

ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ ВОСКОВИДНОЙ КУКУРУЗЫ

А. С. Игнатьев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства кукурузы, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Подвид восковидной кукурузы (*Zea mays L. ceratina*) недостаточно изучен, несмотря на то, что ее зерно считается ценным сырьем в пищевой и технической промышленности. Цель работы – изучение новых самоопыленных линий восковидной кукурузы и выделение перспективных для селекции гибридов кукурузы с повышенным содержанием амилопектинового крахмала в зерне. Исследования выполнены в ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» в 2017–2019 гг. В качестве исходного материала послужили 40 новых самоопыленных линий (I6) кукурузы, относящихся к подвиду восковидной. Они были изучены по комплексу признаков. К сильно варьирующим относились следующие признаки: урожайность зерна, полегание растений, поражение пузырчатой головней, масса 1 початка ($V = 27,4–191,6\%$). Средне варьирующие: высота прикрепления початка, количество початков на 1 растении, масса 1000 зерен, количество зерен в ряду и на початке ($V = 10,3–19,0\%$). Слабо варьирующие: уборочная влажность зерна, длина периода «всходы – цветение початков», высота растений ($V = 2,2–9,6$). Выделены новые линии (24/86, 25/92(2), 26/8, 25/94) с высоким содержанием амилопектинового крахмала в зерне (68,6–69,4%), урожайностью зерна (0,96–1,76 т/га), низкой уборочной влажностью зерна (13,7–15,1%), высокой устойчивостью к полеганию (0–3,3% полегших растений), слабым поражением пузырчатой головней на естественном фоне (0,4–6,5% пораженных растений), средней высотой прикрепления початка (42–53 см). Новая самоопыленная линия 27/8 имела среднее содержание крахмала в зерне (68,0%), но отличалась высокой семенной продуктивностью (2,70 т/га) и высокими значениями других хозяйственно ценных признаков. Результаты структурного анализа указывают на то, что линии восковидной кукурузы формируют урожай за счет сочетания высоких значений различных элементов структуры урожая зерна. Например, наиболее продуктивная линия 26/8 отличалась максимальным значением массы 1 початка (93,9 г) и массы 1000 зерен (251 г).

Ключевые слова: урожайность, восковидная кукуруза (*Zea mays L. ceratina*), самоопыленные линии, признаки продуктивности, амилопектиновый крахмал.

Для цитирования: Игнатьев А. С. Характеристика новых самоопыленных линий восковидной кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5(71). С. 59–62. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-59-62.



CHARACTERISTICS OF THE NEW SELF-POLLINATED WAXY MAIZE LINES

A. S. Ignatiev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for maize breeding and seed production, ignatev1983@rambler.ru, ORCID ID: 0000-0002-0319-4600
Agricultural Research Center “Donskoy”
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

The subspecies of waxy maize (*Zea mays L. Ceratina*) has not been adequately studied, despite the fact that its kernels are considered a valuable raw material in the food and technical industries. The purpose of the current work was to study new self-pollinated waxy maize lines and identify promising maize hybrids with an increased content of amylopectin starch in kernels. The study was carried out in the FSBSI “Agricultural Research Center “Donskoy” in 2017–2019. The initial material was presented by 40 new self-pollinated maize lines (I6) belonging to the waxy subspecies. They were studied according to the set of traits. The highly variable traits were kernels' productivity, plant lodging, blister smut infection, one cob weight ($V = 27.4–191.6\%$); the moderate variable traits were a height of cob attachment, number of cobs per plant, 1000-kernel weight, number of kernels in a row and per cob ($V = 10.3–19.0\%$); the slightly variable traits were harvesting moisture content in kernels, length of the period “sprouts – cobs' flowering”, plant height ($V = 2.2–9.6$). There have been identified the new lines '24/86', '25/92(2)', '26/8', '25/94' with a high content of amylopectin starch in kernels (68.6–69.4%), kernels' productivity (0.96–1.76 t/ha), low harvest moisture content of kernels (13.7–15.1%), high resistance to lodging (0–3.3% of lodged plants), weak infection of blister smut on a natural background (0.4–6.5% of infected plants), with an average cob attachment height (42–53 cm). The new self-pollinated line '27/8' had an average starch content in kernels (68.0%), but was identified by high kernels' productivity (2.70 t/ha) and high values of other economically valuable traits. The results of the structural analysis have shown that the waxy maize lines formed the yields due to the combination of high values of various elements of the grain yield structure. For example, the most productive line '26/8' differed in the maximum weight of one cob (93.9 g) and 1000 kernel weight (251 g).

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

Введение. Кукуруза возделывается как основная зерновая культура, используемая для нужд животноводства и продовольствия. Зерно кукурузы характеризуется высоким содержанием крахмала и используется в каче-

стве сырья для крахмалопаточной продукции. Крахмал кукурузы на 72% состоит из амилопектина и на 28% из амилозы; крахмал восковидной кукурузы состоит на 100% из амилопектина (Юкенгеймер, 1979). Зерно восковидной

кукурузы является ценным сырьем для производства амилопектина, который используется в пищевой промышленности для детского и диетического питания. Кроме того, он считается ценным сырьем в технической промышленности и производстве полимеров (Шмараев, 1999). Одним из важнейших применений амилопектинового крахмала является его использование в качестве компонента заменителя крови «Волекам» (Сидорова и др., 2018). Изучению подвита восковидной кукурузы в России уделяется значительно меньшее внимание, чем другим подвидам. Создание отечественных гибридов кукурузы с высоким содержанием амилопектинового крахмала в зерне актуально и является практически не разработанным направлением отечественной селекции. В Госреестре нет российских гибридов подобного типа (Хатефов и др., 2011; Кривошеев и Игнатъев, 2018).

Цель работы – изучение новых самоопыленных линий восковидной кукурузы и выделение перспективных для селекции гибридов кукурузы с повышенным содержанием амилопектинового крахмала в зерне.

Материалы и методы исследований. Исходным материалом послужили 40 новых самоопыленных линий подвита восковидной кукурузы.

Исследования проводили на селекционном поле лаборатории селекции и семеноводства кукурузы Аграрного научного центра «Донской». Закладку опытов, учеты и наблюдения проводили согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кукурузой (1980), методике государственной комиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1985). Метод размещения самоопыленных линий в полевых опытах – систематический. Для оценки исходного материала использованы методические рекомендации и указания «Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы», «Международный классификатор СЭВ вида *Zea mays*»; статистическая обработка проводилась по Б. А. Доспехову.

Результаты и их обсуждение. Полную характеристику исходного материала можно получить при оценке его хозяйственно ценных признаков (табл. 1).

1. Изменчивость хозяйственно ценных признаков (2017–2019 гг.) 1. Variability of economically valuable traits (2017–2019)

Статистические параметры	Урожайность зерна при 14% влажности, т/га	Уборочная влажность зерна, %	Длина периода «всходы – цветение початков», дней	Полегание растений, %	Поражение пузырчатой головней, %	Высота, см	
						растения	прикрепления початка
Среднее значение (x)	1,20	14,23	64,32	3,80	2,60	140,1	42,78
Минимальное значение (X min)	0,02	13,0	61,3	0	0	111,4	33,4
Максимальное значение (X max)	2,70	16,2	66,7	34,1	11	164,6	57,7
Стандартное отклонение (S)	0,93	0,74	1,42	7,27	2,31	12,8	5,68
Коэффициент вариации (V)	77,5	5,2	2,2	191,3	88,8	9,1	13,3

В качестве одного из важнейших критериев при подборе пар для получения гибридов является урожайность исходных форм. Варьирование урожайности зерна было значительным, коэффициент вариации составил 77,5%. Самоопыленные линии восковидной различались по величине данного признака (от 0,02 до 2,70 т/га), средняя урожайность составила 1,2 т/га.

Высокие коэффициенты вариации имели признаки «полегание растений» ($V = 191,3$), «поражение пузырчатой головней» ($V = 88,8$). Признак «длина периода «всходы – цветение початков»» имел низкий коэффициент варьирования ($V = 2,2$) в связи с тем, что подобран материал, близкий по длине вегетационного периода. Отмечается низкое варьирование у новых линий по признаку «уборочная влажность зерна» (от 13,0 до 16,2%), коэффициент вариации составил 5,2%.

Коэффициенты вариации признаков «высота растений» и «высота прикрепления початка» имели низкое и средние значения (9,1 и 13,3%), эти признаки сильно зависят от условий выращивания.

В таблице 2 приведена характеристика новых самоопыленных линий восковидной кукурузы, выделившихся по урожайности зерна.

Урожайность зерна новых самоопыленных линий находилась в пределах от 0,96 до 2,70 т/га. Линия 26/8 в среднем за годы изучения сформировала урожайность 2,7 т/га, ее можно охарактеризовать как ценный образец для создания высокоурожайных гибридов кукурузы. Она отличалась низкой уборочной влажностью зерна (14,1%), высокой устойчивостью к полеганию растений (0,9% полегших растений) и устойчивостью к поражению пузырчатой головней (2,2% пораженных растений). Линия 26/8 пригодна к механизированной уборке.

2. Хозяйственно ценные признаки восковидной кукурузы (2017–2019 гг.) 2. Economically valuable traits of waxy maize (2017–2019)

Название	Урожайность зерна при 14% влажности, т/га	Уборочная влажность зерна, %	Длина периода «всходы – цветение початка», дней	Полегание растений, %	Поражение пузырчатой головней, %	Высота, см	
						растения	прикрепления початка
24/5	1,04	14,2	64	1,1	2,5	151,0	42,2
24/86	1,76	14,0	63	3,3	0,4	144,6	47,9
26/8	2,70	14,1	62	0,9	2,2	161,8	54,4
26/80	0,96	13,6	66	2,5	6,5	148,3	46,3
27/26	1,66	12,4	59	1,7	2,5	163,7	49,3
24/28	1,33	14,4	64	2,2	1,2	151,3	42,5
25/94	0,99	15,1	66	0,0	1,5	158,7	53,0
25/95(2)	1,18	13,7	66	0,4	0,4	153,5	42,0
НСР _{0,5}	0,15	–	–	–	–	–	–

Для создания гибридов кукурузы с высоким содержанием крахмала в зерне важное значение имеет содержание крахмала в зерне исходного материала. Выделены новые самоопылен-

ные линии восковидной кукурузы с высоким содержанием крахмала: 26/8 (68,0%), 24/86 (68,6%), 25/95 (69,4%), 25/95(2) (68,6%) (рис. 1).

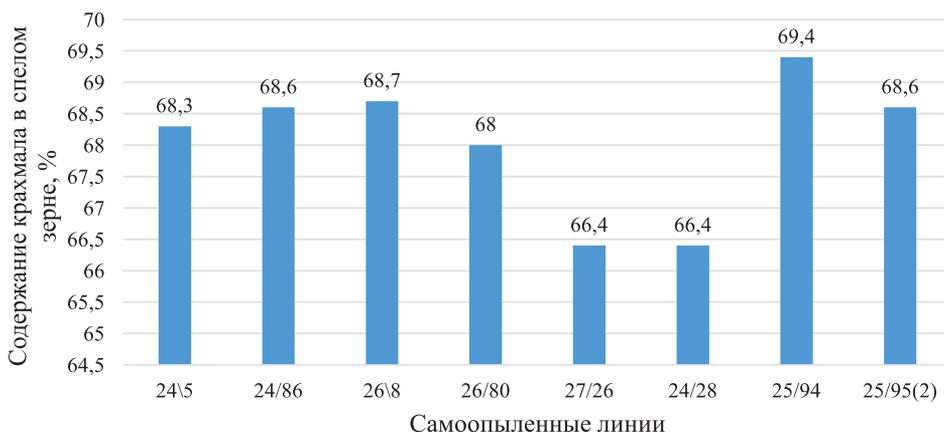


Рис. 1. Содержание крахмала в зерне самоопыленных линий кукурузы (2017–2019 гг.)
Fig. 1. Starch content in the kernels of self-pollinated maize lines (2017–2019)

Кукуруза формирует урожай зерна за счет сочетания большого количества элементов продуктивности, невозможно достичь высокого урожая за счет одного компонента.

В таблице 3 представлены данные количественных признаков, составляющих структуру урожайности зерна.

3. Изменчивость признаков структуры урожая зерна (2017–2019 гг.) 3. Variability of traits of grain yield structure (2017–2019)

Параметры	Масса 1 початка, г	Масса 1000 зерен, г	Выход зерна, %	Количество початков на 1 растение, шт.	Количество, шт.		
					рядов зерен	зерен в ряду	зерен на початке
Среднее значение (x)	52,9	190,7	71,8	0,8	15,1	24,1	367,0
Минимальное значение (X min)	30,4	138,3	55,1	0,6	13,0	18,0	277,0
Максимальное значение (X max)	93,9	259,7	84,9	1,16	19	32	522
Стандартное отклонение (S)	14,5	29,2	7,4	0,1	1,4	3,5	69,6
Коэффициент вариации (V)	27,4	15,3	10,3	16,9	9,6	14,6	19,0

К сильно варьирующим относились следующие признаки: масса 1 початка (V = 27,4); средне варьирующие: масса 1000 зерен, количество

зерен в ряду и на початке (V = 14,6 – 19,0%); слабо варьирующие: количество рядов зерен и выход зерна (V = 9,6–10,3).

В таблице 4 представлена характеристика линий по основным признакам, составляющим структуру урожайности зерна.

Как наиболее значимые для формирования урожая зерна следует отметить призна-

ки «масса 1 початка», «масса 1000 зерен», «выход зерна», так как они влияют на урожайность зерна кукурузы. Наиболее продуктивная линия 26/8 отличалась максимальным значением массы 1 початка (93,9 г) и массы 1000 зерен (251 г).

4. Элементы структуры урожая зерна восковидной кукурузы (2017–2019 гг.) 4. Elements of grain yield structure of waxy maize (2017–2019)

Название линий	Масса 1 початка, г	Масса 1000 зерен, г	Выход зерна, %	Количество початков на 1 растение, шт.	Количество, шт.		
					рядов зерен	зерен в ряду	зерен на початке
24/5	57,9	178	71,8	0,89	17	23	391
24/86	59,3	195	80,1	0,97	14	29	406
26/8	93,9	251	82,3	0,89	15	28	420
26/80	47,6	212	73,2	0,72	13	20	260
27/26	58,0	194	73,4	0,88	14	29	406
24/28	57,5	166	72,5	1,04	17	26	442
25/94	63,0	193	71,3	0,99	14	24	336
25/95(2)	49,2	190	73,9	0,85	15	28	420

Выводы. Новые самоопыленные линии восковидной кукурузы характеризовались разнообразием по изучаемым признакам, что позволило выделить образцы с высокими значениями признаков. Наиболее вариабельными оказались урожайность зерна, поражение пузырчатой головней, масса 1 початка ($V = 27,4\text{--}191,3\%$).

Выделены новые линии восковидной кукурузы (24/86, 25/95(2), 26/80), перспективные для селекции гибридов, они отличались

высокой семенной продуктивностью (более 1 т/га), высоким содержанием крахмала в зерне (68,6–69,4%), высокими значениями других хозяйственно ценных признаков.

Высокая урожайность зерна у линии 26/8 восковидной кукурузы формировалась благодаря сочетанию высоких значений различных признаков продуктивности. Наиболее урожайная линия имела максимальные значения признаков «масса 1 початка» (93,9 г) и «масса 1000 семян» (251 г).

Библиографические ссылки

1. Кривошеев Г. Я., Игнатьев А. С. Анализ количественных признаков у самоопыленных линий восковидной кукурузы (*Zea mays L. Ceratina*) // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6(60). С. 34–36.
2. Сидорова В. В., Керв Ю. А., Матвеева Г. В., Конарев А. В. Перспективы использования зеиновых маркеров в селекции линий и сортов восковидного подвида кукурузы // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179, № 3. С. 240–249.
3. Хатефов Э. Б., Шорохов В. В., Матвеева Г. В., Сарбашева А. И. Изучение селекционной ценности восковидной кукурузы // Вестник ОрелГау. 2011. № 4(11). С. 21–29.
4. Шмараев Г. Е. Генотип и селекция кукурузы. Теоретические основы селекции. СПб., 1999. Т. IV. 386 с.
5. Юкенгеймер Р. У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование. М.: Колос, 1979. 519 с.

References

1. Krivosheev G. Ya., Ignat'ev A. S. Analiz kolichestvennykh priznakov u samoopylennykh linij voskovidnoj kukuruzy (*Zea mays L. Ceratina*) [Analysis of quantitative traits in self-pollinated lines of waxy maize (*Zea mays L. Ceratina*)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 6(60). S. 34–36.
2. Sidorova V. V., Kerv Yu. A., Matveeva G. V., Konarev A. V. Perspektivy ispol'zovaniya zeinovykh markerov v selekcii linij i sortov voskovidnogo podvida kukuruzy [Prospects for the use of zein markers in the breeding of lines and varieties of waxy maize] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2018. T. 179, № 3. S. 240–249.
3. Hat'efov E. B., Shorohov V. V., Matveeva G. V., Sarbasheva A. I. Izuchenie selekcionnoj cennosti voskovidnoj kukuruzy [Study of the breeding value of waxy maize] // Vestnik OrelGau. 2011. № 4(11). S. 21–29.
4. Shmaraev G. E. Genofond i selekciya kukuruzy [Prospects for the use of zein markers in the breeding of lines and varieties of waxy maize]. Teoreticheskie osnovy selekcii. SPb., 1999. T. IV. 386 s.
5. Yukejmer R. U. Kukuruza: uluchshenie sortov, proizvodstvo semyan, ispol'zovanie [Maize: improvement of the varieties, seed production, use]. M.: Kolos, 1979. 519 s.

Поступила: 26.08.20; принята к публикации: 22.09.20.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Игнатьев А. С. – концептуализация исследования, подготовка опыта, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.