГБНУ ВНИИ кукурузы, 396835, Воронежская обл., Хохольский р-н, п. Опытной станции ВНИИКу; e-mail: vf-nauka@yandex.ru

В статье представлены результаты испытания в 2020–2022 гг. десяти родительских форм гибридов кукурузы в трех пунктах, различающихся по влагообеспеченности и другим условиям произрастания: ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт кукурузы (ФГБНУ ВНИИ кукурузы), Ставропольский край, Воронежский филиал ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института кукурузы (Воронежский филиал ВНИИКу), Воронежская область и ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (АНЦ «Донской»), Ростовская область. Цель исследования – изучение новых стерильных простых гибридов кукурузы – родительских форм в различных почвенно-климатических зонах, выделение перспективных для конкретных условий, выявление зависимости урожайности зерна от высоты растений для оптимизации селекционного процесса. По влагообеспеченности и температурному режиму погодные условия во ВНИИ кукурузы и Воронежском филиале характеризовались как благоприятные, а в АНЦ «Донской» – неблагоприятные для роста и развития растений кукурузы. По результатам двухфакторного дисперсионного анализа урожая зерна установлено, что в общей дисперсии во всех пунктах наибольшая доля влияния принадлежит взаимодействию факторов «генотип×условия» (59,0, 70,4 и 48,6 % соответственно). Выделены родительские формы: ИК 4310-53 С, Аврора С, ПГ 11, формирующие максимальную урожайность зерна (5,9–7,4 т/га) в условиях почвенно-климатической зоны Воронежской области, во ВНИИ кукурузы максимальная урожайность зерна получена у родительских форм ИК 4310-53 С (5,9 т/га) и ПГ 11 (6,6 т/га). В засушливых условиях АНЦ «Донской» выделились: ССК 53 – 277 М, ИК 4310-53 С, ПГ 11, перспективные для использования в данном регионе в качестве родительских форм. Они характеризовались наименьшим снижением урожайности зерна (37,3–50,0 %) по сравнению с влагообеспеченными пунктами, наибольшими абсолютными значениями урожайности (3,0–3,7 т/га). Во всех пунктах экологического испытания выявлена корреляционная связь между урожайностью зерна и высотой растения ($r = 0,72–0,88$). Простые стерильные гибриды с высоким рангом по урожайности, как правило, имели высокие ранги по высоте. Отбор родительских форм по высоте растений позволил выделить более урожайные формы.

Ключевые слова: родительские формы кукурузы, урожай зерна, высота растений, доля влияния факторов, корреляционная зависимость.

Для цитирования: Горбачева А. Г., Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Орлянская Н. А. Экологическое изучение простых стерильных гибридов кукурузы – родительских форм // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 4. С. 105–112. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-93-4-105-112.



ECOLOGICAL STUDY OF PARENTAL FORMS OF SIMPLE STERILE MAIZE HYBRIDS

A. G. Gorbacheva¹, Doctor of Agricultural Sciences, main researcher of the department of primary and basic seed production, ORCID ID: 0000-0001-9936-4565;

G. Ya. Krivosheev², Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;

A. S. Ignatiev², Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600;

N. A. Orlyanskaya³, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the department of breeding and seed production, ORCID ID: 0000-0002-9456-6640;

¹FSBSI "All-Russian Research Institute of Maize", 357528, Pyatigorsk, Ermolaev Str., 14-B; e-mail: 976067@mail.ru;

²FSBSI Agricultural Research Center "Donskoy", 347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru;

³A Voronezh branch of the FSBSI ARRSI of Corn, 396835, Voronezh region, Khokholsky district, v. of Opytnoy stantsii VNIIC; e-mail: vf-nauka@yandex.ru

The current paper has presented the results of 2020–2022 testing carried out with ten parental forms of maize hybrids in such three locations, differing in moisture availability and other growing conditions as FSBSI “All-Russian Research Institute of Maize” (Stavropolsky Krai), the Voronezh branch of the FSBSI ARRSI of Corn (the Voronezh Region) and the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy” (Rostov region). The purpose of the work was to study parental forms of new sterile simple maize hybrids in various soil and climatic zones, to identify promising ones for specific conditions, to identify correlations for optimizing the breeding process. In terms of moisture availability and temperature regime, weather conditions at the ARRI of Maize and the Voronezh branch were characterized as favorable, while at the ARC “Donskoy” they were unfavorable for the growth and development of maize plants. According to the results of a two-factor analysis-of-variance of grain yield, there was established that in the total variance at all points, the largest share of influence belongs to the interaction of the factors “genotype × conditions” (59.0 %, 70.4 %, 48.6 %, respectively). There were identified the parental forms ‘IK 4310-53 S’, ‘Aurora S’, ‘PG 11’, which formed the maximum grain productivity (5.97.4 t/ha) in the conditions of the soil and climatic zone of the Voronezh region; at the ARRI of Maize the maximum grain productivity was obtained from the parental forms ‘IK 4310-53 S’ (5.9 t/ha) and ‘PG 11’ (6.6 t/ha). In arid conditions of the ARC “Donskoy” there were identified the forms ‘SSK 53-277 M’, ‘IK 4310-53 S’, ‘PG 11’, promising for use here as parental forms. They were characterized with the smallest decrease in grain productivity (37.3–50.0 %), compared to moisture-supplied locations, with the highest absolute productivity values (3.0–3.7 t/ha). At all locations of the environmental testing, there was found a correlation between grain productivity and plant height ($r = 0.72–0.88$). Simple sterile hybrids with a high productivity rank, as a rule, had high ranks in height. Selection of parental forms according to plant height made it possible to select more productive forms.

Keywords: parental forms of maize, grain productivity, plant height, share of influence of factors, correlation.

Введение. Кукуруза, обладая рядом ценных хозяйственных свойств, имеет большое значение в стабилизации продовольственной базы страны. Решение вопросов по импорто-замещению ориентирует производящие зерно хозяйства на использование семян гибридов отечественной селекции вместо импортных (Кузнецова и др., 2020).

Важным условием для успешной селекции является подбор адаптивных родительских форм, достаточно полно использующих агроклиматические ресурсы, обладающих комплексной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды, вредителям и болезням. Подбор исходного материала направлен на эффективную реализацию генетического потенциала родительских форм кукурузы в условиях региона (Горбачева и др., 2022; Кривошеев и др., 2016).

О необходимости эффективного отбора исходного материала для создания гибридов кукурузы различного хозяйственного использования, адаптированного к стрессовым условиям различных зон, заявляют и зарубежные исследователи (Fadhli et al., 2020; Lou et al., 2020; Zhao et al., 2019; Раденович и др., 2015).

В селекции нельзя обойтись без определения корреляционных связей. Их выявление направляет внимание селекционера на отыскание причинной связи между признаками и свойствами. Постоянно повторяющиеся эмпирические корреляции создают базу для прогноза, упрощают отбор, ускоряют и удешевляют селекционный процесс (Вавилов, 1966). Ряд исследователей отмечают, что наиболее ценны корреляции, в основе которых лежит биологическая связь между признаками, так как они более постоянны. Однако корреляции динамичны и зависят от влияния внешней среды. Такое явление позволяет селекционерам успешно находить разрывы в отрицательных связях с целью их преодоления. Большое значение для селекционной практики имеет изучение вопросов передачи наиболее важных хозяйственно-биологических признаков родительских форм гибриднему потомству. Создание

и отбор высокопродуктивных самоопыленных линий предполагает и создание на их основе более урожайных гибридов (Шиманский и др., 2017).

Высота растений – один из наиболее важных морфологических признаков, коррелятивно связанный с другими показателями: высотой заложения початков, облиственностью, полегаемостью, продуктивностью и т.д. Кроме того, высота растений имеет важное значение при индустриальной технологии возделывания кукурузы, при подборе пар на участке гибридизации. Нередко высота растений гибридов в значительной степени зависит от высоты растений родительских форм. Выявлены высокие положительные средние и тесные корреляционные связи между высотой растений и урожаем зерна (Гудова, 2020; Гудова и др., 2021; Перченко и Сергеева, 2021; Кривошеев и Игнатьев, 2018).

Учитывая важность признака «высота растений» для родительских форм гибридов кукурузы, представляет интерес изучение зависимости урожайности зерна от высоты растений в разных почвенно-климатических условиях. Еще более важно знать, как будут вести себя родительские формы в тех условиях, где их планируется использовать на участках гибридизации.

Цель исследования – изучение новых стерильных простых гибридов кукурузы – родительских форм в различных почвенно-климатических зонах, выделение перспективных для конкретных условий, выявление зависимости урожайности зерна от высоты растений для оптимизации селекционного процесса.

Материалы и методы исследований. В 2020–2022 гг. на опытных полях ФГБНУ ВНИИ кукурузы (ВНИИК) Ставропольского края, Воронежского филиала ФГБНУ ВНИИК Воронежской области, ФГБНУ АНЦ «Донской» Ростовской области в изучении находились 10 родительских форм – простых гибридов кукурузы, созданных в селекционных программах ВНИИ кукурузы. Опыты закладывали на двухрядковых делянках с учетной площа-

дью 7,84 м² в трех повторениях. Гибриды оценивали по урожайности зерна и высоте растений.

Метеорологические условия в пунктах проведения исследований значительно различались (рис. 1).

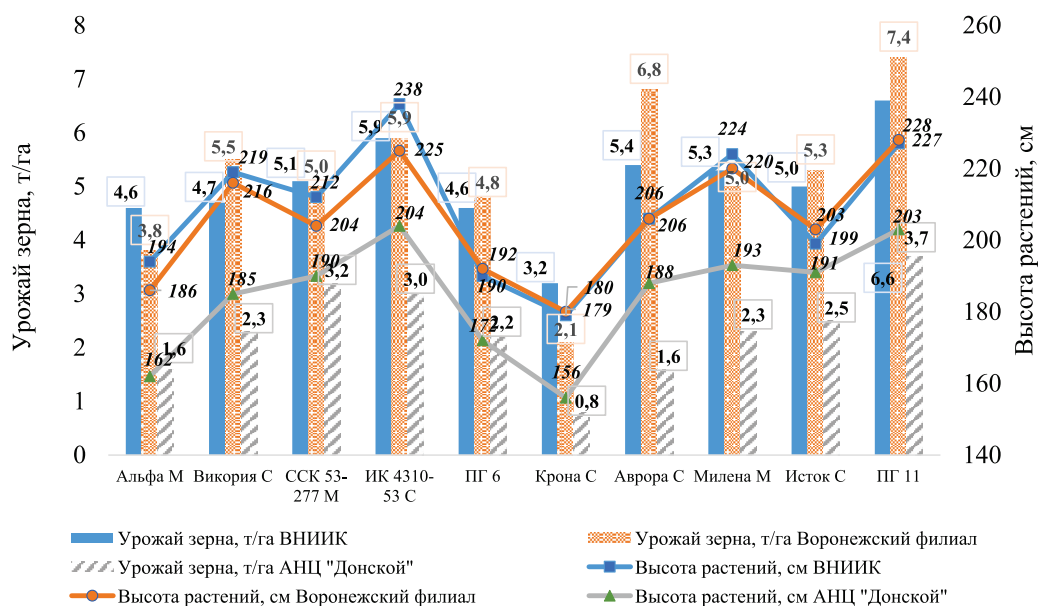


Рис. 1. Метеорологические данные в пунктах изучения (2020–2022 гг.)

Fig. 1. Weather data at the locations of testing (2020–2022)

В среднем за три года (2020–2022) за период вегетации (май–сентябрь) во ВНИИ кукурузы выпало 338 мм осадков, в Воронежском филиале – 249 мм, в АНЦ «Донской» – 220 мм осадков. При этом наибольшее количество осадков по пунктам выпало в мае–июле, 266,1; 164,4 и 152,5 мм соответственно. Лидером по количеству осадков в этот период оказался ВНИИ кукурузы. В августе в Воронежском филиале выпало всего 12,0 мм осадков, во ВНИИ кукурузы – 26,0 мм, в АНЦ «Донской» – 47,7 мм. Сентябрь оказался влажным (72,9 мм) в Воронежском филиале.

Среднесуточные температуры воздуха в июне–сентябре в АНЦ «Донской» были на 2–4 °С выше по сравнению с другими пунктами. В мае и сентябре явный дефицит тепла, на 2,5–6,5 °С, отмечен в Воронежском филиале. В целом, учитывая влагообеспеченность и температурный режим, метеословия во ВНИИ кукурузы и Воронежском филиале характеризуются как благоприятные, а в АНЦ «Донской» – неблагоприятные для роста и развития растений кукурузы.

Почвенный покров предгорной зоны Ставропольского края представлен богатыми карбонатными и выщелоченными чер-

ноземами. Почвы Воронежского филиала представлены черноземом выщелоченным среднемоющим малогумусным тяжелосуглинистым на покровной карбонатной глине. В АНЦ «Донской» почва проведения эксперимента – чернозем обыкновенный.

Для определения показателей «взаимодействие генотип×среда» и доли влияния фактора провели математическую обработку экспериментальных данных методом двухфакторного дисперсионного анализа в программе AGROS-2-09. Корреляционный анализ выполняли по Доспехову (2014). Гибриды ранжировали в каждом пункте испытания по средней высоте растений и средней урожайности зерна. Самый высокий ранг отмечен у гибридов с наибольшей высотой и урожайностью зерна.

Результаты и их обсуждение. По результатам дисперсионного анализа урожая зерна установлено, что в общей дисперсии во всех пунктах наибольшая доля влияния принадлежит взаимодействию факторов «генотип × условия» (ВНИИ кукурузы – 59,0 %, Воронежский филиал ВНИИ – 70,4 %, АНЦ «Донской» – 48,6 %). Доля влияния генотипа составила по пунктам испытания 34,5, 26,7 и 40,7 % соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Результаты дисперсионного анализа испытания стерильных простых гибридов кукурузы по урожаю зерна по пунктам исследования (2020–2022 гг.)

Table 1. Results of analysis-of-variance of testing sterile simple maize hybrids according to grain productivity and locations of testing (2020–2023)

Источник варьирования	ВНИИК		Воронежский филиал		АНЦ «Донской»	
	НСР ₀₅	доля влияния факторов	НСР ₀₅	доля влияния факторов	НСР ₀₅	доля влияния факторов
Гибриды (А)	0,27	34,5	0,32	26,7	0,33	40,7
Год (В)	0,15	1,8	–	0,5	0,18	3,3
Взаимодействие (АВ)	0,46	59,0	0,56	70,4	0,57	48,6
Остаток	–	5,1	–	2,4	–	7,4

Математическая обработка экспериментальных данных методом двухфакторного дисперсионного анализа позволила определить показатель «взаимодействие генотип × среда» и долю влияния этого фактора на признак

«высота растений» (ВНИИ кукурузы – 63,4 %, Воронежский филиал ВНИИ – 44,4 %, АНЦ «Донской» – 41,6 %). Доля влияния генотипа составила по пунктам испытания 29,8, 52,8 и 52,7 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2. Результаты дисперсионного анализа испытания стерильных простых гибридов кукурузы по высоте растений по пунктам исследования (2020–2022 гг.)
Table 2. Results of analysis-of-variance of testing sterile simple maize hybrids according to plant height and locations of testing (2020–2023)

Источник варьирования	ВНИИ		Воронежский филиал		АНЦ «Донской»	
	НСР ₀₅	доля влияния факторов	НСР ₀₅	доля влияния факторов	НСР ₀₅	доля влияния факторов
Гибриды (А)	5,91	29,8	6,01	52,8	4,22	52,7
Год (В)	–	0,1	3,31	0,9	2,31	3,8
Взаимодействие (АВ)	10,24	63,4	10,47	44,4	7,3	41,6
Остаток	–	6,3	–	1,9	–	1,9

Экспериментальные данные, представленные на рисунке 2, наглядно демонстрируют влияние природных условий зоны выращива-

ния на продуктивность и высоту растений родительских форм.

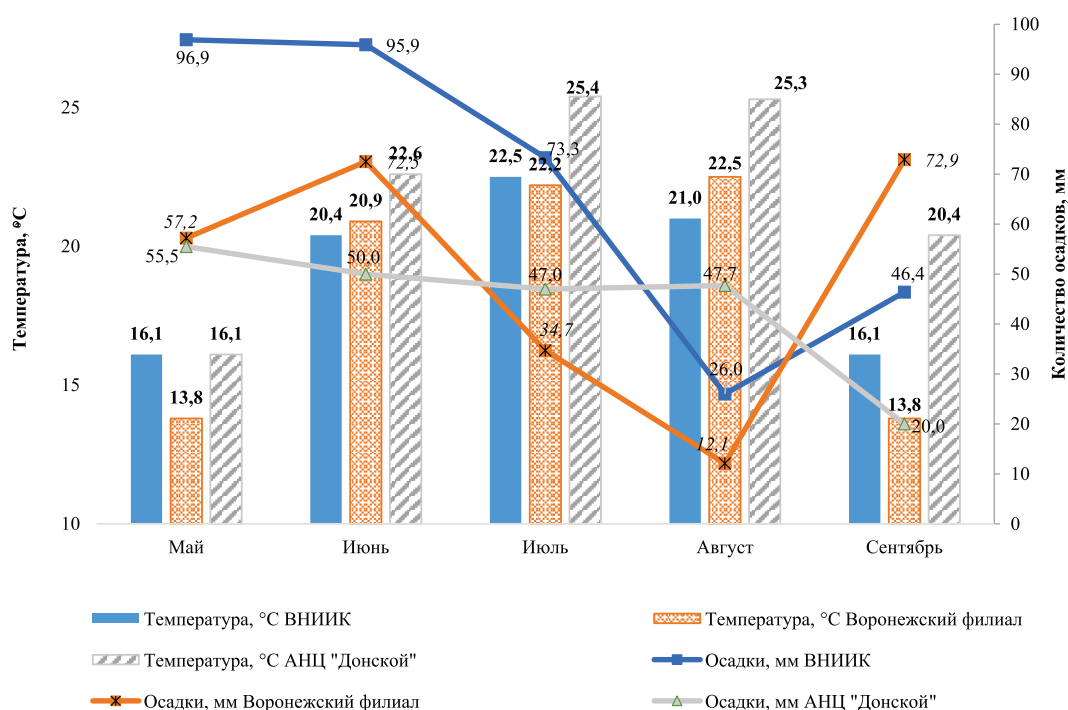


Рис. 2. Урожай зерна и высота растений простых стерильных гибридов кукурузы (2020–2022 гг.)
Fig. 2. Grain productivity and plant height of simple sterile maize hybrids (2020–2023)

Самую низкую урожайность зерна все простые гибриды сформировали в засушливых условиях АНЦ «Донской» – 0,8–3,7 т/га, в данном регионе растения отличались наименьшей высотой: 156–204 см. Более высокая урожайность зерна получена в пункте испытания ВНИИ кукурузы (3,0 – 6,6 т/га) и Воронежском филиале (2,1–7,4 т/га). Однако реакция родительских форм на условия выращивания была специфична, одни из них отличались самой высокой урожайностью зерна в пункте экологического испытания ВНИИ кукурузы, другие – в Воронежском филиале. Так, простые гибриды Альфа М (4,6 т/га), ССК 53-277 М (5,1 т/га), Крона С (3,2 т/га), Милена М (5,3 т/га) имели

выше урожайность зерна во ВНИИ кукурузы. Гибриды Виктория С (5,5 т/га), Аврора С (6,8 т/га), Исток С (5,3 т/га), ПГ 11 (7,4 т/га) максимальную урожайность зерна сформировали в Воронежском филиале. Гибрид ИК 43-10-53 С (5,9 т/га) не отличался по урожайности в обоих пунктах. Подобная реакция на условия выращивания получена и по высоте растений кукурузы. Самыми высокими во ВНИИ кукурузы были растения родительских форм Альфа М (194 см), Виктория (219 см), ССК 53 – 277 М (212 см), ИК 43-10-53 С (238 см), Милена М (224 см). В Воронежском филиале большую высоту растений имели гибриды ПГ6 (192 см), Исток С (203 см), ПГ 11 (227 см). Равноценные

по высоте в обоих пунктах были растения гибрида Аврора С (206 см).

Полученные результаты позволяют утверждать, что подбор родительских форм для участков гибридизации должен проводиться с учетом их реакции на конкретные условия выращивания. В почвенно-климатических зонах, где расположены ВНИИ кукурузы и Воронежский филиал, большинство родительских форм имели высокую урожайность зерна, что позволит иметь высокий выход семян с участков гибридизации. Выделены родительские формы ИК 43-10-35С, Аврора С, ПГ 11, формирующие максимальный урожай

зерна (5,9–7,4 т/га) в условиях почвенно-климатической зоны Воронежского филиала, во ВНИИ кукурузы максимальная урожайность получена у родительских форм ИК 43-10-53 С (5,9 т/га), ПГ 11 (6,6 т/га).

В АНЦ «Донской» наиболее продуктивными оказались гибриды ИК 41-10-53 (3,0 т/га), ССК 53-277 М (3,2 т/га), ПГ 11 (3,7 т/га). Примечательно, что эти же гибриды характеризовались наименьшим снижением урожайности зерна в засушливых условиях АНЦ «Донской» (37,3–50,0 %) по сравнению с максимальным урожаем, полученным в других пунктах экологического испытания (табл. 3).

Таблица 3. Снижение урожайности зерна и высоты растений у родительских форм гибридов кукурузы (2020–2022 гг.)
Table 3. Decrease in grain productivity and plant height in parental forms of maize hybrids (2020–2023)

№ п/п	Название	Снижение, %,	
		урожайности зерна	высоты растений
1	Альфа М	65,3	16,6
2	Виктория С	58,2	15,6
3	ССК 53-277 М	37,3	10,4
4	ИК 4310-53 С	49,2	14,3
5	ПГ 6	54,2	10,4
6	Крона С	75,0	13,3
7	Аврора С	76,5	8,7
8	Милена М	56,6	13,8
9	Исток С	52,8	5,9
10	ПГ 11	50,0	16,6

Минимальным снижением урожая зерна (37,3 %) отличался простой стерильный гибрид ССК 53-277 М, что позволяет утверждать о лучшей его засухоустойчивости, адаптивности к условиям дефицита влаги и перспективности использования в качестве родительской формы на участках гибридизации в почвенно-климатических условиях АНЦ «Донской». Следует отметить, что снижение высоты растений у него было незначительным (10,4 %). Наибольшее снижение продуктивности в засушливых условиях происходило у родительских форм Крона С (75,0 %) и Аврора С (76,5 %) при самых низких абсолютных значениях урожайности зерна (0,8 и 1,6 т/га соответственно). Использовать их в качестве материнских форм на участках гибридизации в условиях АНЦ «Донской» нецелесообразно.

Снижение высоты растений не всегда происходило пропорционально снижению урожайности зерна. Так, например, при большом снижении урожайности зерна (на 65,3 %) у стерильного гибрида Альфа М снижение высоты было максимальным (16,6 %), а у гибрида Аврора С, наоборот, при сильном снижении продуктивности (76,5 %) снижение высоты растений (8,7 %) оказалось одним из самых меньших.

Абсолютные значения урожайности зерна зависели от абсолютных значений высоты растений во всех пунктах испытания. Ранжирование родительских форм по высоте растений во всех пунктах позволило выявить совпадение рангов по урожайности и высоте (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность зерна и высота растений стерильных простых гибридов кукурузы с указанием рангов (2020–2022 гг.)
Table 4. Grain productivity and plant height of sterile simple maize hybrids with their ranks (2020–2022)

№ п/п	Название	Урожайность зерна, т/га						Высота растений, см					
		1		2		3		1		2		3	
			ранг		ранг		ранг		ранг		ранг		ранг
1	Альфа М	4,6	8	3,8	9	1,6	9	194	8	186	9	162	9
2	Виктория С	4,7	9	5,5	4	2,3	6	219	4	216	4	185	7
3	ССК 53-277 М	5,1	5	5,0	7	3,2	2	212	5	204	7	190	5
4	ИК 4310-53 С	5,9	2	5,9	3	3,0	3	238	1	225	2	204	1
5	ПГ 6	4,6	7	4,8	8	2,2	7	190	9	192	8	172	8
6	Крона С	3,2	10	2,1	10	0,8	10	179	10	180	10	156	10

Продолжение табл. 4

№ п/п	Название	Урожайность зерна, т/га						Высота растений, см					
		1		2		3		1		2		3	
			ранг		ранг		ранг		ранг		ранг		ранг
7	Аврора С	5,4	3	6,8	2	1,6	8	206	6	206	5	188	6
8	Милена М	5,3	4	5,0	6	2,3	5	224	3	220	3	193	3
9	Исток С	5,0	6	5,3	5	2,5	4	199	7	203	6	191	4
10	ПГ 11	6,6	1	7,4	1	3,7	1	227	2	228	1	203	2

Примечание. 1 – ВНИИ кукурузы; 2 – Воронежский филиал ВНИИ кукурузы; 3 – АНЦ «Донской»

Так, простой гибрид ПГ 11 с самым высоким во всех пунктах рангом (1) по продуктивности имел и самые высокие ранги по высоте растений (1, 2). Родительская форма Крона С с низким рангом во всех пунктах по продуктивности (10) имела во всех пунктах и низкий ранг (10) по высоте растений. Простой стерильный гибрид Альфа М характеризовался низкими рангами как по продуктивности (8, 9), так и по высоте растений (8, 9). То же самое наблюдалось и по гибриду ПГ 6: 7, 8 и 8, 9 соответственно. По некоторым гибридам отмечались боль-

шие различия, так, по гибриду Аврора С ранги по урожайности составили 2–8, по высоте – 5, 6. Однако в целом тенденция увеличения урожайности родительских форм с увеличением высоты растений сохранялась.

Корреляционный анализ по продуктивности, полученный в трех пунктах отдельно по трем годам испытания (2020–2022), позволил выявить тесную корреляционную зависимость урожайности зерна простых стерильных гибридов – родительских форм от высоты растений ($r = 0,72–0,88$) (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициенты корреляции между урожаем зерна и высотой растений простых гибридов кукурузы (2020–2022 гг.)
Table 5. Correlation coefficients between grain productivity and plant height of simple maize hybrids (2020–2022)

Год	Коэффициент корреляции		
	ВНИИ кукурузы	Воронежский филиал	АНЦ «Донской»
2020	0,74	0,72	0,81
2021	0,78	0,88	0,73
2022	0,84	0,65	0,77

В восьми случаях из девяти коэффициент корреляции был выше 0,70 и только в Воронежском филиале в 2022 г. был незначительно ниже ($r = 0,65$).

Полученные результаты являются доказательством того, что отбор родительских форм по высоте растений позволяет выделить наиболее продуктивные формы. Отбор по высоте растений технически значительно проще, чем по урожайности. Браковка низкорослых форм на ранних этапах позволит повысить эффективность селекционного процесса.

Одна из высокорослых (219 см) форм (ПГ 11) оказалась самой продуктивной (5,9 т/га в среднем по пунктам испытания). Самая высокорослая форма ИК 41-10-53 С (223 см) в среднем по трем пунктам изучения заняла второе место по урожайности (5,9 т/га). В то же время родительская форма Крона С с минимальной высотой (172 см) характеризовалась наименьшей урожайностью зерна по всем пунктам изучения (2,0 т/га).

Выводы. Простые стерильные гибриды кукурузы – родительские формы характеризуются специфической реакцией на различные почвенно-климатические условия выращивания. Минимальной урожайностью зерна (0,8–3,7 т/га) и высотой растений (156–204 см) все изученные формы отличались в наиболее засушливом пункте экологического испыта-

ния – АНЦ «Донской». Максимальную урожайность и высоту растений родительские формы имели в более благоприятных условиях ВНИИ кукурузы и Воронежского филиала.

Выделены родительские формы ИК 43-10-35С, Аврора С, ПГ 11, формирующие максимальную урожайность зерна (5,9–7,4 т/га) в условиях почвенно-климатической зоны Воронежского филиала, во ВНИИ кукурузы максимальная урожайность получена у родительских форм ИК 43-10-53 С (5,9 т/га), ПГ 11 (6,6 т/га).

В засушливых условиях АНЦ «Донской» выделены простые гибриды для использования в качестве родительских форм: ИК 43-10-53С, ССК 53-277 М. Они характеризовались наименьшим снижением урожайности зерна (37,5–50,0 %) по сравнению с влагообеспеченными пунктами (ВНИИ кукурузы, Воронежский филиал) и наибольшими абсолютными значениями урожайности (3,0–3,7 т/га).

Выявлена тесная корреляционная связь между урожайностью зерна и высотой растений ($r = 0,72–0,88$). Простые стерильные гибриды с высокими рангами по урожайности зерна, как правило, имели более высокие ранги по высоте растений. Отбор родительских форм по высоте растений позволил выделить более урожайные формы.

Библиографические ссылки

1. Вавилов, Н. И. Избранные сочинения. Генетика и селекция. М.: Колос, 1966. 559 с.
2. Горбачева А. Г., Орлянская Н. А., Ветошкина И. А. Оценка исходного материала линий кукурузы по основным хозяйственно ценным признакам в различных условиях среды // АПК России. 2022. Т. 29, № 5. С. 577–583. DOI: 10.55934/10.55934/2587-8824-2022-29-5-577-583
3. Гудова, Л. А. Кластерный анализ хозяйственно ценных признаков гибридов кукурузы в условиях Саратовского Правобережья // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 14–20. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp14-20
4. Гудова Л. А., Зайцев С. А., Жужукин В. И., Курасова Л. Г. Использование методов многомерной статистики для оценки модельной популяции кукурузы // Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 9–15. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp9-15
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С., Горбачева А. Г., Ветошкина И. А. Реакция интродуцированного исходного материала на засушливые условия // Зерновое хозяйство России. 2016. № 6. С. 35–38.
7. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Оптимизация параметров количественных признаков гибридов кукурузы зернового использования // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5(59). С. 35–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-35-39
8. Кузнецова Н. А., Королькова А. П., Заводило О. В., Ильина А. В. Проблемы эффективности импортозамещения на российском агрорынке семян сельскохозяйственных культур // Вестник СГСЭУ. 2020. № 2(81). С. 49–55.
9. Перченко Н. А., Сергеева О. Н. Испытания ультраскороспелых гибридов кукурузы французской селекции для производства зерна в условиях Томской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2. С. 27–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-27-33
10. Раденович Ч., Делич Н., Сечански М., Йованович Ж., Станкович Г., Опович А. Инбредные линии и гибриды кукурузы (ZEA MAYS L.) сербской селекции с высокой эффективностью фотосинтеза, обогащенным пигментным составом и повышенной питательной ценностью // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50, № 5. С. 600–610. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.600rus
11. Шиманский Л. П., Кравцов В. И., Говор Т. М. Корреляционные связи у самоопыленных линий кукурузы // Земледелие и селекция в Беларуси. 2017. № 53. С. 362–368.
12. Fadhli N. U. R., Farid M. U. H., Effendi R. O. Y., Azrai M., Anshori M. F. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress // Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 2020. Vol. 21, № 8. DOI: 10.13057/biodiv/d210826
13. Lou F., Li X.-D., Shang Y.-S., Wu J.-H., Zhang R., Gan X.-B., Xiong J., Chen G.-J., Li S.-G., Pei C.-J. Selection of suitable silage maize varieties in the Bijie region based on yield, agronomic and nutritional evaluation Acta Prataculturae Sinica. 2020. Vol. 29, P 214–224. DOI: 10.11686/cyb2019485
14. Zhao X., Wei J., He L., Zhang Y., Zhao Y., Xu X., Wei Y., Ge S., Ding D., Liu M., Gao S., Xu J. Identification of fatty acid desaturases in maize and their differential responses to low and high temperature // Genes. 2019. Vol. 10(6), Article number 445. DOI: 10.3390/genes10060445

References

1. Vavilov, N. I. Izbrannyye sochineniya. Genetika i selektsiya [Selected works. Genetics and breeding]. M.: Kolos, 1966. 559 s.
2. Gorbacheva A. G., Orlyanskaya N. A., Vetoshkina I. A. Otsenka iskhodnogo materiala linii kukuruzy po osnovnym khozyaistvenno-tsennym priznakam v razlichnykh usloviyakh sredy [Estimation of the initial material of maize lines according to the main economically valuable traits in various environmental conditions] // APK Rossii. 2022. T. 29, № 5. S. 577–583. DOI: 10.55934/10.55934/2587-8824-2022-29-5-577-583
3. Gudova, L. A. Klasternyi analiz khozyaistvenno-tsennyykh priznakov gibridov kukuruzy v usloviyakh Saratovskogo Pravoberezh'ya [Cluster analysis of economically valuable traits of maize hybrids in the conditions of the Saratov Pravoberezhie] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2020. № 6. S. 14–20. DOI: 10.28983/asj.y2020i6pp14-20
4. Gudova L. A., Zaitsev S. A., Zhuzhukin V. I., Kurasova L. G. Ispol'zovanie metodov mnogomernoi statistiki dlya otsenki model'noi populyatsii kukuruzy [Using multivariate statistics methods to estimate a model maize population] // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2021. № 7. S. 9–15. DOI: 10.28983/asj.y2021i7pp9-15
5. Dospikhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: Al'yans, 2014. 351 s.
6. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S., Gorbacheva A. G., Vetoshkina I. A. Reaktsiya introdutsirovannogo iskhodnogo materiala na zasushlivye usloviya [Response of introduced initial material to arid conditions] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2016. № 6. S. 35–38.
7. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S. Optimizatsiya parametrov kolichestvennykh priznakov gibridov kukuruzy zernovogo ispol'zovaniya [Optimization of parameters of quantitative traits of maize hybrids for grain use] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2018. № 5(59). S. 35–39. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-59-5-35-39
8. Kuznetsova N. A., Korol'kova A. P., Zavadilo O. V., Il'ina A. V. Problemy effektivnosti importozameshcheniya na rossiiskom agrorynke semyan sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Problems of import substitution efficiency in the Russian agricultural market of grain crop seeds] // Vestnik SGSEU. 2020. № 2(81). S. 49–55.

9. Perchenko N. A., Sergeeva O. N. Ispytaniya ul'traskorospelykh gibridov kukuruzy frantsuzskoi selektsii dlya proizvodstva zerna v usloviyakh Tomskoi oblasti [Testing ultra-early maturing maize hybrids of French breeding for grain production in the Tomsk region] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2021. № 2. S. 27–33. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-27-33
10. Radenovich Ch., Delich N., Sechanski M., Iovanovich Zh., Stankovich G., Opovich A. Inbrednye linii i gibridy kukuruzy (ZEA MAYS L.) serbskoi selektsii s vysokoi effektivnost'yu fotosinteza, obogashchennym pigmentnym sostavom i povyshennoi pitatel'noi tsennost'yu [Inbred maize lines and hybrids (ZEA MAYS L.) of Serbian breeding with high photosynthesis efficiency, enriched pigment composition and increased nutritional value] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2015. T. 50, № 5. S. 600–610. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.600rus
11. Shimanskii L. P., Kravtsov V. I., Govor T. M. Korrelyatsionnye svyazi u samoopylennykh linii kukuruzy [Correlations in self-pollinated maize lines] // *Zemledelie i selektsiya v Belarusi*. 2017. № 53. S. 362–368.
12. Fadhli N. U. R., Farid M. U. H., Effendi R. O. Y., Azrai M., Anshori M. F. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress // *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2020. Vol. 21, № 8. DOI: 10.13057/biodiv/d210826
13. Lou F., Li X.-D., Shang Y.-S., Wu J.-H., Zhang R., Gan X.-B., Xiong J., Chen G.-J., Li S.-G., Pei C.-J. Selection of suitable silage maize varieties in the Bijie region based on yield, agronomic and nutritional evaluation *Acta Prataculturae Sinica*. 2020. Vol. 29, P 214–224. DOI: 10.11686/cyb2019485
14. Zhao X., Wei J., He L., Zhang Y., Zhao Y., Xu X., Wei Y., Ge S., Ding D., Liu M., Gao S., Xu J. Identification of fatty acid desaturases in maize and their differential responses to low and high temperature // *Genes*. 2019. Vol. 10(6), Article number 445. DOI: 10.3390/genes10060445

Поступила: 08.07.24; доработана после рецензирования: 08.08.24; принята к публикации: 9.08.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Горбачева А. Г. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Кривошеев Г. Я. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Орлянская О. Н. – выполнение полевых опытов, сбор и математическая обработка данных; Игнатьев А. С. – выполнение полевых опытов и сбор данных, оформление статьи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.