

НОВЫЕ АМИЛОПЕКТИНОВЫЕ САМООПЫЛЕННЫЕ ЛИНИИ ПОДВИДА ВОСКОВИДНОЙ КУКУРУЗЫ

Г. Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
А. С. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-460
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Научный городок, д. 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Ценность амилопектинового крахмала как сырья для технической, пищевой промышленности и в медицине обуславливает необходимость селекции подвида восковидной кукурузы (*Zea mays L. ceratina*), имеющего в зерне именно такой крахмал. Исследования выполнены в 2022–2024 гг. в ФГБНУ «АНЦ «Донской». В качестве объекта исследований использованы 14 новых самоопыленных линий восковидной кукурузы, созданных стандартным (початкорядным) методом. Цель исследований – выделить самоопыленные линии восковидного подвида, имеющие высокую долю амилопектина в крахмале и высокие значения важнейших хозяйственно ценных признаков, выявить влияние способа опыления на содержание крахмала. Установлено, что способ опыления (принудительный и свободный) не оказывал значительного влияния на содержание общего крахмала в зерне линий. Из 10 изученных линий только две изменили класс по содержанию крахмала в зависимости от способа опыления. Выделены линии 24/29, 25/69, 26/99, 25/95, 26/31, 25/64 (10), 27/23, 24/28, 24/28 А, имеющие высокую долю амилопектина в крахмале (99,83–99,89 %). Среди них высоким содержанием общего крахмала в зерне (68,7–69,0 %) характеризовались линии 24/29, 25/95, 26/31, 24/28, 24/28 А. Среди амилопектиновых линий наибольшей урожайностью зерна отличалась линия 26/99 (0,76 т/га), средняя урожайность (0,31–0,43 т/га) отмечена у линий 25/69, 26/31, 24/28. Выделены новые амилопектиновые линии, устойчивые к полеганию (24/29, 26/99, 24/28), устойчивые к поражению пузырчатой головней на естественном фоне (24/29, 25/64 (10), 27/23). Новые линии, за исключением 24/29 и 27/23, технологичны при уборке (высота прикрепления початка 50,0–60,0 см). Формирование более высокого урожая у восковидных линий обеспечивалось высокими значениями признаков продуктивности. Выявлены высокие положительные коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и массой одного початка ($r = 0,80 \pm 0,17$), массой 1000 семян ($r = 0,91 \pm 0,12$) и количеством зерен на початке ($r = 0,74 \pm 0,19$).

Ключевые слова: кукуруза восковидная (*Zea mays L. ceratina*), самоопыленные линии, содержание крахмала, амилопектин, амилоза.

Для цитирования: Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Новые амилопектиновые самоопыленные линии подвида восковидной кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 5. С. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-100-5-52-57.



NEW AMYLOPECTIN SELF-POLLINATED LINES OF WAXY MAIZE SUBSPECIES

G. Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, genadiy.krivosheev@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-5876-7672;
A. S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-460
FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok Str., 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The value of amylopectin starch as a raw material for the technical, food, and medical industries makes crucial to develop a waxy maize subspecies (*Zea mays L. ceratina*) that contains this type of starch. The current study was conducted at the FSBSI “ARC “Donskoy” in 2022–2024. There have been studied 14 new self-pollinated lines of waxy maize, developed using the standard (cob-type) method. The purpose of the study was to identify self-pollinated lines of waxy subspecies with a high proportion of amylopectin in their starch and high values of main economically valuable traits, and to determine the effect of pollination method on starch content. There have been determined that the pollination method (artificial and open) had insignificant effect on the total starch content in grain. Only two line out of 10 studied changed their starch content class depending on the pollination method. There have been identified such lines as 24/29, 25/69, 26/99, 25/95, 26/31, 25/64 (10), 27/23, 24/28, 24/28A, having a high proportion of amylopectin in starch (99.83–99.89 %). Among them, the lines 24/29, 25/95, 26/31, 24/28, 24/28 A were characterized by a high content of total starch in grain (68.7 – 69.0%). Among amylopectin lines, the line 26/99 had the highest grain productivity (0.76 t/ha), average productivity (0.31–0.43 t/ha) was found in the lines 25/69, 26/31, 24/28. There have been identified the new amylopectin lines resistant to lodging (24/29, 26/99, 24/28) and resistant to blister smut under natural conditions (24/29, 25/64 (10), 27/23). The new lines, excepting 24/29 and 27/23, were easy to harvest (50.0–60.0 cm of ear attachment). Higher yields of waxy lines were achieved through large productivity trait values. There have been found high positive correlation coefficients between grain productivity and cob weight ($r = 0.80 \pm 0.17$), 1000-grain weight ($r = 0.91 \pm 0.12$), and number of grains per cob ($r = 0.74 \pm 0.19$).

Keywords: waxy maize (*Zea mays L. ceratina*), self-pollinated lines, starch content, amylopectin, amylose.

Введение. Создание высококрахмалистых гибридов – важнейшее направление селекции кукурузы. Особую ценность представляет амилопектиновый крахмал как незаменимое сырье для технической, пищевой промышленности, фармацевтики. Только один подвид – кукуруза восковидная (*Zea mays L. ceratina*) содержит полностью амилопектиновый крахмал. Однако из-за отсутствия в Государственном реестре отечественных восковидных гибридов отмечается полная импортозависимость от зарубежного сырья (Гонилов и др., 2020). К сожалению, зарубежные исследователи опережают отечественных в исследованиях, касающихся селекции подвида восковидной кукурузы. Они разработали методики отбора исходного материала для селекции высокопродуктивных восковидных гибридов (Dermail et al., 2022).

Более низкая урожайность зерна гибридов подвида восковидной кукурузы в сравнении с наиболее широко распространенными в производстве подвидами (зубовидной и кремнистой) обуславливает необходимость изучения отечественными исследователями возможности повышения ее продуктивности (Кривошеев и др., 2023). Недостаточное количество и слабое разнообразие исходного материала восковидной кукурузы сдерживает работы в этом направлении в нашей стране (Бойко и Хатефов, 2021).

Поиски хозяйственно ценных источников и доноров в качестве исходного материала для создания высококрахмалистых гибридов кукурузы – важнейший этап работы в этом направлении. Особое внимание необходимо уделять выявлению источников высокого содержания крахмала в зерне (Гольдштейн и др., 2023).

Конечно, в этом плане, наибольший интерес представляет линейный материал – создание и выявление линий восковидной кукурузы, перспективных для создания высококрахмалистых гибридов (Бижоев и др., 2022). Эффективно использование мутации WAXY (WX) для получения нового линейного материала (Радочинская и др., 2021).

Значительное различие образцов по содержанию крахмала обуславливает необходимость изучения линейного и гибридного материала по этому показателю, выделению и вовлечению в дальнейшую работу образцов, характеризующихся высоким содержанием крахмала (Фирсова и др., 2024).

Цель исследований – выделить самоопыленные линии восковидного подвида, имеющие высокую долю амилопектина в крахмале и высокие значения важнейших хозяйственно ценных признаков, выявить влияние способа опыления на содержание крахмала.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены в 2022–2024 гг. в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (АНЦ «Донской»). В качестве объекта исследований взяты 14 новых константных самоопыленных линий подвида восковидной кукурузы

(*Zea mays L. ceratina*), которые были созданы в АНЦ «Донской» стандартным (початкорядным) методом согласно Методическим рекомендациям по селекции кукурузы (1980). В основном опыте изучены самоопыленные линии 24/29, 25/69, 26/99, 25/95, 26/31, 25/64 (10), 27/23, 24/28, 27/26, 24/28 А; в дополнительное (специальное) опыте в 2024 году изучались линии 25/95, 26/31, 27/26, 24/28, 24/28 А, 25/73, 24/18, 25/69, 24/86, 25/64(1). Из-за отсутствия стандарта для восковидных линий новые самоопыленные линии оценены по хозяйственно ценным признакам по отношению друг к другу.

Закладка полевых опытов выполнена на основе Методических указаний по применению полевых опытов с кукурузой (1980). Площадь делянок 10 м², повторность двукратная, размещение делянок систематическое. Биохимическая оценка спелого зерна линий восковидной кукурузы проведена в лаборатории биохимической и технологической оценки селекционного материала АНЦ «Донской». Содержание общего крахмала определено поляриметрическим методом по Эверсу (ГОСТ 10845-98). Доля амилопектина и амилозы определена во Всероссийском научно-исследовательском институте крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиале научного учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А.Г. Лорха». Исследования проводили с учетом требований Международной организации по стандартизации: определение массовой доли влаги (ГОСТ 13586), определение амилозы в крахмале (ГОСТ ISO 6647-1-2015) – с использованием спектрофотометра УФ-3200.

Оценка поражения пузырчатой головней кукурузы сделана по методике Хорьковой (2020).

Для математической обработки экспериментальных данных использована Методика полевого опыта Б.Н. Доспехова (2014). Градации изучаемых признаков проведены на основе классификатора вида *Zea mays L.* (1979).

Полевые исследования проведены в зоне неустойчивого увлажнения, где лимитирующим фактором для кукурузы является влага. Годы проведения исследований различались по метеоусловиям, в том числе по количеству осадков. В 2022 г. количество осадков за период вегетации растений кукурузы (май – август) составило 132 мм при среднемноголетнем значении 225,5 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) равнялся 0,49 (среднемноголетнее значение – 0,89). В 2023 г. за вегетационный период выпало 218,2 мм атмосферных осадков (96,8 % к норме), ГТК составил 0,83. Крайне засушливым оказался 2024 г. – 63,8 мм осадков (28,3 % к норме), ГТК 0,22.

Результаты и их обсуждение. В специальном опыте проведено сравнительное изучение общего содержания крахмала в зерне десяти восковидных линий от свободного опыления и принудительного под изоляторами (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительное изучение содержания крахмала в зерне восковидных линий кукурузы от принудительного и свободного опыления, 2024 год
Table 1. Comparative study of starch content in grain of waxy maize lines after artificial and open pollination, 2024

Линия	Содержание крахмала в зерне, % (свободное опыление)	Классификация по содержанию крахмала	Содержание крахмала в зерне, % (принудительное опыление)	Классификация по содержанию крахмала	Разница в содержании крахмала между принудительным и свободным опылением, %
25/95	68,9	высокое	68,9	высокое	0
26/31	69,1	высокое	71,2	высокое	2,1
27/26	72,9	высокое	71,4	высокое	-1,5
24/28	69,0	высокое	70,8	высокое	1,8
24/28 А	69,0	высокое	71,7	высокое	2,7
25/73	69,0	высокое	67,7	среднее	-1,3
24/18	65,6	среднее	68,0	среднее	2,4
25/69	67,6	среднее	68,3	среднее	0,7
24/86	68,1	среднее	67,4	среднее	-0,7
25/64(1)	67,2	среднее	68,6	высокое	1,4

Полученные результаты позволяют утверждать, что различия в способе опыления не оказывали значительного влияния на содержание общего крахмала, включающего амилопектин и амилозу. Содержание крахмала при свободном опылении варьировало по линиям от 65,6 до 72,9 %, при принудительном опылении – от 67,4 до 71,7 %. Из десяти изученных линий только две изменили класс по содержанию крахмала в зависимости от способа опыления. Полученные результаты позволяют заключить, что для определения содержания общего крахмала образцы восковидной кукурузы нет необходимости размещать на изолированных участках.

Определено содержание амилопектина и амилозы в крахмале 10 самоопыленных линий восковидного подвида кукурузы, созданных в АНЦ «Донской». Следует отметить, что большая часть селекционных питомников состоит из образцов наиболее распространенных в производстве подвидов кукурузы: зубовидной (*Zea maysL. indentata*) и кремнистой (*Zea maysLindurata*). Учитывая, что при свободном опылении может произойти переопыление образцов восковидной кукурузы пыльцой зубовидной или кремнистой, что повлияет на долю содержания амилопектина и амилозы, для анализа было использовано только зерно, полученное от принудительного опыления (табл. 2).

Таблица 2. Показатели амилопектина и амилозы у самоопыленных линий восковидной кукурузы, 2024 год
Table 2. Amylopectin and amylose values in self-pollinated waxy maize lines, 2024

Линия	Сухое вещество в крахмале, %	Массовая доля амилопектина, % в сухом веществе крахмала	Массовая доля амилозы, % в сухом веществе крахмала
24/29	89,8	99,84	0,16
25/69	89,8	99,86	0,14
26/99	90,0	99,88	0,12
25/95	91,7	99,89	0,11
26/31	92,4	99,86	0,14
25/64 (10)	92,0	99,87	0,13
27/23	91,6	99,83	0,17
24/28	90,4	99,83	0,19
27/26	91,4	80,50	19,50
24/28А	90,8	99,84	0,16

Изучаемые линии незначительно различались по содержанию сухого вещества в крахмале (89,8–92,4 %). Девять из них 24/29, 25/69, 26/99, 25/95, 26/31, 25/64 (10), 27/23, 24/28, 24/28А имели высокую долю амилопектина в крахмале (99,83–99,89 %). Только одна линия – 27/26 – отличалась не высокой долей

амилопектина (80,50 %), причем именно эта линия имела самое высокое содержание общего крахмала в зерне (70,0 %).

Среди амилопектиновых линий высоким содержанием крахмала в зерне (68,7–69,0 %) характеризовались линии 24/29 25/95, 26/31, 24/28, 24/28 А (см. рисунок).

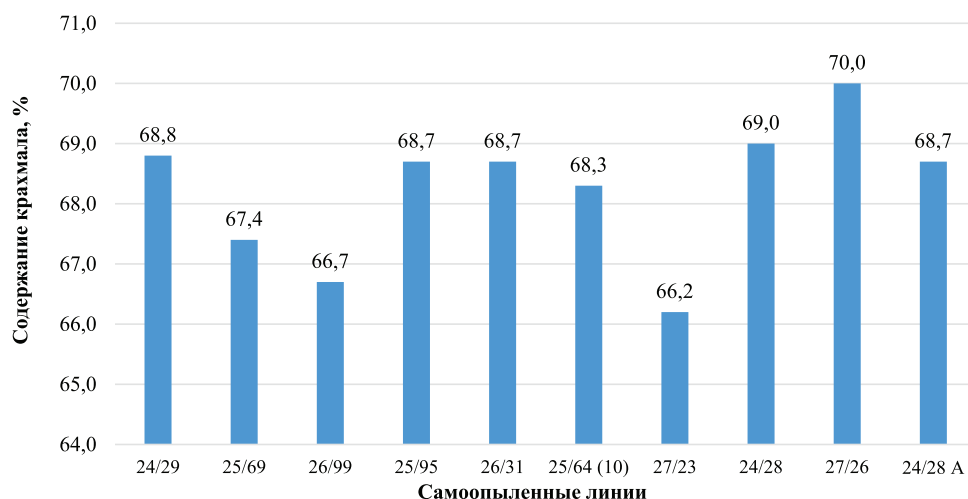


Рис. Содержание крахмала в зерне самоопыленных линий восковидной кукурузы (2022–2024 гг.)

Fig. Starch content in grain of self-pollinated waxy maize lines (2022–2024)

Остальные линии (25/69, 26/99, 25/64 и 27/23) имели среднее содержание крахмала в зерне – 66,2–68,3 %.

В связи с отсутствием стандарта для восковидных линий новые самоопыленные линии оценены по хозяйственно ценным признакам по отношению друг к другу. Максимальный урожай зерна (0,84 т/га) сформировала ли-

ния 27/26, имевшая наименьшую долю амилопектина в крахмале (80,5 %). Выявлена урожайная (0,78 т/га) амилопектиновая линия 26/99. Средней урожайностью (0,31–0,43 т/га) характеризовались амилопектиновые линии 25/69, 26/31, 24/28, низкой урожайностью (0,07–0,15 т/га) – 24/29, 25/95, 27/23, 25/64 (10) (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность зерна и элементы ее структуры у восковидных линий кукурузы (2022–2024 гг.)

Table 3. Grain productivity and yield structural elements of waxy maize lines (2022–2024)

Линия	Урожайность зерна, т/га	Количество початков на 1 растении, шт.	Масса 1 початка, г	Масса 1000 семян, г	Количество, шт.			Выход зерна, %
					рядов зерен	зерен в ряду	зерен на початке	
24/29	0,15	0,9	79,2	208	14	28	392	76,3
25/69	0,43	0,8	77,1	212	13	25	325	79,6
26/99	0,78	0,6	101,5	306	16	24	384	75,8
25/95	0,13	1,2	16,3	188	16	18	288	38,6
26/31	0,39	1,0	45,7	206	16	17	272	61,3
25/64 (10)	0,07	0,2	13,1	168	14	16	224	31,0
27/23	0,15	0,48	25,0	168	14	22	308	43,8
24/28	0,31	0,33	33,1	176	15	23	345	71,6
27/26	0,84	1,0	91,7	282	16	34	544	77,3
24/28 A	0,31	0,33	33,1	176	15	23	345	71,6
S	0,08	0,15	6,8	34,5	1,7	5,7	65,0	10,9

Высокая урожайность зерна линии 26/99 обусловлена в первую очередь более крупным початком (101,5 г) и крупным зерном (масса 1000 зерен – 306 г), большим количеством зерен на початке (384 шт.). В противоположность ей, самая низко продуктивная линия 25/64 (10) имела наименьшее значение перечисленных элементов продуктивности: масса 1 початка – 13,1 г, масса 1000 зерен – 168 г, количество зерен на початке – 224 шт. Снижение урожайности зерна у нее произошло также из-за низких значений признаков продуктивности – «количество початков на растении» (0,2 шт.) и «выход зерна при обмолоте» (31,0 %). Более высокая урожайность зерна восковидных линий

кукурузы формировалась благодаря сочетанию у них более высоких значений признаков продуктивности. Так, выявлены положительные высокие коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и массой 1 початка ($r = 0,80 \pm 0,17$), массой 1000 семян ($r = 0,91 \pm 0,12$) и количеством зерен на початке ($r = 0,74 \pm 0,19$). Положительные средние коэффициенты корреляции установлены между урожайностью и признаками: количество рядов зерен на початке ($r = 0,48 \pm 0,22$), зерен в ряду початка ($r = 0,62 \pm 0,23$), выход зерна при обмолоте ($r = 0,66 \pm 0,22$).

Все новые самоопыленные линии восковидной кукурузы, имеющие высокое содержа-

ние амилопектина в зерне, характеризовались низкой уборочной влажностью зерна (12,4–14,8 %) (табл. 4).

Высокой устойчивостью к полеганию (отсутствие полегших растений) отличались линии 24/29, 26/99, 24/28, 24/28 А. Среднее стеблевое полегание (15,6–17,1 %) отмечено у линий 24/69, 25/64 (10). Остальные линии имели слабое полегание растений (8,0–9,1 %). Не поражались на естественном фоне пузыр-

чатой головней линии 24/29, 25/64 (10) и 27/23, средней степени поражения (12,5–13,6 %) характеризовались линии 25/69, 26/99, 26/31. Все линии относились к среднерослым (137,0–167,5 см). Новые линии технологичны при уборке (высота прикрепления початка 50,0–60,0 см), исключение составили линии 24/29 и 27/23 с высотой прикрепления початка 38,5 и 44,5 см соответственно.

Таблица 4. Хозяйственно ценные признаки самоопыленных линий восковидной кукурузы (2022–2024 гг.)
Table 4. Economically valuable traits of self-pollinated waxy maize lines (2022–2024)

Линия	Уборочная влажность зерна, %	Полегание растений, %	Поражение пузырчатой головней, %	Высота, см	
				растений	прикрепления початков
24/29	12,4	0	0	137,5	38,5
25/69	14,8	15,6	12,5	145,5	57,5
26/99	12,9	0	12,5	144,5	50,0
25/95	14,1	8,8	5,9	142,0	50,0
26/31	14,4	9,1	13,6	137,0	50,5
25/64 (10)	13,5	17,1	0	167,5	60,0
27/23	13	8,0	0	139,0	44,5
24/28	14,6	0	5,1	166,5	53,5
24/28 А	14,6	0	5,1	166,5	53,5
S	0,6	2,2	2,5	22,6	11,8

Выводы. Выявлено, что содержание общего крахмала в зерне восковидных линий не зависит от способа опыления (свободное или принудительное).

Изученные восковидные линии характеризовались высокой долей амилопектинового крахмала в общем крахмале (99,83–99,89 %). Только одна линия из десяти (27/26) имела невысокое содержание амилопектина (80,5 %).

Высокое содержание общего крахмала (68,7–69,0 %) отмечено у амилопектиновых линий 24/29, 25/95, 26/31, 24/28, 24/28 А.

Выделены новые линии восковидной кукурузы: высокопродуктивные (26/99, 25/69,

26/31, 24/28), устойчивые к полеганию (24/29, 26/99, 24/28), устойчивые к поражению пузырчатой головней на естественном фоне (24/29, 25/64 (10), 27/23).

Более высокая урожайность зерна у новых восковидных линий формировалась благодаря сочетанию высоких значений признаков продуктивности. Коэффициенты корреляции между урожайностью зерна и величиной признаков продуктивности составили 0,48–0,91.

Финансирование. Исследования выполнены согласно Государственному заданию. Тема НИР № 0505-2024-0002.

Библиографический список

1. Бижоев М. В., Кагермазов А. М., Хачидогов А. В., Бижоев Р. В. Изучение линии восковидной кукурузы коллекции ВИР по количественным и хозяйственно полезным признакам в Кабардино-Балкарии // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 99. С. 71–78. DOI: 10.21515/1999-1703-99-71-78
2. Бойко В. Н., Хатефов Э. Б. Исходный материал для гибридной селекции кукурузы на многопочатковость из коллекции ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182, № 4. С. 27–35. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-27-35
3. Гольдштейн В. Г., Носовская Л. П., Адикаева Л. В., Базгиев М. А., Бадургова К. Ш., Бузуртанов А. И., Хорева В. И., Бойко В. Н., Грушин А. А., Ибрафилова С.Ф., Филь И. В., Хатефов Э. Б. Потенциал продуктивности некоторых гибридов кукурузы коллекции ВИР для выделения крахмала при глубокой переработке зерна // Экологическая генетика. 2023. № 21(1). С. 19–31. DOI: 10.17816/ecogen111879
4. Гоникова М. Р., Хорева В. И., Гольдштейн В. Г., Носовская Л. П., Адикаева Л. В., Хатефов Э. Б. Изучение хозяйственно ценных признаков и технологических свойств коллекции ZEA MAYS L. ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. Т. 181, № 4. 2020. С. 56–64. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-56-64
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., перераб. и доп. Стереотип изд. М.: Альянс, 2014. 351 с.
6. Кривошеев Г. Я., Игнатъев А. С., Лупиного Д. Р., Арженовская Ю. Б., Шевченко Н. А. Взаимосвязь количественных признаков и урожайности зерна у гибридов восковидной кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-29-35

7. Радочинская Л. В., Люлюк И. Р., Земцев А. А. Селекционный подход в использование мутации *waxy* (WX) при создании линий и гибридов с восковидным типом эндосперма // *Инновации. Наука. Образование*. 2021. № 46. С. 756–761.
8. Фирсова М. Р., Шомахов Б. Р., Кушхова Р. С., Хаширова З. Т., Кудяев Р. А., Гяургиев А. Х., Аппаев С. П., Кагермазов А. М., Хачидогов А. В., Бузуртанов А. И., Бадургова К. Ш., Базгиев М. А., Гольдштейн В. Г., Хорева В. И., Хатефов Э. Б. Оценка содержания крахмала в зерне и реакции на «М» и «С» типы ЦМС высококрахмалистых гибридов кукурузы // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024. № 185(3). С. 166–179. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-166-179
9. Demail A., Fuengtee A., Lertrat K., Bayuardi Suwarno W., Lübberstedt T. Simultaneous Selection of Sweet-Waxy Corn Ideotypes Appealing to Hybrid Seed Producers, Growers, and Consumers in Thailand // *Agronomy*. 2022. Vol. 12(1), Article number: 87. DOI: 10.3390/agronomy12010087

References

1. Bizhoyev M. V., Kagermazov A. M., Khachidogov A. V., Bizhoyev R. V. Izuchenie linii voskovidnoi kukuruzy koleksii VIR Po kolichestvennym i khozyaistvenno poleznym priznakam v Kabardino-Balkarii [Study of the waxy maize line from the VIR collection according for quantitative and economically valuable traits in Kabardino-Balkaria] // *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022. № 99. S. 71–78. DOI: 10.21515/1999-1703-99-71-78
2. Boiko V. N., Khatefov E. B. Iskhodnyi material dlya gibridnoi seleksii kukuruzy na mnogopochatkovost' iz koleksii VIR [Initial material for hybrid breeding of maize for multi-cob production from the VIR collection] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2021. T. 182, № 4. S. 27–35. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-4-27-35
3. Gol'dshtein V. G., Nosovskaya L. P., Adikaeva L. V., Bazgiev M. A., Badurgova K. Sh., Buzurtanov A. I., Khoreva V. I., Boiko V. N., Grushin A. A., Israfilova S. F., Fil' I. V., Khatefov E. B. Potentsial produktivnosti nekotorykh gibridov kukuruzy koleksii VIR dlya vydeleniya krakhmala pri glubokoi pererabotke zerna [Productivity potential of some maize hybrids from the VIR collection for starch extraction during deep grain processing] // *Ekologicheskaya genetika*. 2023. № 21(1). S. 19–31. DOI: 10.17816/ecogen111879
4. Gonikova M. R., Khoreva V. I., Gol'dshtein V. G., Nosovskaya L. P., Adikaeva L. V., Khatefov E. B. Izuchenie khozyaistvenno tsennykh priznakov i tekhnologicheskikh svoistv koleksii ZEA MAYS L. VIR [Study of economically valuable traits and technological properties of the ZEA MAYS L. VIR collection] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. T. 181, № 4. 2020. S. 56–64. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-56-64
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)]. 5-e izd., pererab. i dop. Stereotip izd. M.: Al'yans, 2014. 351 s
6. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S., Lupinoga D. R., Arzhenovskaya Yu. B., Shevchenko N. A. Vzaimosvyaz' kolichestvennykh priznakov i urozhainosti zerna u gibridov voskovidnoi kukuruzy [Correlation between quantitative traits and grain productivity in waxy maize hybrids] // *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2023. T. 15, № 3. S. 29–35. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3- 29-35
7. Radochinskaya L. V., Lyulyuk I. R., Zemtsev A. A. Seleksionnyi podkhod v ispol'zovanie mutatsii *waxy* (WX) pri sozdaniy linii i gibridov s voskovidnym tipom endosperma [Breeding approach using the waxy (WX) mutation in the development of lines and hybrids with waxy endosperm] // *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*. 2021. № 46. S. 756–761.
8. Firsova M. R., Shomakhov B. R., Kushkhova R. S., Khashirova Z. T., Kudaev R. A., Gyaurgiev A. Kh., Appaev S. P., Kagermazov A. M., Khachidogov A. V., Buzurtanov A. I., Badurgova K. Sh., Bazgiev M. A., Gol'dshtein V. G., Khoreva V. I., Khatefov E. B. Otsenka soderzhaniya krakhmala v zerne i reaktsii na «M» i «S» tipy TsMS vysokokрахmalistykh gibridov kukuruzy [Assessment of grain starch content and responses to CMS-S and CMS-C in high-starch maize hybrids] // *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*. 2024. № 185(3). S. 166–179. DOI: 10.30901/2227-8834-2024-3-166-179
9. Demail A., Fuengtee A., Lertrat K., Bayuardi Suwarno W., Lübberstedt T. Simultaneous Selection of Sweet-Waxy Corn Ideotypes Appealing to Hybrid Seed Producers, Growers, and Consumers in Thailand // *Agronomy*. 2022. Vol. 12(1), Article number: 87. DOI: 10.3390/agronomy12010087

Поступила: 10.07.25; доработана после рецензирования: 29.08.25; принята к публикации: 29.08.25.

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. Кривошеев Г. Я. – концептуализация и проектирование исследования, анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Игнат'ев А. С. – анализ данных и интерпретация, подготовка рукописи; Шевченко Н. А. – выполнение полевых опытов и сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.