

УДК 633.14:631.526

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138

**П.М. Богдан**, ✉  
**Н.А. Красковская**,  
**И.Н. Даниленко**

Федеральный научный центр  
агробиотехнологий Дальнего Востока  
им А.К. Чайки, Уссурийск, Россия

✉ [polina\\_bogdan84@mail.ru](mailto:polina_bogdan84@mail.ru)

Поступила в редакцию:  
16.06.2023

Одобрена после рецензирования:  
14.08.2023

Принята к публикации:  
29.08.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138

**Polina M. Bogdan**, ✉  
**Natalya A. Kraskovskaya**,  
**Irina N. Danilenko**

Federal Scientific Center of Agricultural  
Biotechnology of the Far East named after  
A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia

✉ [polina\\_bogdan84@mail.ru](mailto:polina_bogdan84@mail.ru)

Received by the editorial office:  
16.06.2023

Accepted in revised:  
14.08.2023

Accepted for publication:  
29.08.2023

## Оценка коллекции инбредных линий кукурузы приморской селекции

### РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** В современной селекции гибридов кукурузы важное значение уделяется созданию нового исходного материала — инбредных линий, генетический потенциал которых прежде всего зависит от качества форм, используемых в процессе самоопыления, отборов и оценок потомств по хозяйственно ценным признакам до достижения гомозиготного состояния.

**Методика.** Изучение самоопыленных линий проводилось в ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» на экспериментальном участке лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы стандартным методом, суть которого состоит в проведении самоопыления и отбора линий по комплексу хозяйственно ценных признаков на протяжении нескольких лет до достижения гомозиготного состояния.

**Результаты.** В результате исследований выделены генотипы, сочетающие в себе высокую урожайность с пониженной уборочной влажностью зерна ПК 160, ПК 139, ПК 65, ПК 155. Выделены источники хозяйственно ценных признаков: высоты растения и прикрепления початков (ПК 26, ПК 36, ПК 39, ПК 42, ПК 55, ПК 78, ПК 181), длины початков (ПК 55, ПК 57, ПК 58, ПК 65, ПК 69, ПК 153, ПК 155, ПК 160, ПК 164, ПК 175), массы початков (ПК 160, ПК 65, ПК 155, ПК 139, ПК 52), количества зерен с початка (ПК 42, ПК 52, ПК 65), массы зерна с початков (ПК 65, ПК 155, ПК 160), массы 1000 зерен (ПК 160, ПК 175, ПК 181, ПК 139, ПК 65), самоопыленные линии кукурузы с высокой ОКС (ПК 58, ПК 124, ПК 176, ПК 1/3, ПК 3). Образцы будут использованы в селекционной программе по созданию высокопродуктивных гибридов кукурузы.

**Ключевые слова:** селекция, кукуруза, самоопыленные линии, урожайность, хозяйственно ценные признаки, гетерозис, общая комбинационная способность

**Для цитирования:** Богдан П.М., Красковская Н.А., Даниленко И.Н. Оценка коллекции инбредных линий кукурузы Приморской селекции. *Аграрная наука*. 2023; 374(9): 133–138. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138>

© Богдан П.М., Красковская Н.А., Даниленко И.Н.

## Evaluating the collection of maize inbred lines originating from Primorsky Krai

### ABSTRACT

**Background.** The modern breeding of maize hybrids for high heterosis pays considerable attention to the creation of new starting material, i. e. inbred lines. Their genetic potential depends primarily on the quality of forms used in self-pollination, on the selection and evaluation of progeny aimed at achieving the homozygosity of economically important traits.

**Methods.** The study on maize inbred lines was carried out by the Laboratory of the Breeding and Breeder Seed Production of Maize in an experimental field plot at FSBSI «FSC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika». A standard method was employed, which included the self-pollination and selection of lines for a complex of economically important traits over several years to achieve homozygosity.

**Results.** The research resulted in the selection of genotypes that combined high yield with a low moisture content in grain at harvest maturity PK 160, PK 139, PK 65, and PK 155. We identified sources of such economically important traits as the height of plants and cobs (PK 26, PK 36, PK 39, PK 42, PK 55, PK 78, and PK 181), cob length (PK 55, PK 57, PK 58, PK 65, PK 69, PK 153, PK 155, PK 160, PK 164, and PK 175), cob weight (PK 160, PK 65, PK 155, PK 139, and PK 52), the number of grains per cob (PK 42, PK 52, and PK 65), grain weight per cob (PK 65, PK 155, and PK 160), the 1000 kernel weight (PK 160, PK 175, PK 181, PK 139, and PK 65), and a high general combining ability (PK 58, PK 124, PK 176, PK 1/3, and PK 3). The selected accessions will be involved in a breeding program to create highly heterotic maize hybrids.

**Key words:** breeding, maize, self-pollinated lines, yield, economically important traits, heterosis, general combining ability

**For citation:** Bogdan P.M., Kraskovskaya N.A., Danilenko I.N. Evaluating the collection of maize inbred lines originating from Primorsky Krai. *Agrarian science*. 2023; 374(9): 133–138 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-374-9-133-138>

©Bogdan P.M., Kraskovskaya N.A., Danilenko I.N.

## Введение/Introduction

Кукуруза (*Zea mays* L.) из-за высокой потенциальной урожайности и универсальности использования является одной из важнейших сельскохозяйственных культур в мире [1]. Доля кукурузы в мировом зерновом балансе составляет более 30%, а объем ее ежегодного валового производства — 660–686 млн т. За последние 60 лет площадь посева культуры увеличилась с 87 до 146 млн га, а средняя урожайность в мире повысилась с 12,7 до 46,9 ц/га [2, 3]. Посевные площади кукурузы на зерно в России в 2022 г. составили 2954 тыс. га, в том числе на Дальнем Востоке — 92 тыс. га<sup>1</sup>.

Использование в производстве высокоурожайных гибридов кукурузы имеет большое значение с экономической точки зрения и является доступным способом увеличения производства зерна. Выращивание в регионе современных гибридов кукурузы и совершенствование технологий ее возделывания за последние 10 лет позволили увеличить сбор зерна более чем на 70% [4]. В настоящее время технологическое развитие сельского хозяйства России в значительной степени опирается на достижения зарубежной науки. Доля семян гибридов кукурузы зарубежной селекции составила более 50%<sup>2</sup>, в связи с чем создание высокопродуктивных гибридов кукурузы отечественной селекции представляет большой научный и практический интерес.

В селекции гибридов кукурузы важное значение уделяется получению нового исходного материала — инбредных линий, которые являются основным источником для создания новых комбинаций для различных селекционных программ. Генетический потенциал получаемых линий прежде всего зависит от качества форм, используемых в процессе самоопыления, отборов и оценок потомств по хозяйственно ценным признакам до достижения гомозиготного состояния. Впоследствии агрономические показатели получаемых гибридных комбинаций определяются уровнем улучшения зародышевой плазмы, вовлеченной в родительские компоненты. Следовательно, правильный подбор исходного материала является решающим фактором эффективности селекционного процесса в целом [5, 6].

Цель исследования — изучить коллекцию инбредных линий приморской селекции и выделить образцы с ценными хозяйственными признаками для создания высокопродуктивных гибридов кукурузы.

## Материалы и методы исследования / Materials and methods

Объектом исследований являлись инбредные линии кукурузы, полученные стандартным методом<sup>3</sup>: самоопыление и отбор линий по комплексу хозяйственно ценных признаков на протяжении четырех-пяти лет до достижения гомозиготного состояния. Линии изучались в 2018–2022 гг. в ФГБНУ «ФНЦ агроботехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки» (Приморский край, Россия) на экспериментальном участке лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы. Закладку полевых

опытов выполняли согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кукурузой<sup>4</sup>, посев и уборку питомников осуществляли вручную. Потомства самоопыленных початков высевали в селекционном питомнике по схеме «початок — ряд». Агротехника выращивания кукурузы в опыте — общепринятая в Приморском крае<sup>5</sup>.

В период вегетации выполнялись фенологические наблюдения и учеты согласно методике государственного сортоиспытания<sup>6</sup> и методическим указаниям по изучению и поддержанию образцов коллекции кукурузы<sup>7</sup>. В лабораторных условиях проводили анализ початков и зерен по следующим показателям: консистенция и окраска зерна, форма, длина початка, масса початка, количество зерен в початке, масса зерна с початка, выход зерна с початка и масса 1000 зерен.

Статистическая обработка данных выполнена по методике Б.А. Доспехова<sup>8</sup> с использованием вариационного и корреляционного анализов.

Селекционный индекс ( $C_{и}$ ) рассчитан как соотношение урожая зерна (в ц/га) к его влажности на момент уборки (%) [7]. Общая комбинационная способность (ОКС) и гетерозис [8] экспериментальных гибридов определены при свободном опылении в контрольном питомнике в 2022 г. Площадь делянки в селекционном питомнике — 5 м<sup>2</sup>, в контрольном — 10 м<sup>2</sup>, густота стояния — 40 тыс/га и 80 тыс/га соответственно.

Почвы опытного участка — лугово-бурые, отбеленные, по механическому составу — тяжелые суглинки с содержанием органического вещества (2,66%), легкогидролизуемого азота (76 мг/кг почвы), подвижного фосфора (62 мг/кг почвы), обменного калия (163 мг/кг почвы), рН солевой вытяжки (5,1 ед.); сумма обменных оснований — 19,4 мг экв / 100 г, гидролитическая кислотность — 3,82 Ммоль / 100 г.

Оценку влагообеспеченности территории в годы исследований проводили по методике Г.Т. Селянинова<sup>9</sup>. При расчете гидротермического коэффициента (ГТК) основывались на данных суммы эффективных температур > 10 °С и количества осадков за вегетационный период кукурузы, предоставленных агрометеорологической станцией «Тимирязевский» (ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»), отвечающих условиям репрезентативности относительно «климатического фона» района расположения станции. Расстояние агрометеостанции до места проведения опытов — 0,98 км. Величина ГТК: в пределах 0,4–0,7 — очень засушливо, 1,0–1,5 — влажно, более 1,5 — избыточно влажно.

Разнообразие метеорологических условий 2018–2022 гг. по количеству осадков и температурному режиму способствовало более полной и объективной оценке исследуемого материала. Кукуруза характеризуется большой потребностью в воде в течение всей вегетации. При недостатке влаги понижается фотосинтез, усиливается дыхание, ослабляются ростовые процессы, снижается урожайность и ухудшается качество растительной продукции<sup>10</sup>. Благоприятные условия для

<sup>1</sup> Единая межведомственная информационно-статистическая система. — URL: <http://www.fedstat.ru>. (дата обращения: 12.05.2023).

<sup>2</sup> Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии). — URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения: 14.05.2023).

<sup>3</sup> Методические указания по селекции кукурузы / сост. Б.П. Соколов и др. М.: ВАСХНИЛ. 1982; 55.

<sup>4</sup> Методические указания по проведению полевых опытов с кукурузой / сост. Н.В. Соболева. Омск. 1980; 8.

<sup>5</sup> Система ведения агропромышленного производства Приморского края / РАСХН, ДВНМЦ, ПримНИИСХ. Новосибирск. 2001; 364.

<sup>6</sup> Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989; 2: 194.

<sup>7</sup> Изучение и поддержание образцов коллекции кукурузы: методические указания. Л.: ВИР. 1985; 49.

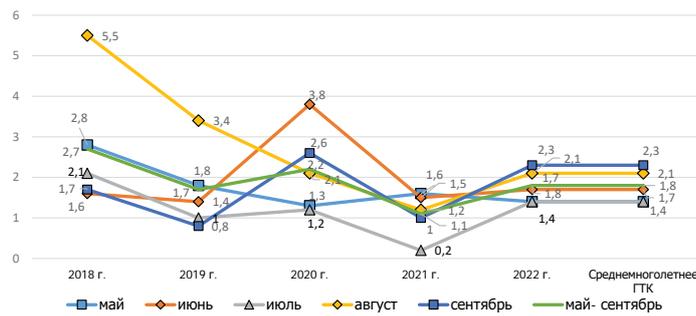
<sup>8</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос. 1979; 416.

<sup>9</sup> Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. Мировой агроклиматический справочник. Л., М. 1937; 5–29.

<sup>10</sup> Волошин Е.И., Аветисян А.Т. Применение удобрений при возделывании кукурузы в Средней Сибири: методические указания. Красноярск: КрасГАУ. 2018; 31.

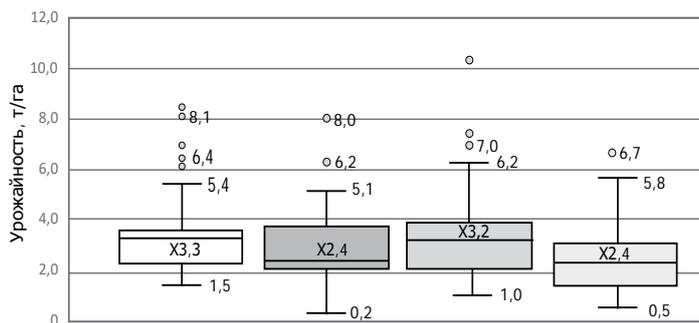
**Рис. 1.** Характеристика уровня влагообеспеченности вегетационного периода кукурузы в 2018–2022 гг.

**Fig. 1.** The hydro-thermal coefficient during the growing season of maize in 2018–2022



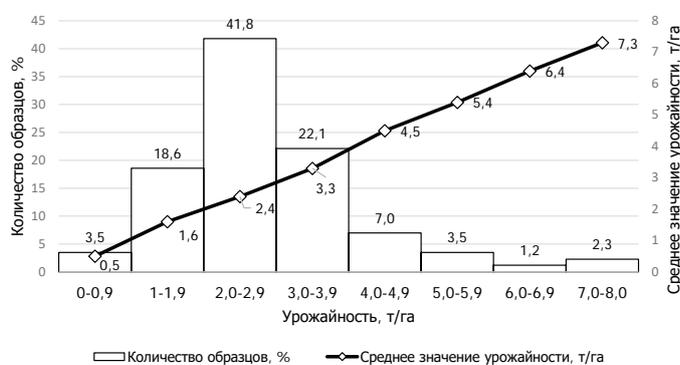
**Рис. 2.** Распределение урожайности самоопыленных линий в 2018–2021 гг.

**Fig. 2.** Distribution of the yield of the inbred maize lines in 2018–2021



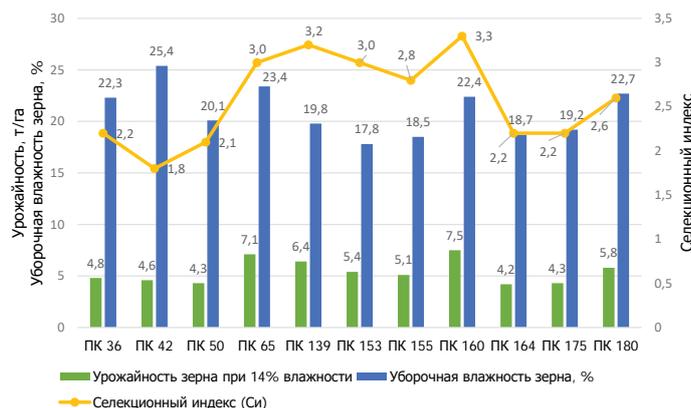
**Рис. 3.** Гистограмма распределения самоопыленных линий по урожайности зерна (среднее за 2018–2021 гг.)

**Fig. 3.** Histogram of the distribution of the self-pollinated lines by grain yield (the average for 2018–2021)



**Рис. 4.** Урожайность (т/га) и уборочная влажность зерна (%) самоопыленных линий кукурузы в 2018–2021 гг.

**Fig. 4.** The yield (t/ha) and moisture content in grain at harvest maturity (%) of the self-pollinated maize lines in 2018–2021



**Таблица 1.** Распределение инбредных линий кукурузы по подвидам и разновидностям

**Table 1.** Grouping the studied inbred maize lines by subspecies and varieties

| Подвид (Subspecies), разновидность (Varietas)                     | Описание  | %    |
|---|---|------|
| <i>Subspecies indurata</i> Sturt., var. <i>vuldata</i> Körn.      | кремнистая, зерно желтое, цветковые чешуи белые   | 48,2 |
| <i>Subspecies indurata</i> Sturt., var. <i>rubropaleata</i> Körn. | кремнистая, зерно желтое, цветковые чешуи красные | 31,8 |
| <i>Subspecies indentata</i> Sturt., var. <i>zanthodon</i> Al.     | зубовидная, зерно желтое, цветковые чешуи белые   | 10,6 |
| <i>Subspecies indentata</i> Sturt., var. <i>flavorubra</i> Körn.  | зубовидная, зерно желтое, цветковые чешуи красные | 9,4  |

роста и развития кукурузы сложились в 2018 г., 2020 г. и 2022 г., когда количество выпавших осадков с мая по сентябрь (ГТК = 2,2–2,7) превосходило среднегоголетние значения (ГТК = 1,8). Наибольший стресс для кукурузы за годы исследований отмечен в 2021 г., когда в июле и августе, перед началом выбрасывания метелки — в период образования початков и налива зерна, осадков выпало на 74,1 мм и 54,3 мм ниже нормы, притом что среднесуточные температуры воздуха превысили норму на 1,8–3,6 °C (рис. 1).

**Результаты и обсуждение / Results and discussion**

В 2018–2021 годах по основным хозяйственным ценным признакам изучено 87 новых самоопыленных линий кукурузы. 80,0% изучаемых образцов представлены кремнистым подвидом (*Subspecies indurata* Sturt.), из них 48,2% имеют желтое зерно, белые цветковые чешуи (var. *vuldata* Körn), 31,8% — желтое зерно, красные цветковые чешуи (var. *rubropaleata* Körn.)<sup>11</sup> (табл. 1).

Изменчивость средних арифметических показателей конкретного признака имеет важное значение для оценки исходного материала. Урожайность зерна инбредных линий варьировала от наименьших показателей в 2019 г. и 2021-м (2,4 т/га) до наибольших в 2018 г. (3,3 т/га) при среднем значении за годы исследований 2,8 т/га. Высокий коэффициент вариации данного признака (46,5%) указывает, что между отдельными образцами есть разница, ее следует оценить более подробно (рис. 2).

За четыре года исследований 41,8% самоопыленных линий имели урожайность 2,0–2,9 т/га при среднем значении 2,4 т/га. Наименьшее количество образцов (1,2% и 2,3%) отмечено в группе с урожайностью 6,0–6,9 т/га и выше 7,0 т/га соответственно (рис. 3).

Высокую урожайность зерна при 14% влажности, превосходящую средние значения признака в опыте ( $HCP_{0,95} = 1,3$ ), показали 11 самоопыленных линий, наибольшая отмечена у образцов ПК160 (7,5 т/га), ПК 65 (7,1 т/га). Уборочная влажность зерна у выделенных линий колебалась от 17,8 до 25,4%. Селекционный индекс ( $C_{и}$ ), позволяющий выделить генотипы, сочетающие в себе высокую урожайность с пониженной уборочной влажностью зерна, изменялся от 1,8 до 3,3. Высокое значение данного показателя имели образцы ПК 160, ПК 139, ПК 65, ПК 155 (рис. 4).

Высота растений кукурузы является важным хозяйственным признаком, имеющим высокую корреляционную связь с высотой прикрепления початка ( $r = 0,68 \pm 0,08$ ). Являясь непостоянной величиной, она может сильно варьировать в пределах одной линии либо гибрида, а также находится в тесной зависимости от агротехнических и климатических условий. Установлено, что изменения погодных условий в период наиболее активного роста сказываются на общей высоте растений в опыте. Так, в 2018 году среднее значение данного показателя было 163,3 см, в 2019-м — 131,6 см, в 2020-м — 141,3 см, в 2021-м — 128,4 см. Размах варьирования за четыре года изменялся (97,1–196,0 см), но в целом изменчивость была невысокой ( $V = 13,2\%$ ).

Как отмечают многие исследователи, от высоты прикрепления початка зависят технологичность и пригодность гибридов кукурузы к комбайновой уборке в производстве [9, 10]. Варьирование линий по данному признаку имело высокий показатель ( $V = 21,2\%$ ). Линии ПК 26, ПК 36, ПК 39, ПК 42, ПК 55, ПК 78, ПК 181 характеризовались высотой растения (выше 160 см) и высоким прикреплением початков ( $> 60$  см).

Урожайность початков является количественным признаком, который зависит от длины ( $r = 0,53 \pm 0,09$ ) и массы ( $r = 0,82 \pm 0,06$ ) початка, числа зерен с початка ( $r = 0,58 \pm 0,08$ ), массы 1000 зерен ( $r = 0,69 \pm 0,08$ ), в связи с чем всестороннее изучение элементов продуктивности, непосредственно связанных с урожайностью линий, имеет важное практическое и теоретическое значение.

Изменчивость длины початка за годы исследований составила 7,7–18,7 см при среднем значении признака 13,8 см. Длину початка более 16,0 см имели образцы ПК 55, ПК 57, ПК 58, ПК 65, ПК 69, ПК 153, ПК 155, ПК 160, ПК 164, ПК 175.

Среднее значение массы початка составило 76,4 г при коэффициенте вариации 35%. Наибольшее значение данного показателя имели линии ПК 160 (158 г), ПК 65 (150 г), ПК 155 (144,3 г), ПК 139 (123,3 г), ПК 52 (117,3 г). По количеству зерен с початка выделились линии ПК 42 (550,6 шт.), ПК 52 (540,2 шт.), ПК 65 (518,1 шт.) при среднем значении 347,3 (80,0–550,6 г).

Массу зерна с початка принято считать одним из основных элементов продуктивности, поскольку данный признак имеет наиболее тесную связь с урожайностью линий ( $r = 0,88 \pm 0,05$ ). Варьирование данного показателя за годы исследований было высоким — 39,0% (6,0–134,0 г). Менее половины инбредных линий (42,0%) находится в интервале средних и выше средних значений. Выделились линии ПК 160 (134 г), ПК (126,3 г).

Масса 1000 зерен тесно взаимосвязана с массой зерна с початка ( $r = 0,72 \pm 0,08$ ). Среднее значение данного показателя составило 168,2 г ( $V = 26,3\%$ ). Выделились линии ПК 160 (317,12 г), ПК 175 (275,1 г), ПК 181 (223,8 г), ПК 139 (280,5 г), ПК 65 (245,2 г) (табл. 2).

В селекционной практике важное значение имеет отбор не только по признакам и свойствам исходного материала, но и по высокой комбинационной способности используемых форм, что позволяет подобрать родительские пары для создания высокоурожайных гибридов кукурузы. Ценность этого этапа работы заключается в том, что определение комбинационной способности исходного материала позволяет существенно снизить объем работ по гибридизации. Сама возможность самоопыленной линии давать в скрещиваниях гетерозисное потомство является одной из основных оценок и характеристик этой линии [11–13].

Таблица 2. Результаты анализа количественных признаков, элементов структуры самоопыленных линий кукурузы в 2018–2021 гг.

Table 2. The analysis results for the qualitative traits of the structural components of the self-pollinated maize lines in 2018–2021

| Линия               | Высота растений, см | Высота прикрепления початка, см | Масса початка, г | Длина початка, см | Количество зерен с початка, шт. | Масса зерна с початка, г | Масса 1000 зерен, г |
|---------------------|---------------------|---------------------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------|
| ПК 1/3              | 122,0               | 31,3                            | 53,6             | 13,2              | 345,8                           | 51,0                     | 147,5               |
| ПК 1/8              | 151,0               | 47,0                            | 52,0             | 11,3              | 313,9                           | 40,0                     | 127,4               |
| ПК 26               | 182,0               | 63,0                            | 96,0             | 13,6              | 435,9                           | 78,0                     | 179,0               |
| ПК 27               | 120,0               | 45,0                            | 86,5             | 13,5              | 462,0                           | 69,4                     | 150,2               |
| ПК 35               | 174,0               | 53,0                            | 69,0             | 11,0              | 409,2                           | 45,0                     | 110,0               |
| ПК 36               | 168,0               | 61,0                            | 86,0             | 12,0              | 378,0                           | 70,0                     | 185,2               |
| ПК 39               | 160,0               | 60,0                            | 74,0             | 13,7              | 361,8                           | 55,2                     | 152,6               |
| ПК 42               | 161,0               | 62,0                            | 103,0            | 14,0              | 550,6                           | 87,8                     | 159,5               |
| ПК 45               | 133,3               | 53,3                            | 107,3            | 14,0              | 437,7                           | 68,6                     | 156,7               |
| ПК 46               | 146,0               | 39,0                            | 70,0             | 12,0              | 448,8                           | 49,3                     | 109,8               |
| ПК 50               | 149,0               | 37,0                            | 87,0             | 14,0              | 448,0                           | 71,0                     | 158,5               |
| ПК 52               | 141,6               | 38,3                            | 117,3            | 14,8              | 540,2                           | 96,0                     | 177,7               |
| ПК 55               | 170,0               | 61,0                            | 107,3            | 16,2              | 351,6                           | 88,7                     | 252,3               |
| ПК 58               | 151,0               | 46,0                            | 88,0             | 17,0              | 350,0                           | 67,0                     | 191,4               |
| ПК 57               | 134,0               | 35,0                            | 84,0             | 17,0              | 420,0                           | 64,0                     | 152,4               |
| ПК 64               | 153,0               | 39,0                            | 87,0             | 14,0              | 336,0                           | 71,0                     | 211,3               |
| ПК 65               | 167,0               | 50,0                            | 150,0            | 18,0              | 518,0                           | 127,0                    | 245,2               |
| ПК 69               | 135,0               | 34,0                            | 102,0            | 16,0              | 448,0                           | 82,0                     | 183,0               |
| ПК 71               | 142,0               | 37,3                            | 84,0             | 15,0              | 292,5                           | 61,0                     | 208,5               |
| ПК 74               | 139,0               | 32,0                            | 85,0             | 15,0              | 420,0                           | 71,0                     | 169,0               |
| ПК 77               | 135,0               | 40,0                            | 148,0            | 15,0              | 450,0                           | 87,0                     | 193,3               |
| ПК 78               | 161,0               | 61,0                            | 52,0             | 9,8               | 180,0                           | 42,0                     | 233,3               |
| ПК 103              | 149,0               | 40,0                            | 79,6             | 15,5              | 529,8                           | 65,6                     | 123,8               |
| ПК 104              | 141,0               | 35,0                            | 114,0            | 12,0              | 252,7                           | 45,0                     | 178,1               |
| ПК 117              | 124,0               | 33,0                            | 71,0             | 14,0              | 212,1                           | 51,1                     | 240,9               |
| ПК 124              | 131,0               | 36,0                            | 78,0             | 13,7              | 447,1                           | 63,0                     | 140,9               |
| ПК 128              | 135,0               | 40,3                            | 69,0             | 13,0              | 312,2                           | 59,0                     | 189,0               |
| ПК 131              | 124,0               | 36,2                            | 85,0             | 14,6              | 452,1                           | 71,0                     | 157,0               |
| ПК 139              | 167,5               | 42,5                            | 124,0            | 14,7              | 377,9                           | 106                      | 280,5               |
| ПК 153              | 140,4               | 33,0                            | 123,3            | 18,0              | 476,2                           | 96,5                     | 202,7               |
| ПК 155              | 140,0               | 33,3                            | 144,3            | 18,2              | 494,2                           | 126,3                    | 255,6               |
| ПК 160              | 196,0               | 55,0                            | 158,0            | 18,7              | 422,4                           | 134,0                    | 317,2               |
| ПК 164              | 155,0               | 35,5                            | 100,0            | 16,4              | 429,8                           | 87,7                     | 204,0               |
| ПК 175              | 155,0               | 48,0                            | 126,0            | 16,1              | 356,2                           | 98,0                     | 275,1               |
| ПК 180              | 135,3               | 42,0                            | 97,0             | 15,2              | 364,0                           | 80,0                     | 219,8               |
| ПК 181              | 181,6               | 60,0                            | 42,4             | 15,0              | 139,4                           | 31,2                     | 223,8               |
| ПК 201              | 146,6               | 36,6                            | 70,1             | 13,4              | 328,9                           | 57,0                     | 173,3               |
| НСР <sub>0,95</sub> | 5,6                 | 2,6                             | 8,0              | 0,5               | 27,2                            | 6,9                      | 13,2                |

**Таблица 3. Эффекты гетерозиса и ОКС экспериментальных гибридов кукурузы при свободном самоопылении в контрольном питомнике в 2022 г.**

**Table 3. The effects of the heterosis and general combining ability of maize hybrids after open self-pollination in the control nursery in 2022**

| Гибридная популяция (гибрид) | Материнская линия | Урожайность, т/га | Эффекты ОКС, т | Эффект гетерозиса экспериментальных гибридов, % | Уборочная влажность, % |
|------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|---|------------------------|
| Славянка, st                 | –                 | 10,2              | –              | –   | –                      |
| Приморский 453               | ПК 53             | 10,7              | 0,9            | 4,9   | 23,1                   |
| Приморский 458               | ПК 58             | 12,9              | 3,1            | 26,5  | 21,5                   |
| Приморский 461               | ПК 64             | 11,4              | 1,6            | 11,8  | 19,0                   |
| Приморский 464               | ПК 74             | 10,7              | 0,9            | 4,9   | 23,7                   |
| Приморский 465               | ПК 76             | 12,1              | 2,3            | 18,6  | 23,4                   |
| Приморский 466               | ПК 68             | 10,4              | 0,6            | 2,0   | 27,4                   |
| Приморский 467               | ПК 77             | 10,8              | 1,0            | 5,9   | 22,2                   |
| Приморский 470               | ПК 85             | 10,7              | 0,9            | 4,9   | 24,4                   |
| Приморский 471               | ПК 102            | 11,2              | 1,4            | 9,8   | 25,2                   |
| Приморский 472               | ПК 104            | 11,0              | 1,2            | 7,8   | 25,0                   |
| Приморский 473               | ПК 106            | 11,2              | 1,4            | 9,8   | 22,6                   |
| Приморский 474               | ПК 108            | 10,9              | 1,1            | 6,9   | 23,3                   |
| Приморский 475               | ПК 112            | 10,4              | 0,6            | 2,0   | 21,3                   |
| Приморский 476               | ПК 124            | 14,2              | 4,4            | 39,2  | 23,3                   |
| Приморский 478               | ПК 128            | 12,3              | 2,5            | 20,6  | 20,3                   |
| Приморский 483               | ПК 131            | 11,2              | 1,4            | 9,8   | 21,6                   |
| Приморский 484               | ПК 153            | 10,6              | 0,8            | 3,9   | 21,1                   |
| Приморский 485               | ПК 159            | 11,0              | 1,2            | 7,8   | 23,5                   |
| Приморский 486               | ПК 165            | 12,2              | 2,4            | 19,6  | 19,8                   |
| Приморский 488               | ПК 173            | 12,1              | 2,3            | 18,6  | 23,2                   |
| Приморский 489               | ПК 175            | 12,6              | 2,8            | 23,5  | 18,6                   |
| Приморский 490               | ПК 176            | 14,3              | 4,5            | 40,2  | 21,7                   |
| Приморский 491               | ПК 178            | 12,4              | 2,6            | 21,6  | 21,0                   |
| Приморский 492               | ПК 180            | 11,5              | 1,7            | 12,7  | 22,9                   |
| Приморский 493               | ПК 182            | 12,7              | 2,9            | 24,5  | 23,7                   |
| Приморский 494               | ПК 202            | 11,0              | 1,2            | 7,8   | 21,7                   |
| Приморский 495               | ПК 1/3            | 14,9              | 5,1            | 46,1  | 22,5                   |
| Приморский 496               | ПК 1/8            | 11,7              | 1,9            | 14,7  | 23,4                   |
| Приморский 498               | ПК 3              | 13,0              | 3,2            | 27,5  | 24,0                   |
| НСР <sub>0,95</sub>          |                   | 0,8               |                |   |                        |

\* Средняя урожайность зерна экспериментальных гибридов по опыту — 9,8 т/га.

Метод свободного опыления — наиболее простой и дешевый, используемый в селекционной работе для определения общей комбинационной способности получаемых самоопыленных линий, позволяющий проводить оценку по данному показателю уже на первых этапах их получения, что значительно повышает эффективность работы по созданию самоопыленных линий стандартным методом.

В результате проведенных в 2022 г. исследований установлено, что в контрольном питомнике по урожайности в сравнении со стандартом Славянка (10,2 т/га) выделились 18 экспериментальных гибридов (10,7–14,9 т/га). Эффекты гетерозиса у данных образцов колебались от 9,8 до 46,1%, а по ОКС они превзошли средний урожай зерна (9,8 т/га) экспериментальных гибридов по опыту на 1,4–5,1 т/га. Низкие эффекты гетерозиса (2,0 до 7,8%) и ОКС (0,6–1,2) показали 37,9% гибридов, урожай которых существенно уступал или был на уровне стандарта. Выявлены высокие эффекты ОКС у линий ПК 58, ПК 124, ПК 176, ПК 1/3, ПК 3 (табл. 3).

### Выводы/Conclusion

В результате проведенных в 2018–2022 гг. исследований дана оценка коллекции инбредных линий и выделены образцы, представляющие интерес как генетические источники по наиболее ценным признакам: высокая урожайность и пониженная уборочная влажность зерна — ПК 160, ПК 139, ПК 65, ПК 155; высота растения и прикрепления початков — ПК 26, ПК 36, ПК 39, ПК 42, ПК 55, ПК 78, ПК 181; длина початка — ПК 55, ПК 57, ПК 58, ПК 65, ПК 69, ПК 153, ПК 155, ПК 160, ПК 164, ПК 175; масса початка — ПК 160, ПК 65, ПК 155, ПК 139, ПК 52; количество зерен с початка — ПК 42, ПК 52, ПК 65; масса зерна с початка — ПК 65, ПК 155, ПК 160; масса 1000 зерен — ПК 160, ПК 175, ПК 181, ПК 139, ПК 65; высокая ОКС — ПК 58, ПК 124, ПК 176, ПК 1/3, ПК 3.

Использование данных линий в селекционных программах позволит оптимизировать селекционный процесс по созданию новых высокоурожайных гибридов кукурузы в условиях Приморского края.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнялись в рамках госзадания по программе фундаментальных научных исследований в РФ на 2021–2030 гг. (госрегистрация № 122022600066-1).

### FUNDING

The research was carried out within the framework of the state task under the program of fundamental scientific research in the Russian Federation for 2021–2030 (state registration No. 122022600066-1).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Давыдова С.А., Вахания В.И., Курасов В.С. Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства кукурузы. Научный аналитический обзор. М.: Росинформагротех. 2019; 92. ISBN 978-5-7367-1515-2 <https://www.elibrary.ru/hwnqjk>
2. Хатефов Э.Б., Керв Ю.А., Бойко В.Н., Головина М.А., Аппаев С.П. Расширение генетического полиморфизма исходного селекционного материала кукурузы методом редиплоидизации тетраплоидных популяций. *Таврический вестник аграрной науки*. 2018; (4): 192–203. <https://doi.org/10.25637/TVAN.2018.04.18>
3. Башинская О.С., Зайцев С.А., Сидорцов А.И. Современное состояние селекции и семеноводства кукурузы в Российской Федерации. *Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата. Материалы II Международной научно-практической конференции*. Саратов: Амрит. 2022; 15–17. <https://www.elibrary.ru/xpuakr>

### REFERENCES

1. Davydova S.A., Vakhania V.I., Kurasov V.S. Analysis of the state and promising areas for the development of selection and seed production of corn. *Scientific and analytic over-view*. Moscow: *Rosinformagrotekh*. 2019; 92 (In Russian). ISBN 978-5-7367-1515-2 <https://www.elibrary.ru/hwnqjk>
2. Khatefov E.B., Kerv Yu.A., Boyko V.N., Golovina M.A., Appaev S.P. Expansion of the genetic polymorphism of the initial selection material of corn by the method of re-diploidization of tetraploid populations. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2018; (4): 192–203 (In Russian). <https://doi.org/10.25637/tvan.2018.04.18>
3. Bashinskaya O.S., Zaitsev S.A., Sidortsov A.I. The current state of maize breeding and seed production in the Russian Federation. *Scientific support for the sustainable development of the Agro-Industrial Complex under the conditions of aridification. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference*. Saratov: Amirit. 2022; 15–17 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/xpuakr>

4. Шوماхов Б.Р., Кагермазов А.М., Хачидогов А.В. Селекция кукурузы — состояние и перспективы развития в Институте сельского хозяйства КБНЦ РАН. *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2021; (3): 100–111. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111>
5. Панфилова О.Н., Чугунова Е.В., Дерунова С.Н. Исходный материал для селекции кукурузы на засухоустойчивость. *Аграрный научный журнал*. 2020; (2): 29–37. <https://www.elibrary.ru/ifeop>
6. Кривошеев Г.Я., Игнатиев А.С., Шевченко Н.А. Комбинационная способность раннеспелых самоопыленных линий кукурузы и тестеров системе топкроссных скрещиваний. *Научный журнал КубГАУ*. 2015; 114: 1406–1416. <https://www.elibrary.ru/vhfmnr>
7. Орлянский Н.А., Орлянская Н.А. Оценка результатов экологического сортоиспытания гибридов кукурузы с использованием селекционных индексов. *Кукуруза и сорго*. 2016; (2): 3–7. <https://www.elibrary.ru/wdeend>
8. Шмараев Г.Е., Веденев Г.И., Подольская А.П., Бабаянц А.Ф. Генетика количественных и качественных признаков кукурузы. Санкт-Петербург: ВИР. 1995; 168.
9. Мухамадзим М., Заверткин И.А. Действие удобрений и орошения на урожайность кукурузы на зеленый корм. *Растениеводство и луговое хозяйство. Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием*. Москва. 2020: 698–701. <https://doi.org/10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-155>
10. Горбачева А.Г., Ветошкина И.А., Панфилов А.Э., Иванова Е.С. Экологическая оценка гибридов кукурузы в период прорастания при раннем и оптимальном сроках посева. *Кукуруза и сорго*. 2015; (2): 3–10. <https://www.elibrary.ru/uneqan>
11. Жужукин В.И., Зайцев С.А., Волков Д.П., Гудова Л.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по высоте прикрепления початка. *Успехи современного естествознания*. 2018; (10): 50–55. <https://www.elibrary.ru/ylyxxn>
12. Волков Д.П., Зайцев С.А. Оценка комбинационной способности линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях по количеству зерен с початка. *Актуальные вопросы биологии, селекции, технологии возделывания и переработки сельскохозяйственных культур. XI Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов*. Краснодар: ВНИИМК. 2021; 29–32. <https://doi.org/10.25230/conf11-2021-29-32>
13. Новичихин А.П., Лемешев Н.А., Гульняшкин А.В. Изучение комбинационной способности новых раннеспелых линий кукурузы. *Рисоводство*. 2019; (1): 54–57. <https://www.elibrary.ru/uykphy>
4. Shomakhov B.R., Kagermazov A.M., Khachidogov A.V. Corn breeding — the state and prospects of development at the Institute of Agriculture of the KBSC RAS. *Proceedings of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2021; (3): 100–111 (In Russian). <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-3-101-100-111>
5. Panfilova O.N., Chugunova E.V., Derunova S.N. Source material for the selection of corn for drought tolerance. *The agrarian scientific journal*. 2020; (2): 29–37 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ifeop>
6. Krivosheev G.Ya., Ignatiev A.S., Shevchenko N.A. Combining ability of early ripening self-pollinated lines of maize and testers in the system of top-cross hybridization. *Scientific Journal of KubSAU*. 2015; 114: 1406–1416 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/vhfmnr>
7. Orlyanskiy N.A., Orlyanskaya N.A. Evaluating the results of ecological testing of maize hybrids using selection indexes. *Maize and sorghum*. 2016; (2): 3–7 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/wdeend>
8. Shmaraev G.E., Vedenev G.I., Podolskaya A.P., Babayants A.F. Genetics of quantitative and qualitative traits of maize. St. Petersburg: *All-Russian Institute of Plant Growing*. 1995; 168 (In Russian).
9. Mukhamadzim M., Zavertkin I.A. Effects of fertilizers and irrigation on corn yield on green fodder. *Crop and meadow growing. Collection of articles of the All-Russian scientific Conference with international participation*. Moscow. 2020: 698–701 (In Russian). <https://doi.org/10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-155>
10. Gorbacheva A.G., Vetoshkina I.A., Panfilov A.E., Ivanova E.S. Environmental assessment of corn hybrids during germination in early and optimal planting dates. *Maize and sorghum*. 2015; (2): 3–10 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uneqan>
11. Zhuzhukin V.I., Zaytsev S.A., Volkov D.P., Gudova L.A. Evaluation combining ability of maize lines in diallel crossbreeding by height attaching the cob. *Advances in current natural sciences*. 2018; (10): 50–55 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/ylyxxn>
12. Volkov D.P., Zaytsev S.A. Estimation of combining ability of corn lines in diallel crosses by an amount of seeds from a cob. *Topical issues in biology, breeding, cultivation technology and the processing of agricultural produce. 11th All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists*. Krasnodar: V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops. 2021; 29–32 (In Russian). <https://doi.org/10.25230/conf11-2021-29-32>
13. Novichikhin A.P., Lemeshev N.A., Gulnyashkin A.V. Study of the combining ability of new early-maturing corn line. *Rice growing*. 2019; (1): 54–57 (In Russian). <https://www.elibrary.ru/uykphy>

#### ОБ АВТОРАХ

**Полина Михайловна Богдан**,  
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы  
[polina\\_bogdan84@mail.ru](mailto:polina_bogdan84@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

**Наталья Александровна Красковская**,  
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы  
[nat.kraskovskaja@yandex.ru](mailto:nat.kraskovskaja@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1639-3916>

**Ирина Николаевна Даниленко**,  
младший научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства кукурузы  
[ira.danilenko.8787@br.ru](mailto:ira.danilenko.8787@br.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-9462-3473>

Федеральный научный центр агробиотехнологий  
Дальнего Востока им. А.К. Чайки,  
ул. Воложенина, 30Б, пос. Тимирязевский, Уссурийск,  
Приморский край, 692539, Россия

#### ABOUT THE AUTHORS

**Polina Mikhailovna Bogdan**,  
Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher  
at the Laboratory of Maize Breeding and Primary Seed Production  
[polina\\_bogdan84@mail.ru](mailto:polina_bogdan84@mail.ru)  
<https://orcid.org/0000-0003-3052-5521>

**Natalya Aleksandrovna Kraskovskaya**,  
Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher  
of the Laboratory of Breeding and Primary Seed Production  
[nat.kraskovskaja@yandex.ru](mailto:nat.kraskovskaja@yandex.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-1639-3916>

**Irina Nikolaevna Danilenko**,  
Junior Researcher of the Laboratory of Selection and Primary Seed  
Production of Corn  
[ira.danilenko.8787@br.ru](mailto:ira.danilenko.8787@br.ru)  
<https://orcid.org/0000-0002-9462-3473>

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East  
named after A.K. Chaika,  
30B Volozhenin Str., Timiryazevsky village, Ussuriysk, Primorsky Krai,  
692539, Russia