

Г.Я. Кривошеев, кандидат сельскохозяйственных наук;

А.С. Игнатъев, кандидат сельскохозяйственных наук;

Н.А. Шевченко, научный сотрудник

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур
имени И.Г. Калининко*

(347740, г. Зерноград, ул. Научный городок 3, vniizk30@mail.ru)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ ВО ВНИИЗК ИМЕНИ И.Г. КАЛИНЕНКО

Селекция на засухоустойчивость, высокую влагоотдачу зерна при созревании, повышенное содержание крахмала в спелом зерне, силос и зеленый корм – основные направления работ по выведению новых гибридов кукурузы во ВНИИЗК. Успех селекционной работы в значительной степени зависит от используемого исходного материала. Для каждого направления селекции создан или интродуцирован новый исходный материал: самоопыленные линии, популяции. Созданы новые засухоустойчивые линии KB 498, KC 311, Zp 498A, ДК 655 и др. с невысоким остаточным водным дефицитом (7,9 – 9,2 %) в фазу цветения и незначительным его приростом (до 9,3 – 10,1 %) в процессе усиления засухи к фазе молочно-восковой спелости. Они включены в программы скрещиваний по селекции засухоустойчивых гибридов кукурузы. Для выведения гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью зерна выделены новые самоопыленные линии ЗС 226, ЗС 123, ЗС 121, KB 263, ЗС 244 и др., характеризующиеся высокой интенсивностью высыхания зерна (более 1 % за сутки) при созревании. Интродуцирован исходный материал для селекции высококрахмалистых гибридов кукурузы – популяции подвида *Zea mays amylose*: Assiniboine, Pima indians, Дальневосточная местная, Волгоградская местная, Канадская местная и др. с содержанием крахмала в зерне 69,0–72,8 %. Созданы самоопыленные потомства I₂ подвида *Zea mays ceratina*: 57/1, 55/1, 197/1, 170/1, 188/1 20/5 и др. с содержанием крахмала в зерне 69,2 – 70,3 %, который полностью состоит из амилопектина. Подобраны высокорослые, хорошо облиственные самоопыленные линии KB 399, KB 469, KB 272 для селекции на силос и зеленый корм. Используя новый исходный материал выведены засухоустойчивые гибриды кукурузы Зерноградский 282 МВ, Зерноградский 288 МВ, высококрахмалистый Зерноградский 354 МВ, интенсивновысыхающий Зерноградский 242 МВ, силосный Зерноградский 404 АМВ.

Ключевые слова: *самоопыленные линии, гибриды, популяции засухоустойчивость, интенсивность высыхания зерна, амилопектиновый крахмал.*

G.Ya. Krivosheev, Candidate of Agricultural sciences;
A.S. Ignatiev, Candidate of Agricultural sciences;
N.A. Shevchenko, research officer
FSBSI All-Russian Research Institute of Grain Crops after I.G. Kalinenko
(347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; vniizk30@mail.ru)

MAIN TRENDS OF MAIZE BREEDING IN ARRIGC NAMED AFTER I.G. KALINENKO

The main trends of the breeding of new corn hybrids in ARRIGC are the breeding of the hybrids with tolerance to drought, high water yielding capacity of the grain during ripening, high contents of starch in grain, breeding for ensilage and green forage. For each trend of the breeding process there was developed and introduced such new initial material as self-pollinated lines and populations. The new drought tolerant lines 'KV 498', 'KS 311', 'Zp 498A', 'DK 655' and others have been created possessing little residual water deficit (7.9 – 9.2 %) during flowering and its slight increase (up to 9.3 – 10.1 %) in the phase of milky-wax ripeness when the drought becomes stronger. They have been included into the program of hybridization on the breeding of drought tolerant corn hybrids. The new self-pollinated lines 'ZS 226', 'ZS 123', 'ZS 121', 'KV 263', 'ZS 244' with intensive drying of grain (more than 1% per day) while maturing have been developed for the breeding of the corn hybrids with a low harvesting moisture content of grain. The initial material 'Assiniboine', 'Pima indians', 'Dalnevostochnaya mestnaya', 'Kanadskaya mestnaya', etc. with 69.0 – 72.8 % starch in grain was introduced for the breeding of corn hybrids of the kind of *Zea mays amylaceae* with a high contents of starch in grain. The self-pollinated generations I₂ of the subspecies *Zea mays ceratina* '57/1', '55/1', '197/1', '170/1', '188/1', '20/5' with 69.2 – 70.3 % of amylopectin starch in grain have been developed. The tall, well-leafy self-pollinated lines 'KV 399', 'KV 469', 'KV 272' have been chosen for the breeding on ensilage and green forage. Due to the use of the new initial material there have been selected drought tolerant corn hybrids. They are 'Zernogradsky 282 MV', 'Zernogradsky 288 MV', 'Zernogradsky 354 MV' with a high contents of starch, rapidly drying 'Zernogradsky 242 MV' and 'Zernogradsky 404 AMV' for silage.

Keywords: *self-pollinated lines, hybrids, populations, drought tolerance, intensity (rapidity) of grain drying, amylopectin starch.*

Введение. Во Всероссийском научно – исследовательском институте зерновых культур имени И.Г. Калиненко ведется селекция кукурузы по четырем основным

направлениям: засухоустойчивость, интенсивность высыхания зерна при созревании, содержание крахмала в зерне, урожайность зеленой массы.

Каждое из этих направлений селекции весьма актуально. Половина посевов в Российской Федерации расположена в зонах с неустойчивым и недостаточным увлажнением, где необходимо возделывать гибриды кукурузы, устойчивые к засухе. Высокие затраты на послеуборочную сушку зерна кукурузы являются основанием для селекции интенсивновысыхающих гибридов с низкой уборочной влажностью зерна. Высокое содержание крахмала в зерне является обязательным условием для сырья, используемого в крахмало – паточной промышленности. Отсутствие корреляции между зерновой и силосной продуктивностью обуславливает необходимость проведения работ по созданию гибридов с высокой урожайностью зеленой массы и сухого вещества.

Эффективность работ по любому направлению селекции, прежде всего, зависит от вовлеченного в программу скрещивания исходного материала, поэтому во ВНИИЗК особое внимание уделяется созданию нового исходного материала для каждого направления селекции кукурузы.

Материалы и методы. Основным методом, используемым во ВНИИЗК для создания новых гибридов кукурузы – метод межлинейной гибридизации. Исходным материалом для селекции гибридных комбинаций служат самоопыленные линии кукурузы, создаваемые стандартным методом [1]. Пригодность новых самоопыленных линий для конкретного направления селекции определяли после оценки их по основным хозяйственным признакам [2]. Засухоустойчивость линий оценивали методом остаточного водного дефицита (ОВД) по Литвинову Л.С. [3]. Для изучения интенсивности высыхания зерна при созревании определяли влажность зерна в динамике [4]. Биохимический анализ зерна проводили в лаборатории биохимической оценки селекционного материала: крахмал поляриметрическим методом – по Эверсу, белок – по Кьельдалю.

В качестве исходного материала использованы гомозиготные самоопыленные линии кукурузы ($I_6 - I_7$), гетерозиготные самоопыляемые потомства I_2 , популяции.

В 2006 – 2014 годах изучено 470 образцов четырех подвидов кукурузы: зубовидной (*Zea mays indentata*), кремнистой (*Zea mays indurata*), крахмалистой (*Zea mays amylaceae*), восковидной (*Zea mays ceratina*).

Результаты. Во ВНИИЗК созданы засухоустойчивые самоопыленные линии кукурузы [5, 6]. Среднеспелые самоопыленные линии KB 498, KC 311, Zp 498A ДК655 имели низкие значения остаточного водного дефицита в фазу цветения початков (7,9-9,2%), незначительно увеличивая его к фазе молочно-восковой спелости (9,3-10,1%), отличаясь низким приростом ОВД (0,2-1,8%) (рис. 1).

Самоопыленные линии ТВ 7331 и КВ 357 имели изначально низкие показатели ОВД (9,2 и 10,4% соответственно) и не изменяли их в процессе усиления засухи. У новых линий КВ 469 и КВ 272, обладающих высокой пластичностью и адаптивностью к стресс-факторам, отмечено даже небольшое снижение водного дефицита (0,7-1,1%).

Следует отметить, что стандартная линия 0169 МВ отличалась высокой засухоустойчивостью, имея незначительный прирост (0,7%) и невысокие абсолютные значения водного дефицита (9,4 и 10,1 %).



Рис. 1. Остаточный водный дефицит среднеспелых самоопыленных линий кукурузы (2011-2013 гг.)

Для сравнения незасухоустойчивая линия ДК 3511 отличалась высокими значениями остаточного водного дефицита в фазу молочно – восковой спелости – 17,0 %, прирост ОВД – 4,3 %.

Созданы и выделены среднеранние засухоустойчивые линии ДК 47111, СП 203, КВ 204, СП 211, С 204, С 238 с низкими или невысокими значениями остаточного водного дефицита как в фазу цветения, так и в фазу молочно – восковой спелости (6,9 – 13,4 %).

Новые засухоустойчивые среднеранние и среднеспелые самоопыленные линии включены в программу скрещивания по созданию засухоустойчивых гибридов кукурузы.

Сельхоз-производители предъявляют повышенные требования к показателю влагоотдачи зерна у гибридов кукурузы.

Во ВНИИЗК созданы и выделены новые среднеспелые самоопыленные линии кукурузы КВ 204, ЗС 225, ЗС 121, КВ 263, ЗС 244, ЗС 123, ЗС 226 с высокой интенсивностью высыхания зерна при созревании (0,99, 1,00, 1,04 1,09, 1,10, 1,12, 1,14 % за сутки соответственно) (рис. 2).

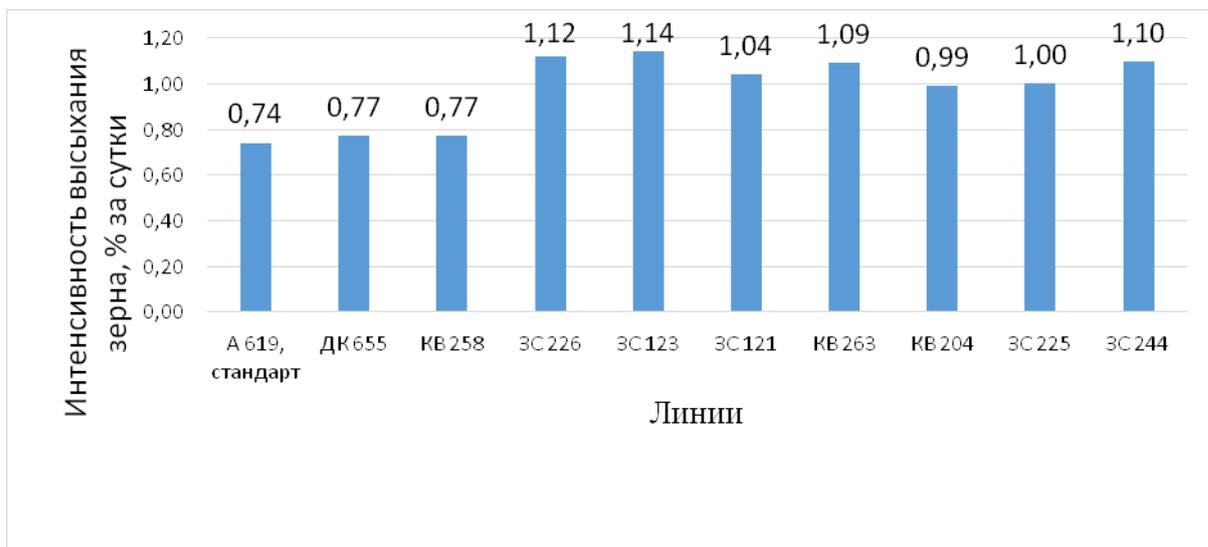


Рис. 2. Интенсивность высыхания зерна при созревании среднеспелых линий кукурузы (2006 – 2008 гг.)

Они характеризовались низкой уборочной влажностью зерна (14,6–15,7%). Напротив, очень высокой уборочной влажностью зерна отличались линии со слабой влагоотдачей А 619 (28,6 %), КВ 258 (29,3 %).

Большие различия между линиями по влажности зерна к моменту уборки явились следствием различных темпов снижения влажности, что четко прослеживается на рисунке 3, где представлена динамика высыхания зерна линий, наиболее контрастных по этому признаку.

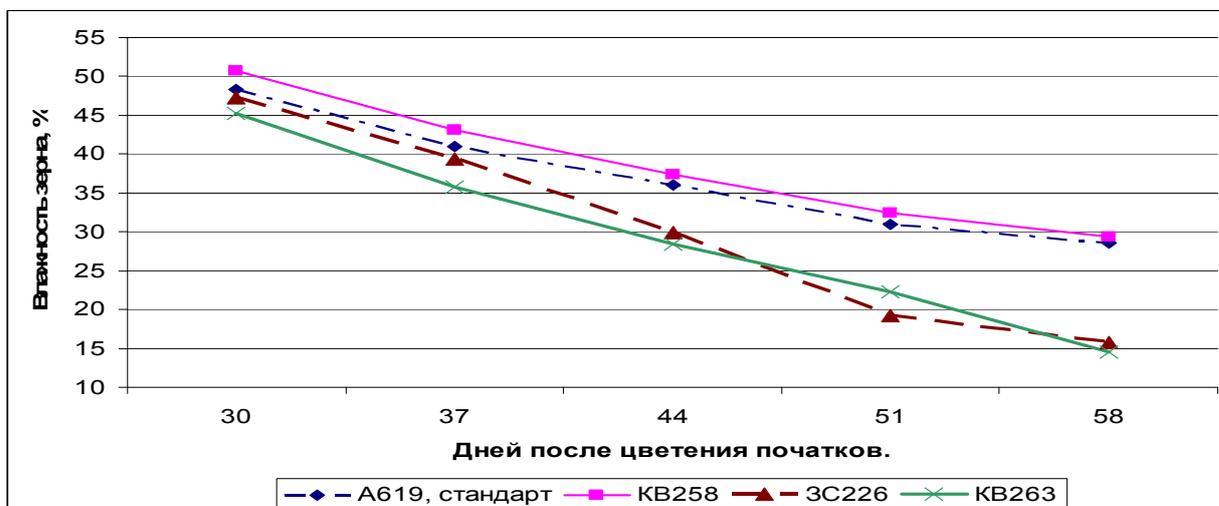


Рис. 3. Динамика высыхания зерна при созревании среднеспелых самоопыленных линий кукурузы, (среднее за 2006-2008 гг.)

Самоопыленные линии ЗС 226, КВ 263, А 619, КВ 258 на 30-й день после цветения початков имели незначительно различающиеся показатели влажности зерна (45,2 – 50,7 %), на 58 –й день после цветения початков демонстрировали значительные различия. Конечная влажность зерна линий ЗС 226 и КВ 263 были ниже, чем у линий А 619 и КВ 258 на 13–15 %.

Созданы среднеранние самоопыленные линии КВ 268, ЗС 6, КВ 225, ЗС 70, ЗС 7, КН 225 с высокой интенсивностью высухания зерна при созревании (0,95 – 1,09 % за сутки).

Новые интенсивновысыхающие среднеранние и среднеспелые самоопыленные линии включены в программу скрещиваний по созданию гибридов кукурузы с высокой влагоотдачей зерна при созревании и низкой уборочной влажностью.

Для выведения высококрахмалистых гибридов кукурузы первостепенное значение имеет содержание крахмала в зерне исходного материала, используемого в гибридизации.

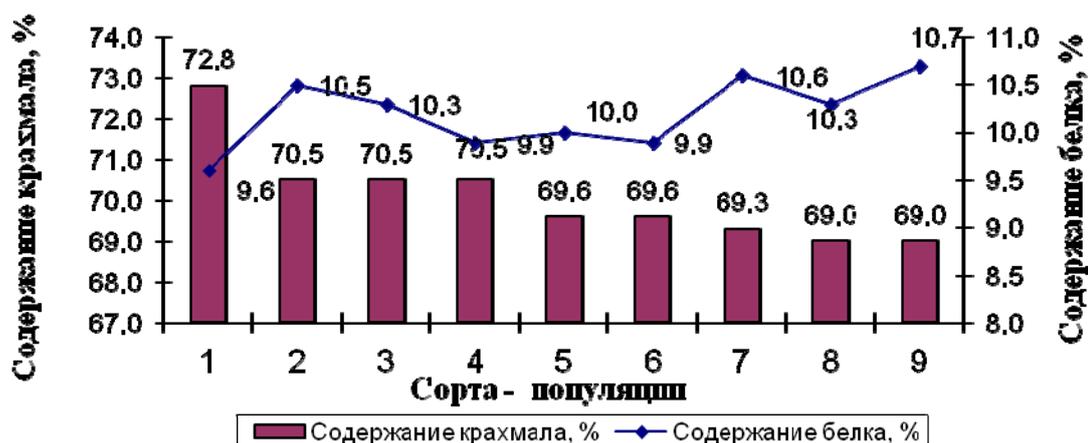
В 2011 году из ВНИИРа получено 80 образцов подвида крахмалистой кукурузы (*Zea mays amylacea*). В 2012 – 2014 годах они изучены по комплексу признаков [7].

Изучаемые образцы характеризовались значительным разнообразием по содержанию крахмала в спелом зерне, размах варьирования составил от 61,2 до 72,8 %. Среднее значение по опыту равнялось 66,5 % (рис. 4).



Рис. 4. Распределение образцов подвида крахмалистой кукурузы по содержанию крахмала в спелом зерне (2012 – 2014 гг.)

Результаты биохимического анализа позволили выделить образцы с высоким содержанием крахмала в зерне (рис. 5).



1. Assimibione; 2. популяция местная из Канады; 3. популяция местная из Дальнего Востока; 4. популяция местная Волгоградская; 5. популяция местная из Киргизии; 6. популяция силосная из США; 7. Pima Indians; 8. Чинквантино; 9. А 43626.

Рис. 5. Содержание крахмала и белка в зерне образцов крахмалистой кукурузы (2012 – 2014 гг.)

Среди них популяция Assimibione (72,8 %), популяция местная из Канады (70,5 %), популяция местная из Дальнего Востока (70,5 %), популяция местная Волгоградская (70,5 %), популяция местная из Киргизии (69,6 %), популяция силосная из США (69,6 %), Pima Indians (69,3 %), Чинквантино (69,0 %), А 43626 (69,0 %). Содержание белка в зерне у популяций варьировало от 9,6 до 10,7 %.

Выделенные популяции использованы в качестве исходного материала новых высококрахмалистых самоопыленных линий кукурузы.

Во ВНИИЗК изучается подвид восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*), крахмал которой полностью состоит из амилопектина. Создаются новые самоопыленные линии восковидной кукурузы – получены 90 самоопыленных потомств I₂.

Результаты биохимической оценки позволили выделить наиболее ценные образцы: 57/1, 55/1, 197/1, 170/1, 20/5, 254/1 и др., имеющие высокое содержание крахмала в зерне (68,5 – 70,3 %) (рис. 6).

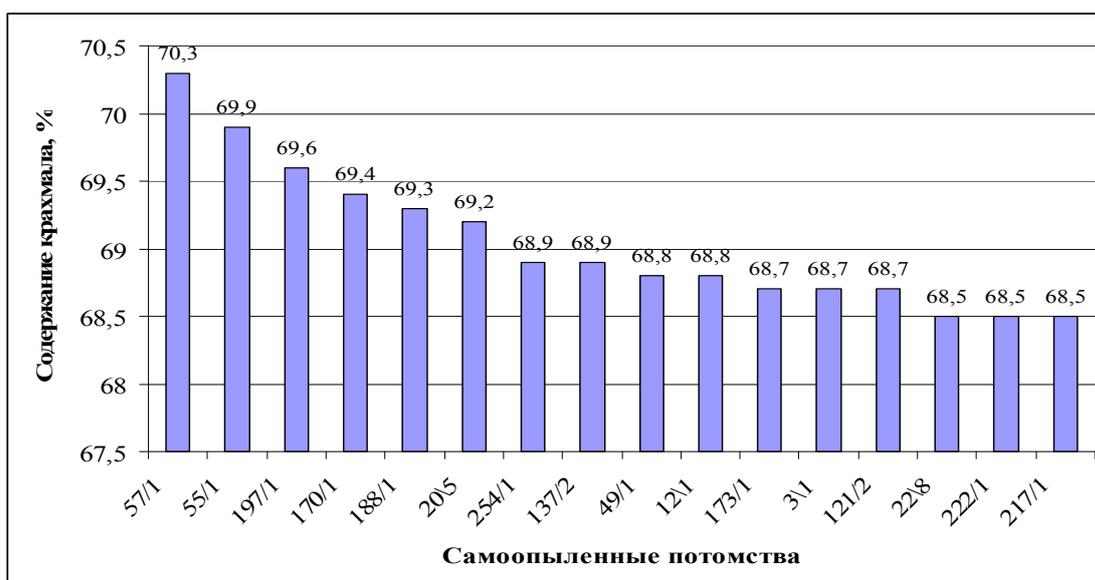


Рис. 6. Содержание крахмала в зерне образцов восковидной кукурузы (2013-2014 гг.)

Для улучшения кормовой базы животноводства необходимы гибриды кукурузы силосного направления использования. Как правило, создаваемые гибриды кукурузы зернового использования не соответствуют требованиям, предъявляемым к гибридам для использования на силос и зеленый корм.

Во ВНИИЗК ежегодно проводится оценка новых лучших зерновых гибридных комбинаций по урожайности сухого вещества и качеству зеленой массы. Начаты исследования по созданию исходного материала для выведения силосных гибридов [8]. Выделены новые высокорослые, хорошо облиственные самоопыленные линии кукурузы: КВ 399, КВ 469, КВ 272 и другие. На основе нового исходного материала созданы силосные гибриды различных групп спелости: Зерноградский 184 МВ (ФАО 100), Зерноградский 299 МВ (ФАО 200), Зерноградский 369 МВ (ФАО 300), Зерноградский 404 МВ (ФАО 400) с высокой урожайностью и кормовой ценностью зеленой массы (табл. 1).

1. Урожайность и кормовая ценность зеленой массы гибридов кукурузы (2012 – 2014 гг.)

| Гибрид | Урожайность зеленой массы, т/га | Переваримого протеина, т/га | Кормовых единиц, т/га | Урожайность сухого вещества, т/га | Выход обменной энергии, МДж/га |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| Зерноградский 184 МВ (ФАО 100) | 24,71 | 0,42 | 5,68 | 7,65 | 73233 |
| Зерноградский 299 МВ (ФАО 200) | 28,02 | 0,51 | 5,94 | 9,01 | 81306 |
| Зерноградский 369 МВ (ФАО 300) | 31,58 | 0,47 | 6,03 | 9,90 | 85823 |
| Зерноградский 404 МВ (ФАО 400) | 34,07 | 0,61 | 9,10 | 11,55 | 113918 |

Наибольший практический интерес представляет среднепоздний гибрид кукурузы Зерноградский 404 МВ с урожайностью зеленой массы 34,07 т/га, сухого вещества – 11,55 т/га, выходом переваримого протеина – 0,61 т/га, кормовых единиц – 9,10 т/га.

Используя новый селекционный материал, во ВНИИЗК выведены новые гибриды кукурузы различных направлений селекции. Засухоустойчивые гибриды: Зерноградский 282 МВ и Зерноградский 288 МВ, они характеризуются высокой адаптивностью к региональному типу засух. Высоким содержанием крахмала (70 – 72 %) отличается гибрид Зерноградский 354 МВ. Высокую влагоотдачу имеет гибрид Зерноградский 242 МВ (уборочная влажность зерна –14 – 16 %).

Выводы. Созданы новые самоопыленные линии кукурузы КВ 498, КС 311, Зр 498А, ДК 655 и др. с невысоким остаточным водным дефицитом (7,9–9,2 %) и незначительным его приростом в процессе усиления засухи (до 9,3 – 10,1 %). Они включены в программы скрещиваний для селекции засухоустойчивых гибридов кукурузы.

Высокой интенсивностью влагоотдачи зерна при созревании (более 1 % за сутки) отличаются новые линии кукурузы ЗС 226, КВ 263, ЗС 121, ЗС 123, ЗС 224 и др., которые планируется использовать в качестве исходного материала для интенсивно высыхающих гибридов кукурузы.

Выделены популяции подвида крахмалистой кукурузы (*Zea mays amylaceae*): Assimbione, Pima Indians, Дальневосточная местная и др. и самоопыленные потомства восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*): 57/1, 55/1, 197/1, 170/1 и др. с высоким содержанием крахмала в зерне (69,0 – 72,8 %), необходимые для создания высококрахмалистых гибридов.

Выделены самоопыленные линии КВ 399, КВ 469, КВ 272 и гибриды Зерноградский 184 МВ, Зерноградский 299МВ, Зерноградский 369 МВ, Зерноградский 404 МВ силосного использования.

Литература

1. Методические указания по селекции кукурузы. – М.,1982. – 56с.
2. Международный классификатор СЭВ вида *Sea Mays L.*, [текст]. – Ленинград, 1984 – С. 10-41.
3. Литвинов, Л.С. О почвенной засухе и устойчивости к ней растений / Л.С. Литвинов.– Львов: Изд-во Львовского госуниверситета, 1951.– 214 с.
4. Игнатьев, А.С. Интенсивность влагоотдачи зерна при созревании у среднеспелых самоопыленных линий кукурузы / А.С. Игнатьев, Г.Я. Кривошеев // Зерновое хозяйство России. – 2011. – №1 (13). – С. 22 – 27.

5. Кривошеев, Г.Я. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы / Г.Я. Кривошеев, Н.А. Шевченко, Е.В. Ионова // *Зерновое хозяйство России*. – 2013. – №6 (30). – С. 30–35.
6. Кривошеев, Г.Я. Отбор по косвенным признакам засухоустойчивости линий кукурузы / Г.Я. Кривошеев, Н.А. Шевченко // *Достижения науки и техники АПК*. – 2014. – Т 28. – № 12. – С. 31 – 34.
7. Кривошеев, Г.Я. Селекционная ценность и адаптивность образцов подвита крахмалистой кукурузы / Г.Я. Кривошеев, А.С. Игнатьев, Н.Г. Игнатьева // *Кукуруза и сорго*. – 2014. – № 4. – С. 12 – 17.
8. Кривошеев, Г.Я. Гибриды кукурузы для выращивания на зеленый корм и силос / Г.Я. Кривошеев, А.С. Игнатьев, Н.А. Шевченко // *Кукуруза и сорго*. – 2015. – № 4. – С. 8 – 13.

Literature

1. Methodical recommendations on maize breeding. – М., 1982. – 56p.
2. Unified classifier CMEA of Sea Mays L., [text]. – Leningrad, 1984. – P.10-41.
3. Litvinov, L.S. About soil drought and plant tolerance to it / L.S. Litvinov. – Lvov: Publ. of Lvov State University, 1951.– 214 c.
4. Ignatiev, A.S. Intensity of water yielding capacity of middle-maturing self-pollinated lines of maize during a maturing period / G.Ya. Krivosheev, A.S. Ignatiev // *Grain Economy of Russia*. – 2011. – №1 (13). – PP. 22 – 27.
5. Krivosheev, G.Ya. Resistance of new self-pollinated lines and hybrids of maize to water stress / G.Ya. Krivosheev, N.A. Shevchenko, E.V. Ionova // *Grain Economy of Russia*. – 2013. – №6 (30). – С.30 – 35.
6. Krivosheev, G.Ya. Selection of maize lines according to indirect traits of drought resistance / G.Ya. Krivosheev, N.A. Shevchenko // *Achievements of science and technique in AIC*. – 2014. – V. 28. – № 12. – PP. 31 – 34.
7. Krivosheev, G.Ya. Breeding value and adaptability of the samples of subvariety of starchy maize / G.Ya. Krivosheev, A.S. Ignatiev, N.G. Ignatieva // *Maize and sorghum*. – 2014. – № 4. – PP. 12 – 17.
8. Krivosheev, G.Ya. Maize hybrids for green forage and silage / G.Ya. Krivosheev, A.S. Ignatiev, N.A. Shevchenko // *Maize and sorghum*. – 2015. – № 4. – PP. 8 – 13.