

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ЗЕРНА ИМЕНИ П. П. ЛУКЬЯНЕНКО»

На правах рукописи



Новичихин Андрей Петрович

**ОЦЕНКА НОВЫХ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ И ПОЛУЧЕНИЕ
НА ИХ ОСНОВЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ**

Специальность 4.1.2. Селекция, семеноводство
и биотехнология растений

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

Гульняшкин Александр Васильевич,

кандидат сельскохозяйственных наук

Краснодар
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ПРОИСХОЖДЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ (обзор литературы)	11
1.1 Происхождение, особенности культуры.....	11
1.2 Основные направления селекции	16
1.2.1 Инбредная селекция.....	18
1.2.2 Селекция на гетерозис.....	24
1.2.3 Селекция на раннеспелость.....	28
1.2.4 Селекция на быструю отдачу влаги зерном при созревании...	32
1.2.5 Селекция на интродукцию зародышевой плазмы.....	35
1.2.6 Использование экзотических рас кукурузы в селекции.....	40
2 МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	43
2.1 Почвенно-климатические особенности и условия проведения исследования.....	43
2.2 Исходный материал и методика исследования.....	49
3 ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ.....	54
3.1 Классификация линий кукурузы методом кластерного анализа.....	54
3.2 Основные селекционные признаки	59
3.2.1 Период вегетации.....	59
3.2.2 Урожайность зерна.....	64
3.2.3 Высота растений.....	67
3.2.4 Высота прикрепления початка.....	71
3.3 Морфо-биологическая характеристика початка.....	75
3.4 Корреляционный анализ количественных признаков, элементов структуры урожайности	81
3.5 Динамика влагоотдачи зерном при созревании.....	86
4 ОЦЕНКА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕСТИРОВАНИЯ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ.....	93
4.1 Анализ общей комбинационной способности линий по урожайности зерна.....	95
4.2 Анализ специфической комбинационной способности по урожайности зерна.....	102
4.3 Комбинационная способность по уборочной влажности зерна.....	107
4.4 Характеристика основных хозяйственно ценных признаков новых тесткроссов.....	110
4.4.1 Оценка урожайности зерна	110
4.4.2 Уборочная влажность зерна	116
4.5 Оценка экологической пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы.....	120

5 РЕЗУЛЬТАТЫ СОРТОИСПЫТАНИЙ ПРОСТЫХ ГИБРИДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ДИАЛЛЕЛЬНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ.....	132
5.1 Оценка эффектов специфической комбинационной способности простых гибридов.....	132
5.2 Характеристика основных селекционных признаков лучших простых гибридов.....	138
5.3 Корреляционный анализ селекционно ценных признаков у самоопыленных линий и гибридов кукурузы.....	144
5.4 Оценка экономической эффективности внедрения новых гибридов в производство.....	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	154
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА.....	157
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	158
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	159
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	184
Приложение А. Результаты оценки самоопыленных линий.....	185
Приложение Б. Результаты оценки тесткроссов.....	188
Приложение В. Результаты оценки гибридов от диаллельных скрещиваний.....	194
Приложение Г. Акты внедрения результатов диссертационного исследования.....	200
Приложение Д. Выписки из реестра селекционных достижений ФГБУ «Госсорткомиссия» о гибридах кукурузы, полученных с участием соискателя.....	203

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время кукуруза является одной из важнейших мировых хозяйственных культур. Она входит в пятерку лидеров по энергетическим запасам среди сельскохозяйственных растений и занимает одно из первых мест по валовому сбору зерна и приросту посевных площадей. Благодаря полезным свойствам спрос на зерно кукурузы сохраняет стабильно возрастающий рост. Одной из ключевых особенностей кукурузы является ее широкая разносторонность применения: используется как пищевой продукт, как корм для сельскохозяйственных животных, в перерабатывающей промышленности, как источник для производства биоэтанола и биогаза и т.д. Помимо этого кукуруза относится к растениям, практически не дающим отходов [8].

В Российской Федерации за последние десятилетия валовые сборы зерна показывают значительный рост (с 4 млн т в 2009 г. – до 16,6 млн т в 2023 г.), посевные площади кукурузы так же стремительно растут (с 1361,6 тыс га в 2009 г. – до 2863 тыс га в 2022 г.) [130].

Одним из основных поставщиков зерна кукурузы является Краснодарский край, благодаря своим благоприятным климатическим и природным условиям. Однако, в последние годы на юге РФ климатические условия резко изменились в неблагоприятную сторону для выращивания кукурузы. Так, максимальные температуры в основные биологические фазы развития кукурузы стали значительно выше на фоне снижения количества осадков и общей влажности воздуха. Данное обстоятельство требует внедрение в производство раннеспелых гибридов, биологические фазы которых приходятся на более оптимальные погодные условия.

Более того, значительная часть посевов кукурузы в Российской Федерации находится в районах с коротким безморозным периодом, полноценный урожай зерна и качественного силоса в этих регионах можно получить лишь при выращивании раннеспелых гибридов. Для селекции высокогетерозисных раннеспелых гибридов, обладающих набором хозяйственно ценных признаков,

отвечающих требованиям современного производства, необходимо создание нового исходного материала на широкой генетической основе.

Таким образом, учитывая актуальность и высокую значимость данной проблемы, в отделе селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» была проведена данная селекционная работа.

Степень разработанности проблемы. Вопросы по созданию и оценке новых самоопыленных линий для селекции гибридов кукурузы нашли свое отражение в трудах А.В. Гульняшкина (2012), Б.В. Дзюбецкого (2002), П.П. Домашнева (1992), Э.Р. Забирова (1984), В.И. Костюченко (1992), С.И. Мустяца (2003), С.Н. Новоселова (1995), Н.А. Орлянского (2004), В.К. Савченко (1973), Е.М. Салфетникова (2011), В.С. Сотченко (1992), А.И. Супрунова (2012), Т.С. Чалык (1985), М.В. Чумак (1999), Г.Е. Шмараева (1999), Р.У. Югенхеймера (1979), Lindstrom E.W. (1921), Russell W.A. (1992), East E.M. (начало XX века), Shull G.H. (1900-е), West D.R. (1900-е) и др., где отмечены наиболее актуальные теоретические и методологические аспекты по инбредной селекции кукурузы. В них уделялось большое внимания проблемам создания и оценке самоопыленных линий кукурузы с учетом особенностей регионов РФ.

В последние годы было проведено значительное количество исследований и разработаны программы селекции кукурузы на раннеспелость. Важные аспекты селекции исходного материала кукурузы на раннеспелость отражены в работах Н.И. Вавилова (1966), Г.Г. Голевой (1999), А. В. Гульняшкина (2024), Х.Т. Дзедаева (2020), Б.В. Дзюбецкого (2002), П.П. Домашнева (1992), А.В. Дронова (2018), С.И. Мустяца (2003), О.С. Носко (2022), Н.А. Орлянского (1999), О.Н. Панфиловой (2018), Д.С. Перевязка (2021), А.И. Супрунова (2019), Г.Е. Шмараева (1975), В.С. Щербака (1984), Р.У. Югенхеймера (1979) и других авторов. Исследованиями установлено, что ряд морфологических признаков, таких как число листьев и побурение оберток початков, могут характеризовать скороспелость, однако они зависят от условий среды. Значительное внимание уделяется влажности зерна при уборке, поскольку этот показатель тесно связан с раннеспелостью и удобством в постобработке урожая.

Селекция кукурузы на быструю отдачу влаги зерном при созревании имеет большое значение для сельскохозяйственного производства, так как позволяет снизить затраты на сушку урожая и улучшить условия хранения зерна. Исследования по улучшению этого показателя активно развиваются с середины прошлого века и остаются актуальными в современных селекционных программах. Вопросом быстрой отдачи влаги зерном при созревании занимались большое количество исследователей. И.Н. Аммосов (2021), Т. Георгиев (1980), П.П. Домашнева, Б.В. Дзюбецкого и В.И. Костюченко (1992), О.В. Божко (2017), А.В. Гульняшкин (2020), А.Д. Замятин (2018), Е.Д. Иванова (2017), А.С. Игнатьев (2011), С.В. Исакова (2023), П.Ф. Ключко (1982), К.Е. Овчаров (1976), А.Э. Панфилов (2018), В.С. Сотченко (2021), А.И. Супрунов (2019), С.Н. Чистяков (2013), Brooking Ian R. (1990), Fan L.F. (2021), Jafari A. (2022), Mousavi S.N. (2018), W. Li (2021) и другие ученые, которые провели комплексные исследования по наследуемости признака влагоотдачи, установили роль специфической и общей комбинационной способности в селекции этого признака и показали возможность использования топкроссных и диаллельных скрещиваний для оценки селекционного материала. Особое внимание уделяется поиску таких линий, которые не только обладают способностью быстро терять влагу при созревании, но и демонстрируют высокую продуктивность.

Цель исследования: провести сравнительное изучение и оценку нового исходного материала для селекции раннеспелых гибридов кукурузы с потенциально высокой урожайностью и низкой уборочной влажностью зерна.

В ходе исследования решали следующие задачи.

1. С участием новых самоопыленных линий провести гибридизацию в системе топкроссных и диаллельных скрещиваний, и по результатам испытания полученных гибридов определить их ОКС и СКС.
2. Выявить биометрические характеристики новых линий и полученных тесткроссов.
3. Методом кластерного анализа провести идентификацию линий на их принадлежность к гетерозисной группе зародышевой плазмы;

4. Оценить экологическую пластичность и стабильность выделившихся гибридов кукурузы.

5. Установить корреляционные связи между урожайностью зерна и основными хозяйственно ценными признаками у полученных гибридов;

6. Изучить динамику снижения уборочной влажности зерна выделившихся линий кукурузы при созревании.

7. Определить экономическую эффективность выращивания новых гибридов кукурузы.

Научная новизна диссертационного исследования. При селекции раннеспелых гибридов кукурузы зернового типа впервые в условиях Краснодарского края проведена всесторонняя оценка принципиально нового исходного материала – инбредных линий кукурузы, обладающих набором хозяйственно ценных признаков, в том числе по особенности влагоотдачи зерном (48 линий).

С участием новых линий созданы тесткроссные гибриды кукурузы (178 гибридов), испытанные в контрольном питомнике ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», показавшие высокую продуктивность, низкую уборочную влажность зерна и устойчивостью к стрессовым факторам среды.

В ходе диаллельных скрещиваний, на основе анализа СКС, созданы новые простые гибриды, которые являются перспективным генетическим материалом для селекционных программ по созданию нового исходного материала с высокой урожайностью и низкой уборочной влажностью зерна.

Созданные с участием диссертанта гибриды кукурузы Ладожский 202, Ладожский 251 (2022 г.), а также гибриды ЛД 2003 и ЛД 5888 (2023 г.) внесены в госреестр Российской Федерации, и допущены к использованию в Центральном, Волго-Вятском, ЦЧО, Нижневолжском, Дальневосточном, Северо-Кавказском, Средневолжском и Уральском регионах (Приложения Д).

Теоретическая и практическая значимость работы. В процессе всесторонней оценки по селекционным и морфо-биологическим признакам нового исходного материала кукурузы выделены перспективные инбредные линии (6

линий), характеризующиеся высокой общей (Лн0713 (6,2; 10,1; 6,4), Лн0720 (8,5; 10,2; 3,8), Лн0693 (4,1; 5,6; 1,6), Лн0626 (7,7; 20,3; 18,9), Лн0613 (5,9; 9,0; 14,7), Лн0685 (7,5; 18,8; 5,0) и специфической комбинационной способностью (Лн0713 (1,7; 82,1; 187,4), Лн0693 (3,3; 36,8; 64,8), Лн0626 (38,3; 199,2; 24,9), Лн0613 (88,3; 259,1; 2,2), Лн0685 (6,0; 5,6; 140,8)), которые имеют практическое значение для создания на их основе высокогетерозисных гибридов кукурузы, приспособленных к условиям Северо-Кавказского региона.

Весь набор новых инбредных линий (48 линий) включен в систему топкроссных скрещиваний. На их основе созданы новые раннеспелые (ФАО 100–199) высокоурожайные (178 гибрида) трехлинейные гибриды, лучшие из которых (8 гибридов) по результатам проведенного экологического испытания рекомендуется передать в госсоортоиспытание.

Испытание линий, проведенное в диаллельных скрещиваниях для оценки специфической комбинационной способности, позволило выделить гетерозисные пары линий с высокими эффектами СКС по признаку «урожайность зерна»: Лн0357 × Лн0685 (39,6; 24,2), Лн008 × Лн0681 (36,9; 13,6), Лн0228 × Лн0681 (36,2; 30,4), Лн0681 × Лн0718 (36,1; 11,8), Лн0718 × Лн0480 (33,7; 19,5), Лн0720 × Лн003 (26,5; 15,9), Лн0480 × Лн003 (25,2; 19,5) – представляющие собой перспективный генетический материал для дальнейших селекционных программ по созданию нового исходного материала с высокой урожайностью и низкой уборочной влажностью зерна.

Лучшие по комплексу признаков 12 линий, 8 тесткроссов и 2 простых гибрида переданы в рабочую коллекцию отдела селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», для дальнейшего использования при селекции культуры в Северо-Кавказском регионе.

Гибриды кукурузы Ладожский 202, Ладожский 251 (2022 г.), ЛД 2003 и ЛД 5888 (2023 г.), внесенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации и допущенные к использованию, полученные с участием диссертанта, реомендовать для производственных посевов в Центральном, Волго-Вятском,

Центрально-Черноземном, Нижневолжском, Дальневосточном, Северо-Кавказском, Средневолжском и Уральском регионах.

Методология и методы исследования. Диссертационная работа выполнена с применением лабораторных и полевых методов. Опыты по оценке и исследованию новых линий и гибридов кукурузы были проведены по методике полевых опытов, принятых во ВНИИ кукурузы, с учетом принятой для данной зоны технологии возделывания с использованием методических указаний по изучению и поддержанию образцов коллекции сельскохозяйственных культур [93]. Полученные данные проходили статистическую обработку в Microsoft Excel, а также с использованием специализированных компьютерных программ Statistica и пакета новых программ статистического и биометрико-генетического анализа в растениеводстве и селекции AGROS.

Положения, выносимые на защиту.

1. Результаты оценки нового исходного материала – инбредных линий кукурузы, их биометрические и генетические характеристики для использования при создании высокоурожайных, гетерозисных гибридов.
2. Характеристика новых инбредных линий по основным селекционным показателям, проведенная в системе топкроссных скрещиваний, позволившая выделить лучшие для гетерозисной селекции культуры в регионе.
3. Проведенная оценка общей и специфической комбинационной способности линейного материала по основным хозяйственно ценным признакам, позволила выявить гибриды с высоким эффектом гетерозиса по урожайности и уборочной влажности зерна.
4. Гибриды с показателем b_i близким к 1 являются наиболее стабильными и адаптивными, демонстрируют высокую урожайность и гибкость к изменениям агроклиматических условий.
5. Установленная экономическая эффективность новых гибридов, подтвердившая рентабельность их выращивания, позволяет рекомендовать их для передачи в Госсортоиспытание.

Степень достоверности и апробация результатов. Соискателем с использованием современных методов выполнен большой объем исследований по скрещиванию линий с целью получения новых гибридов кукурузы, а также проведены работы по сортоиспытанию полученных гибридов в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Большой объем цифровых данных подтверждает достоверность полученных результатов использованием различных статистических методов с применением компьютерных программ. Полученные результаты имеют высокую статистическую достоверность. По результатам проведенного исследования приведены обоснованные выводы и рекомендации для селекционной практики.

Основные положения и результаты исследования прозвучали в докладах на заседаниях методической комиссии отдела селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», на международных и всероссийских научно-практических конференциях: Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых (г. Краснодар, КубГАУ, 2015 и 2016 гг.); Международных научно-практических конференциях (Персиановский ДонГАУ, 2018 г.); (г. Краснодар, ВНИИ риса, 2018 г.).

Публикация результатов исследования. Основные положения диссертации опубликованы в 16 научных статьях, в том числе 7 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад соискателя. Диссертантом проведены разработки селекционных программ, планирование исследования и непосредственное его проведение, сбор аналитических данных в полевых условиях и их последующая статистическая обработка, публикация научных статей, написание диссертационной работы и автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 210 страницах, выполнена в компьютерном наборе и состоит из введения, пяти глав, заключения, предложений для селекции, списка использованной литературы и приложений. Экспериментальные данные представлены в 67 таблицах, 27 рисунках и 5 приложениях. Список литературы включает 240 наименований, в том числе 68 иностранных.

1 ПРОИСХОЖДЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ (обзор литературы)

1.1 Происхождение и описание

Кукуруза (*Zea mays* L.) – одно из хозяйственно-важных растений, происходящих из Америки. Самые ранние записи в истории кукурузы известны только после открытия Америки. По-видимому, первое письменное упоминание об этом растении датируется 5 ноября 1492 г. В этот день два испанца, посланные Колумбом во внутренние районы Кубы, возвратились с сообщением о «соре зерна, именуемом маис, которое имеет приятный вкус при обжарке, высушивании и идущем для изготовления муки». В Америке, когда она была открыта Колумбом, выращивалась зубовидная, крахмалистая, сахарная, кремнистая и лопающаяся кукуруза. Позже эта культура распространилась по всему миру [25, 31, 186].

Кукуруза – однодомное, однолетнее, перекрестноопыляемое растение; высокорослое (некоторые формы достигают высоты более 5 м, хотя некоторые ученые считают, что это результат фотопериодической реакции на длину дня), одностебельное, реже кустящееся.

Корневое пространство чрезвычайно обширное, что позволяет поднимать воду с глубины около 2,5 м.

Стебель прямой, цилиндрический, заполнен губчатой паренхимной тканью. На стебле имеются междоузлия. Окраска стебля самая разнообразная.

Листья широкие, лентовидной формы, очередные. Листовое влагалище открытое, с язычком.

Мужское соцветие – метелка, состоит из множества парных колосков, расположенных вдоль ветвей метелки. Один из пары колосков на удлиненной ножке, другой – сидячий. В зависимости от генотипа, пыльца жизнеспособна от нескольких часов до нескольких дней.

Женское соцветие – початок, формируется в пазухах листьев. На оси (стержне) початка вертикальными рядками расположены колоски с женскими цветками. Колоски двухцветковые, однако, из них развивается лишь один

верхний, при обрывании верхнего початка получает толчок к развитию второй початок. Завязь верхняя, сидячая, одногнездная, с одной семяпочкой. Столбик очень длинный, нитевидный, на верхушке с двухлопастным рыльцем. Если завязь не оплодотворена, столбик растет и может достигать длины около полутора метров. Плод зерновка, разной величины, формы и окраски [167].

Родственные кукурузе растения были рассмотрены Jenkins M.T. [200], Mangelsdorf P.C. [207]. Кукуруза – это травянистое растение, принадлежащее к большому и важному семейству злаковых. Она принадлежит к трибусу *Maydeae*, которое включает восемь родов. Пять из них имеют восточное происхождение и не представляют особой сельскохозяйственной ценности: *Coix*, *Schlerachne*, *Polytoca*, *Chlnonachne*, *Trilobachne*. Территория произрастания этих родов простирается от Индии и Бирмы через Ост-Индию до Австралии. Самый распространенный род в этой группе – *Coix*. Три американских рода: *Zea* – имеющий наибольшую сельскохозяйственную значимость; *Tripsacum*, имеющий некоторую ценность как кормовая культура, но не как зерновая; *Euchlaena* (теосинте), который, по всей видимости, является ближайшим диким родственником кукурузы. Род *Zea* представлен единственным видом *Zea mays* – кукурузой. Его сельскохозяйственные группы: зубовидная, лопающаяся, мучнистая, кремнистая, сахарная и восковидная кукуруза [210, 220]. Каждая группа может быть значительно модифицирована путем селекции. *Tripsacum* встречается в районах от Мексики до Бразилии, а также в восточной и западной частях Соединенных Штатов. Диплоидная форма трипсакума содержит 18 пар хромосом, а тетраплоидная форма – 36 пар. Это растение, вероятно, никогда не использовалось в пищу индейцами, но оно имеет некоторую ценность как кормовая культура. *Euchlaena*, или теосинте, встречается в Мексике и Гватемале. Однолетняя форма, как и кукуруза, имеет 10 пар хромосом и является наиболее распространенной [185, 219]. Многолетнее теосинте имеет 20 пар хромосом и встречается в немногочисленных районах Мексики. Однолетняя форма теосинте используется как кормовое растение. Wilkes H.G. [237] указал, что теосинте и *Tripsacum* имеют большое значение для понимания эволюции при

окультуривании кукурузы, самого важного пищевого растения в Новом Свете. *Tripsacum* можно скрещивать с кукурузой в экспериментальных условиях, а теосинте скрещивается с ней и в естественных условиях. Wilkes H.G. считает, что большую часть гибридной силы кукурузы можно отнести к интрогрессивной гибридизации с теосинте. Он выразил беспокойство по поводу генетической эрозии теосинте [238].

Ближайший родственник кукурузы – теосинте, становится все более важным для современного понимания происхождения и эволюции одомашнивания кукурузы. В настоящее время теосинте постепенно исчезает из районов, где он скрещивался с кукурузой на протяжении двух тысячелетий. Важность исчезновения этих естественных популяций теосинте очень высока, как с точки зрения потери зародышевой плазмы, так и с точки зрения будущей интрогрессии, поскольку это предотвратит внедрение посторонней зародышевой плазмы в местные сорта (расы) кукурузы, производство которых сильно зависит от гибридной силы. Теосинте ($2n = 20$) – очень изменчивое дикорастущее растение в Мексике и Центральной Америке, легко скрещиваемое с кукурузой ($2n = 20$). Теосинте и кукуруза – это перекрестно и ветроопыляемые растения. Гибриды F_1 теосинте с кукурузой являются мощными и плодовитыми и, по крайней мере 17 из 25 мексиканских рас кукурузы, показали последовательную интрогрессию теосинте в результате возвратного скрещивания с кукурузой [235]. Wilkes H.G. [238] также отметил, что кукуруза и теосинте очень похожи по внешнему виду. Цветки тычинок почти идентичны и собраны в метелки, а пестиковые цветки прикрыты оболочкой и расположены в пазухах листьев. Наиболее надежным показателем различия этих двух видов является женское соцветие: двухрядный колос у теосинте и многорядный початок у кукурузы. Теосинте также отличается от кукурузы тем, что его семена распространяются как отдельные осевые сегменты распадающегося колоса. Способность к распространению семян, отсутствующая у кукурузы, характеризует теосинте как дикорастущее растение.

Общепринято считать, что кукурузу делят на семь групп, отличающихся по структуре эндосперма, включая зубовидную, кремнистую, сахарную, крахмалистую, лопающуюся, восковидную и пленчатую кукурузу. Данная классификация является искусственной и не указывает на естественные связи.

Зубовидная кукуруза наиболее широко распространена в США. Отличительным признаком данной группы является небольшое углубление на верхушке эндосперма в виде «конского зуба». Роговидный крахмал расположен в боковых сторонах семени, мягкий крахмал – в верхней части. Характерные зубцы возникают в результате быстрого высыхания и сжатия мягкого крахмала в зерне. Зубовидная кукуруза из кукурузного пояса Соединенных Штатов происходит из смеси разновидностей северных кремнистых сортов и южных зубовидных форм кукурузы [25, 210].

Кремнистая форма кукурузы относительно широко распространена в Европе, Азии, Центральной Америке и Южной Америке. В доисторические и колониальные времена она выращивалась в Соединенных Штатах более широко, чем сегодня. В целом зерна кремнистой кукурузы твердые и гладкие и содержат мало мягкого крахмала. Однако соотношение количества мягкого и роговидного крахмала у разных сортов неодинаково. В зонах с умеренным климатом кремнистая кукуруза созревает раньше, лучше прорастает, дает более продуктивные растения и имеет больше побегов, чем зубовидная кукуруза. Колумб и его последователи высадились в странах, где широко выращивали кремнистую кукурузу. В связи с чем можно сделать вывод, что первой формой кукурузы, которую увидели европейцы, вероятно, была кремнистая [40, 127, 175].

Зерна незрелой сахарной кукурузы полупрозрачные и роговидные, а зрелые – морщинистые. Сахарная кукуруза выращивается в основном в США. Она отличается от зубовидной кукурузы только одним рецессивным геном (*su*), который предотвращает преобразование части сахара в крахмал. В настоящее время в южной части США выращивается большое количество сахарной кукурузы несмотря на то, что ранее она выращивалась лишь в северных районах [193].

Крахмалистая кукуруза выращивалась в засушливых районах Соединенных Штатов, а также в Андах, в Южной Америке. Данный тип кукурузы является

одной из древнейших форм кукурузы, выращивалась еще древними ацтеками и инками. Ее зерна по большей части состоят из мягкого крахмала и использовалась коренным населением для приготовления муки [202].

Лопаящаяся кукуруза является подвидом кремнистой, а ее эндосперм содержит лишь небольшое количество мягкого крахмала. По сравнению с зубовидной, площадь под лопающейся кукурузой относительно мала. В Соединенных Штатах лопающейся кукурузой засеяно примерно 0,1% от общей площади. Эта культура в основном используется в пищу людьми в виде «взорванных» воздушных зерен и является основой для приготовления сладостей из воздушной кукурузы. Способность лопаться связана с роговидным эндоспермом, в котором зерна крахмала покрыты плотным эластичным коллоидным материалом, который ограничивает давление водяного пара до достижения в процессе нагревания достаточной силы, чтобы произошел «взрыв».

Восковидная кукуруза получила свое название из-за воскообразного вида зерен. Первоначальным источником гена восковидности был Китай, но мутации восковидности уже наблюдались и в американских линиях зубовидной кукурузы. Гибриды восковидной кукурузы, созданные в Соединенных Штатах, в настоящее время занимают небольшие промышленные районы для производства особого типа крахмала [194].

Пленчатая кукуруза — это необычный тип кукурузы, в котором каждое зерно обернуто пленкой. Початок также покрыт листовой пленкой, как и у других подвидов кукурузы. Пленчатая кукуруза в промышленных масштабах не выращивается, но она представляет значительный интерес для изучения происхождения кукурузы [188].

Мировое производство кукурузы в настоящее время превышает 1 миллиард тонн. В период с 1993 по 2013 гг. мировое производство кукурузы увеличилось примерно на 530 млн т, что составляет 100% прирост мировых запасов. Более 50% всех посевных площадей кукурузы в мире расположено в Латинской Америке, Африке, а также в Южной и Юго-Западной Азии [224].

1.2 Основные направления селекции

Повышение урожайности зерна остается одной из наиболее важных задач в селекции кукурузы. Современные гибриды превосходят по урожаю сорта свободного опыления примерно на 60–80%. Это следует считать в большей степени результатом эффекта гетерозиса [47].

Селекция гибридной кукурузы была начата в 1900-х г. благодаря работам Shull G.H., West D.R. и других ученых. Но первые попытки примитивной селекции были предприняты американцами задолго до того, как европейские поселенцы начали селиться в Новом Свете.

В своем исследовании гибридной селекции Shull G.H. заявил: «... цель создателя не в том, чтобы найти лучшую чистую линию, а в том, чтобы найти лучшую гибридную комбинацию». Предложение Shull не было немедленно принято из-за опасений по поводу рентабельности производства гибридных семян F1. Эти опасения были опровергнуты Johnson A.G., который предложил использовать более сложные типы скрещиваний вместо простых, как предлагал Shull G.H. Таким образом, в 1920 г. были заложены основы производства и выращивания гибридной кукурузы. В течение 1920-х г. Министерство сельского хозяйства США и правительственные сельскохозяйственные экспериментальные станции начали использовать программы по кукурузе для разработки и тестирования инбредных и гибридных сортов. Компаниям и исследователям Shull G. ответил: «Меня беспокоит не успех методов чистых линий, которые я описал, а то, что на каждом селекционном участке в регионе выращивания кукурузы необходимо провести исследование, чтобы определить, какой метод самый лучший» [195].

Оценка комбинационной способности линий при их получении стандартным методом обычно начинается с 3-го – 4-го поколения. Однако изучение линий на комбинаторную способность в ранних поколениях инбридинга позволяет идентифицировать высокопотенциальные гетерозисные комбинации. Использование этой техники позволяет значительно ускорить процесс создания

высокопродуктивных гибридов. Эффективность работы во многом зависит от выбора подходящего тестера. Поскольку тестеры являются основными компонентами будущих гибридов, они должны обладать высокой комбинационной способностью, урожайностью и устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды [144, 132].

Впоследствии простые и двойные гибриды с высокой продуктивностью стали использоваться для создания новых самоопыленных линий с высокими ОКС и СКС.

Типы гибридов зависят от числа и сочетания родительских инбредных линий (Таблица 1).

Таблица 1 – Типы гибридов (цит. по Р.У. Югенхеймеру) [171].

Тип гибридов	Родословная
Сортолинейные	(A) × свободноопыляющийся сорт (A × B) × свободноопыляющийся сорт
Простые	(A × B)
Модифицированные простые	(A × A') × (B)
Гибриды сестринских линий	(A × A') × (B × B')
Трехлинейные	(A × B) × C
Модифицированные трехлинейные	(A × B) × (C × C')
Двойные	(A × B) × (C × D)
Двойные беккросные	[(A × B) × A] × [(C × D) × C]
Двойные с одним беккроссом	[(A × B)] × [(C × D) × C]
Множественные	[(A × B) × (C × D)] × [(E × F) × (G × H)]
Синтетики или гибридные популяции	Совокупность многих линий

Современные гибриды отличаются хорошим качеством и вполне удовлетворительны по многим хозяйственным признакам. Однако, широкое внедрение гибридов кукурузы в производство и отбор линий на комбинационную способность постоянно уменьшает генетическое разнообразие используемых линий, что часто сопровождается возрастанием уязвимости вида. По оценке специалистов, лишь 3–8% огромного разнообразия признаков и свойств от всего генофонда кукурузы затронуто современным селекционным процессом [44, 211].

Нет сомнения, что взято самое лучшее, однако, в оставшихся 96% найдется что-нибудь, способное привлечь селекционеров.

Большинство современных гибридов, возделываемых в кукурузном поясе США, получено из таких сортов как Желтая зубовидная Рейде, Круг, Остерлэнд, Голден Глоу, Миннесота 13, и т. д. Другими словами, первоначальной их основой был материал, районированный в кукурузном поясе. В наши дни в современные гибриды включены многие хозяйственно-ценные признаки, обнаруженные в этих сортах [175].

Основная задача селекции современных гибридов направлена на повышение урожайности зерна, которая осуществляется путем отбора по отдельным признакам, влияющим на формирование урожая, таких как длина початка, количество зерен в ряду, масса зерна и т.д. Один путь получения более урожайных растений заключается в нахождении возможности увеличить число зерен в початке, сохраняя при этом массу зерна. Другой — это сохранение имеющегося в числа зерен в початке и увеличение их массы. Но основным положением в селекции было создание материала, обладающего всеми основными признаками [79, 136, 168].

1.2.1 Инбредная селекция

Селекционная работа по улучшению и созданию новых сортов открытого опыления началась в конце 1800-х начале 1900-х гг., до того, как началось развитие инбредных линий. Эти работы включали гибридизацию сортов, массовый отбор и селекцию по индивидуальным признакам. Но несмотря на то, что некоторые сорта давали большее количество родительских форм, массового распространения эти работы не получили [223, 159].

Инбредная селекция кукурузы начала быстрое развитие после окончания Второй мировой войны. Кукуруза оказалась весьма гибкой культурой, поддающейся отбору, в связи с чем был достигнут прогресс в создании сортов, адаптированных к условиям в областях, где ранее кукуруза вообще не

выращивалась, либо давала очень низкие урожаи. Прекрасным примером является колоссальная экспансия в некоторые европейские страны, ставшая возможной благодаря отбору более ранних, лучше адаптированных сортов, которые удавалось успешно выращивать в районах, где это нельзя было сделать 40 лет назад [189].

Некоторые инбредные разработки и оценки исходного материала проводились в нескольких европейских странах до 1940 г., а после 1945 г. такие программы были значительно расширены. В первый период этого расширения оценивались материалы из США, а также использовались некоторые гибриды США. Впоследствии были разработаны европейские и американские гибридные комбинации линий, которые помогли значительно расширить площади выращивания кукурузы и были способны давать более высокие урожаи [196]. Европейские линии обладали устойчивостью к пониженной температуре и были адаптированы к более ранним срокам созревания, а линии из США имели повышенную урожайность и устойчивость к болезням. Эти комбинации позволили распространить гибриды кукурузы по большой территории Центральной Европы. Во Франции, например, посевные площади увеличились более чем в пять раз с довоенного периода (до Второй мировой войны). И сейчас Франция является одним из ведущих производителей кукурузы в Европе. Таким образом, кукуруза стала самой важной кормовой культурой в южной и центральной Европе, а также занимает второе место после пшеницы по общему объему производства среди зерновых культур в мире [209].

Инбредная селекция — это наиболее широко используемый метод создания чистых линий используемых в качестве родительских форм для получения высокопродуктивных гибридов. Популяции, методы отбора и признаки, по которым ведется отбор, менялись со временем, но основные принципы селекции чистых линий используются в настоящее время. Первоначально линейная селекция велась на местных сортах открытого опыления, которые были адаптированы к местным условиям. Наиболее ценные инбредные линии (например, L317, L289, 1205, Os420, WF9 и т. д.) были выведены из местных сортов, но вскоре стало

очевидно, что линии, полученные из одних и тех же сортов, имеют низкую продуктивность. Логическим продолжением было скрещивание пар ценных инбредных линий, дополняющих друг друга по признакам, получение поколения F_2 и отбор родительских форм из этих популяций [44].

Инбридинг, или близкородственное скрещивание, является процессом, в результате которого популяция разделяется на множество различных линий, которые отличаются друг от друга и являются гомозиготными по большинству аллелей. В процессе инбридинга родственные организмы скрещиваются между собой, что позволяет усилить наследование определенных генетических характеристик.

Данный процесс ведет к созданию стабильных, гомозиготных линий, каждая из которых содержит разные комбинации аллелей. Благодаря этому в результате инбридинга формируется селекционный материал с более предсказуемыми и устойчивыми генетическими характеристиками, что может быть полезно для селекционных целей [173].

Независимые друг от друга исследования, проведенные East E.M. и Shull G. H. в начале XX в., а также последующие работы других ученых, позволили накопить огромное количество информации о процессе инбридинга кукурузы [195].

Для оценки степени инбридинга используется коэффициент инбридинга, обозначаемый как F . Этот коэффициент позволяет определить вероятность того, что две аллели определенного гена в организме идентичны по происхождению и были унаследованы от общего предка. Более высокое значение коэффициента F указывает на более тесное родство организмов и более выраженный инбридинг в популяции кукурузы.

$$F = (0,5) n, \quad (1)$$

где n – число особей в линии родословной, идущей от инбредного потомка к общему предку и обратно [173, 63].

В первых поколениях после начала инбридинга в популяции кукурузы наблюдаются различные негативные качественные признаки. Один из наиболее распространенных недостатков, связанных с инбридингом, – недостаточность хлорофилла. Это может проявляться как в маленьких участках листьев, так и на

всем растениям в целом. Кроме того, при инбридинге могут возникать и другие признаки, такие как дефекты эндосперма, образование семян в метелке и повышенная уязвимость к болезням, таким как головня, ржавчина и гельминтоспориоз. Однако стоит отметить, что большинство из этих признаков уже были известны селекционерам кукурузы до проведения инбридинга. Процесс инбридинга лишь увеличивает частоту проявления этих признаков [204].

Вторым значимым результатом инбридинга кукурузы является развитие однородных линий, которые достигаются путем увеличения уровня гомозиготности. Это приводит к появлению линий, которые оказываются однородными по таким важным признакам, как высота растений, сроки выброса пыльников в процессе цветения и внешний вид початков [124].

Третья характеристика инбридинга, которая является важной для селекционеров — это уменьшение жизнеспособности и сопутствующее снижение продуктивности растений. При инбридинге уровень гомозиготности растений увеличивается, что может приводить к негативным эффектам на здоровье и продуктивность растений. По мере продолжения инбридинга растения становятся менее жизнеспособными и их урожайность снижается, даже если размеры растений не уменьшаются дальше. Jones D.F. провел исследование по изучению влияния инбридинга на высоту растений и урожайность в трех инбредных линиях кукурузы в течение 30 поколений. Измерения были сделаны с интервалом в пять лет. За первые пять поколений высота растений снизилась с 304,8 см до 203,2 см. Однако, в течение следующих 25 поколений высота растений оставалась примерно на том же уровне. В данном периоде наблюдались лишь незначительное варьирование высоты между линиями, а также некоторые колебания внутри каждой линии. Изучение трех инбредных линий кукурузы показало, что урожайность двух из них снизилась с 50,8 до 25,4 ц/га. Однако, урожайность третьей линии снизилась до этого уровня только к десятому г. инбридинга. С течением времени, через 20 лет, урожайность всех линий упала до 12,7 ц/га, но на протяжении следующих 10 лет, лучшая линия не демонстрировала дальнейшего снижения урожайности. В то же время две другие линии, хоть и в меньшей степени, все еще продолжали снижать

урожайность. Эта реакция на инбридинг является характерной чертой всех программ по селекции кукурузы [195].

Основным методом получения инбредных линий является самоопыление свободно опыляемых форм. Исходным материалом в данной работе могут служить гибриды или популяции [88].

Получение инбредных линий было не очень эффективным методом. Гибриды кукурузы, производимые во всем мире, связаны с относительно небольшим количеством инбредных линий, которые дали миллионы гибридных комбинаций. Но с каждым годом становится все труднее создавать сорта, которые определенно превосходят по всем характеристикам лучшие из существующих, поскольку игнорировались методы улучшения селекционных популяций [89].

Lindstrom E. W. [205] предположил, что по крайней мере четыре фактора не позволяют получить чрезвычайно продуктивные линии: большое количество генов; непредвиденное влияние внешней среды в программах отбора; сложное и запутанное взаимодействие генов; отсутствие методик по выделению этих линий. Большинство используемых в настоящее время инбредных линий были выведены путем отбора внутри и среди самоопыленных линий. Для этого использовались такие методы как стандартный и гнездовой.

Стандартный метод получения инбредных линий заключается в отборе растений в период инбридинга на основе внешнего вида растений в ряду, выращенных с одного початка. Этот метод оказался одним из наиболее эффективных для производства инбредных линий [177, 160].

В первый год самоопыляются несколько сотен или более растений, выбранных из желаемых свободно опыляемых, синтетических или гибридных сортов. Неудовлетворяющие по внешним показателям растения, а также пораженные вредителями и болезнями, подвергаются браковке.

На второй год из каждого самоопыляемого початка выращивают по 10–30 растений в ряду. В каждом ряду самоопыляются 3–5 растений, наиболее отвечающих селекционным требованиям. Отбор проводится как среди потомства

с разных початков, так и среди потомства с одного початка. Из каждого выбранного ряда собирают початки с 1–3 лучших растений.

На третий год от одного до трех початков из каждой выбранной семьи сеют отдельными рядами. Лучшие по внешним признакам растения самоопыляют. В каждой семье выбирается лучшая линия. 1–3 лучших початка с желаемых растений в выбранном ряду сохраняют. Эту технику повторяют до тех пор, пока каждая линия не станет гомозиготной (5–7 лет).

С генетической точки зрения очевидно, что в процессе инбридинга гетерозиготного гибрида F1 осуществляется расщепление. Иными словами, возникает и преобразуется генетическое разнообразие. Оценить это разнообразие можно наиболее точно лишь с использованием генетических методов, то есть за счёт генетического анализа по отдельным признакам. Но существует и эффективный косвенный подход. Он основан на фундаментальном положении генетики о связи генетической структуры популяций с системой фенотипических корреляций признаков. Это положение в начале 30-х годов было развито Ю. А. Филипченко [155] по итогам детальных исследований искусственных популяций мягких пшениц.

Такие методики как отбор гамет, обратное скрещивание и конвергентное улучшение могут использоваться для улучшения уже имеющихся инбредных линий [43].

Бэкроссинг (обратное скрещивание) — это скрещивание гибрида с одним из его родителей. Метод обратного скрещивания особенно полезен при передаче одной или двух характеристик, унаследованных от одного родителя к другому, который постоянно используется в таких скрещиваниях. Этот родитель обычно является удовлетворительной по многим показателям чистой линией, которая, однако, не удовлетворяет селекционера по одному или нескольким признакам. Таким образом, инбредная линия, нуждающаяся в улучшении, повторно используется в обратном скрещивании, в то время как другой родитель передает ей желаемые признаки. Для закрепления доминирующего генотипа используется самоопыление. Если желаемый признак рецессивен, обратное скрещивание с

другим родителем и самоопыление позволяют определить этот признак до следующего обратного скрещивания [135].

Успеху обратного скрещивания может препятствовать сцепленность генов.

Если скрещиваемые линии растут рядом и пространственно изолированы от других посевов кукурузы, для кастрации и скрещивания достаточно удалить на растениях материнского сорта мужские метелки. Перекрестное опыление осуществляется благодаря переносу ветром пыльцы с расположенного рядом отцовского сорта.

Если же вблизи расположены другие посевы кукурузы, то до начала цветения необходимо изолировать початки материнской и метелки отцовской линий. Перед самым появлением нитей рылец на початках материнского сорта срезают концы листьев обертки початка (примерно на 2 см) через 1–3 дня, когда длина появившихся из обертки початка нитей рылец достигнет нескольких сантиметров, их снова срезают, чтобы затем можно было равномерно произвести опыление. Пыльцу получают из изолированной метелки отцовского сорта и наносят на рыльца материнского сорта, после чего початки снова изолируют. Или же срезанную метелку мужского сорта вносят под изолятор для более приближенного к естественному опыления. В увлажненной зоне через 10–12 дней изоляторы снимают, а в засушливой зоне их можно оставить до уборки [196, 189].

1.2.2 Селекция на гетерозис

Селекция кукурузы основана на создании и оценке новых линий, которые затем используются для получения гибридов с высоким уровнем гетерозиса. Одним из ключевых показателей, влияющих на успех этой работы, является комбинационная способность линий, которая подразделяется на общую (ОКС) и специфическую (СКС). Общая комбинационная способность (ОКС) отражает способность линии формировать высокопродуктивные гибриды независимо от партнера по скрещиванию. Этот показатель крайне важен для отбора перспективных линий, которые могут стать родительскими формами в гибридной селекции [1, 55, 81].

Комбинационная способность определяется по результатам различных методов скрещивания. Наиболее распространенными являются топкроссные и диаллельные скрещивания, позволяющие получить информацию о потенциале линий для передачи важных признаков следующим поколениям. В частности, топкроссный метод широко применяется благодаря своей простоте и высокой информативности. В ходе таких исследований оцениваются различные хозяйственно ценные признаки, среди которых наиболее важным является урожайность зерна, а также уборочная влажность, устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам [3, 6, 215].

В последние годы особое внимание уделяется созданию линий, которые не только демонстрируют высокую общую комбинационную способность, но и имеют устойчивые показатели при различных условиях среды. Это позволяет селекционерам более точно предсказывать поведение гибридов в разных агроэкологических зонах и обеспечивать их стабильную продуктивность [7, 77].

Например, выделение линий с высокой ОКС по урожайности и стабильными показателями СКС по влажности зерна является важным шагом на пути к созданию высокопродуктивных и устойчивых гибридов кукурузы, пригодных для различных климатических условий. Одной из ключевых задач селекции кукурузы является создание гибридов, способных сочетать в себе высокую урожайность и оптимальные технологические параметры, такие как быстрая потеря влаги зерном при созревании. Важно отметить, что линии с высокой общей комбинационной способностью по одному признаку, как правило, оказываются перспективными для включения в программы селекции и по другим важным признакам, таким как устойчивость к стрессам или улучшенные качества зерна [12, 65, 73, 108].

Научные исследования подтверждают, что использование родительских форм с высокой комбинационной способностью позволяет значительно повысить эффективность селекционного процесса. Это особенно актуально для регионов с ограниченными ресурсами, где необходимо создание гибридов, способных эффективно использовать доступные условия среды [20]. В данной работе рассматривается оценка общей комбинационной способности новых линий

кукурузы, разработанных на базе различных генетических плазм, что позволяет выделить лучшие генотипы для дальнейшего использования в программах селекции и семеноводства.

Таким образом, использование метода топкроссных скрещиваний позволяет эффективно оценить комбинационную способность новых линий и выделить наиболее перспективные генотипы для дальнейшей работы. Данные, полученные в ходе экспериментов, помогут селекционерам сосредоточиться на создании гибридов, способных сочетать высокую урожайность с низкой уборочной влажностью зерна и другими важными признаками, что особенно важно для различных агроклиматических условий [16, 111, 153].

Классификация исходного материала на ранних этапах селекции является неотъемлемой частью в современных селекционных программах, поскольку позволяет заведомо определить наиболее подходящие гибридные комбинации, исключая лишние экономические затраты [30].

Таким образом, в нашей работе были использованы новые самоопыленные линии, полученные из синтетических популяций таких гетерозисных групп, как *Lancaster*, *Stiff Stalk Synthetic*, *Iowa Dent* и *European* [39, 140].

Линии гетерозисной группы зародышевой плазмы *Lancaster* чаще всего относятся к среднеспелым и позднеспелым формам, растения высокорослые и имеют устойчивость ко многим заболеваниям. Початки линейных растений данной группы длинные, имеют от 12 до 14 рядов, зерно зубовидной формы, желтое. Из литературных источников известно, что наилучшие показатели комбинационной способности линии группы *Lancaster* показывают в скрещиваниях с такими группами, как *Reid* и *Lacaune* и ненамного меньшие – с *Iodent* [98, 116].

Гетерозисная группа *Stiff Stalk Synthetic* посредством различных циклов отбора и модификаций была получена из группы *Reid*, которая в свою очередь берет начало от свободно опыляемого сорта *Reid Yellow Dent*. Растения данной группы средне и высокорослые, зерно зубовидное, початок средний. Линии данной группы имеют устойчивость ко многим болезням, таким как корневая и

стеблевая гнили, пыльная головня. Наилучшие эффекты гетерозиса линии группы *Stiff Stalk Synthetic* показывают в скрещиваниях с линиями группы *Lancaster*.

Гетерозисная группа *Iowa Dent* берет свое начало от свободно опыляемого сорта кукурузного пояса США с начала 20-го столетия. В состав данной группы входят известные линии фирмы *Pioneer*, такие как P343 и P101. Линии гетерозисной группы *Iowa Dent* среднеспелые, отличаются выраженной зубовидностью зерна. Початки средних размеров имеют обычно 14 – 16 рядов зерен. Хозяйственной ценностью линий данной группы является высокая устойчивость к вредителям и болезням [99, 116]. Высокий гетерозис линии группы *Iowa Dent* проявляют в скрещиваниях с линиями групп зародышевой плазмы *Lancaster*, *Mindszenpuszta*, *Lacaune*.

Известно, что для определения генетического родства, зачастую используется метод кластерного анализа. Одним из основных достоинств кластерного анализа заключается в возможности проведения оценки объектов по набору признаков, а не только лишь по одному. В конечном итоге, генотипы дифференцируются по максимально схожим группам [51, 66].

Основной задачей кластерного анализа является разделение большой выборки исследуемых объектов, которые характеризуются совокупностью различных признаков на однородные в соответствующем понимании группы (кластеры). Положительным свойством кластерного анализа является возможность сжатия большого объема информации, ее систематизация, построение научно-обоснованной классификации, выявление внутренней связи между единицами исследуемой совокупности [48, 49, 113].

В селекции наиболее частое применение кластерный анализ находит при идентификации, выявлении генетического родства, формировании баз данных хозяйственных культур [30, 90].

Так, проведенные под руководством М.В. Капустяного исследования в институте растениеводства им. В.Я. Юрьева (г. Харьков), включали оценку 49 новых самоопыленных линий кукурузы с различной генетической основой, ориентированной на основные элементы продуктивности. В процессе исследований

были выявлены механизмы формирования элементов продуктивности, идентифицированы источники наиболее ценных селекционных признаков. Кроме того, в результате испытаний были выделены перспективные гибриды, которые были включены в селекционную программу для дальнейших исследований [68].

Основываясь на данных, полученных из литературных источников, нами была проведена оценка нового исходного материала с использованием приведенных выше методов.

1.2.3 Селекция на раннеспелость

В настоящее время на российском рынке, а в частности в Южных регионах, всё большим спросом пользуются раннеспелые гибриды.

Как отмечают некоторые исследователи, необходимость раннеспелых гибридов возникает в связи с тем, что средне и позднеспелые формы не способны раскрыть свой потенциал урожайности зерна в силу изменений климата. Общее повышение температуры, частые почвенные и воздушные засухи, а также повышение цен на топливо – все это негативно сказывается на производстве позднеспелого материала. В результате, все большее предпочтение производители семян кукурузы отдают гибридам, обладающим более коротким периодом вегетации и способным быстро отдавать влагу зерну при созревании, выращивание которых становится экономически более выгодным в сложившихся условиях [83, 86, 227].

За последние годы селекционерами было проведено значительное количество исследований и разработаны программы селекции кукурузы на раннеспелость.

В своих исследованиях Н.И. Вавилов [17] утверждает, что продолжительность периода вегетации является одним из основных признаков, лимитирующих возможность выращивания некоторых гибридов кукурузы в определенных регионах.

Время цветения початка, как считают некоторые исследователи, является признаком, позволяющим дать характеристику продолжительности периода вегетации. В то же время, по мнению большинства авторов, данный признак

практически не имеет связи с процессом созревания, а также сильно зависит от условий выращивания. Данный метод рекомендуют использовать при больших объемах работ, поскольку он не трудоемок и легко реализуем на первичных этапах селекции [37].

Побурение оберток початка – является следующим признаком, но он также носит условный характер в силу высокой степени вариабельности в зависимости от условий среды.

Наиболее важным для характеристики скороспелости образцов кукурузы признаком является влажность зерна при уборке [10].

Рядом исследователей была установлена положительная связь между числом листьев на главном стебле растений и продолжительностью периода вегетации [37, 176, 178]. Однако, другие авторы опровергли данную идею, доказав на практике, что у одних и тех же гибридов число листьев на главном стебле может варьировать в зависимости от условий выращивания. Наиболее значительное влияние на данный признак оказывают экстремальные условия [190].

Продолжительность периода вегетации и количество листьев на стебле растений не могут дать полной картины, характеризующей скороспелость кукурузы.

Одним из ключевых методов, позволяющих оценить скорость созревания кукурузы является расчет суммы эффективных температур. Данный метод стал активно применяться в мировой практике с 1958 г. и был основан на сумме среднесуточных температур в период вегетации растений. В дальнейшем данный метод был модифицирован в сумму эффективных температур, который оказался наиболее полезным при определении скороспелости гибридов кукурузы [198].

Для определения сроков созревания в 1954 г. было принято использовать трехзначные индексы ФАО (*Food and Agricultural Organization* – организация по вопросам продовольствия и сельского хозяйства при ООН) от 100 до 999, характеризующие скороспелость. Первая цифра определяет группу спелости гибрида, вторая – указывает на положение внутри группы, а третья – характеризует окраску зерна. Как оказалось, ФАО также может сильно варьировать от климатических условий и места выращивания, в связи с чем

показатели для одних и тех же гибридов различались в разных пунктах испытаний. В результате было принято решение включать в каждую группу стандарт, позволяющий дать более точную оценку группы ФАО для каждого отдельного пункта [5, 128].

Как показывает практика, точное установление продолжительности периода вегетации весьма затруднительно, поскольку требуется точное установление времени наступления спелости зерна, как физиологической, так и полной.

Рядом исследователей было установлено, что при приближении физиологической спелости зерна происходит отмирание проводящих тканей в месте прикрепления к стержню початка, с постепенным образованием черного слоя. В это время зерно еще находится в фазе восковой спелости, его влажность приблизительно составляет 37% [180, 181, 216, 218, 221].

Другими авторами было предложено использовать положение молочной линии как критерий для определения фазы спелости зерна [183].

Некоторыми исследователями было проведено изучение наследственных признаков родительских форм, отвечающих за продолжительность периода вегетации [233, 240].

Так, было установлено, что гибриды обычно занимают промежуточное положение между сроками вегетации у родительских форм или ближе к раннеспелой форме. В трехлинейных гибридах положение скороспелого родителя не имело влияния на продолжительность периода вегетации у гибрида.

Установлено, что на продолжительность периода вегетации кукурузы влияние оказывают как аддитивные, так и неаддитивные взаимодействия. Причем влияние аддитивных было преимущественно выше [46].

Как известно, культурной родиной кукурузы является тропическая часть Мексики. С этим фактом связывают ограниченное количество раннеспелого исходного материала, обладающего необходимыми признаками и высокой комбинационной способностью.

Для решения данной проблемы были начаты селекционные программы на создание раннеспелого исходного материала в таких странах как США, Канаде,

Германии и Франции. В частности, для расширения генофонда раннеспелых форм кукурузы в Канаде была запущена программа «*HOPE*» (*Hierarchical, Open-ended System for Broadening the Breeding Base of Maize* – иерархическая открытая система расширения селекционной базы кукурузы) [201].

В России и странах СНГ также уделяется большое внимание созданию нового раннеспелого селекционного материала кукурузы. Так, в НИИ кукурузы и сорго Республики Молдова осуществляется программа на расширение генофонда скороспелого материала кукурузы. Одно из направлений в программе – это использование позднеспелых зародышевых плазм групп *Lancaster* и *Reid*, с целью повышения продуктивности нового селекционного материала [110].

В рамках данной программы были получены новые линии ФАО 200–250, для создания которых были использованы 8 линий подгруппы С103 и 17 линий ОН43. В качестве доноров скороспелости были использованы 4 линии группы СМ7 и линия Д1. В дальнейшем, посредством беккроссирования и использования рекуррентного отбора в популяциях с узкой генетической основой, планируется выведение более раннеспелого материала группы плазмы *Lancaster*.

Особый интерес для селекции на скороспелость представляют раннеспелые гибриды гетерозисной группы *Reid*. Данная группа показывает хорошую адаптивность к засушливым условиям, благодаря широкой генетической основе, полученной от кремнистой раннеспелой и позднеспелой зубовидной форм. Исследователями [61] проводилась закладка исходного материала на основе гибридов фирмы Pioneer с закрытой родословной таким образом, чтобы в полученной синтетической популяции преобладала плазма *Reid* (>75%). В дальнейшем из популяции, полученной от скрещиваний раннеспелых и позднеспелых форм, отбирались наиболее скороспелые и устойчивые к недостатку влаги гибриды с целью последующего их самоопыления [97, 232].

Получение нового раннеспелого материала также проводилось на базе Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. В качестве родительских форм служили раннеспелые гибриды, а также средне и позднеспелые элитные линии. С целью сокращения продолжительности периода вегетации проводился отбор на

раннее цветение растений. В дальнейшем в течении двух поколений проводили размножение и отбор растений, отличающихся наиболее ранним цветением, с последующим их самоопылением [59, 165].

Таким образом, были получены линии (Кр714, Кр716, Кр710, Кр709 и др.), вошедшие в 12 районированных в 1992 г. раннеспелых гибрида. Скороспелая линия Кр801 была получена из позднеспелой популяции BS3 посредством 12-и циклов отбора [166].

Во ВНИИ кукурузы также была создана коллекция раннеспелого материала. При получении новых линий были использованы различные методы и источники, такие как: вовлечение в скрещивания гибридов с закрытой родословной, скрещивания раннеспелых форм с позднеспелыми, использование экзотических рас. При создании материала учитывались такие признаки как устойчивость к стеблевым гнилям и кукурузному мотыльку. В результате были получены перспективные скороспелые линии с высокими иммунологическими показателями (РН25, РН30, РН32) [20].

Подводя итоги, можно сделать вывод, что несмотря на значительные достижения в создании и изучении раннеспелого материала кукурузы в литературе нет единого мнения по значительной части основных вопросов. Из этого следует, что в настоящее время сохраняется необходимость в дальнейших исследованиях, касательно получения нового скороспелого, высокоурожайного материала кукурузы.

1.2.4 Селекция на быструю отдачу влаги зерном при созревании

Как известно, при возделывании кукурузы возникают дополнительные расходы, связанные с сушкой зерна, имеющим высокую уборочную влажность. Так, при сушке одной тонны кукурузы с начальной влажностью 24%, расход жидкого топлива составит от 12 до 15 л на 1 т.

В этой связи возникает острая необходимость в создании гибридов, имеющих высокую скорость потери влаги зерном при созревании. Помимо этого

гибриды, обладающие данным экономически-ценным признаком, позволяют проводить механизированную уборку зерна в более ранние сроки [28, 131, 158].

Вопросом быстрой отдачи влаги зерном при созревании занимались большое количество исследователей. Однако, в связи со сложностью данного физиологического процесса, ученые так не пришли к единому мнению.

Так, К. Е. Овчаров в своих исследованиях отмечал три основные этапа созревания зерна: молочная спелость, налив зерна и, непосредственно, созревание зерна. Первый этап характеризуется высокими показателями влажности зерна – 65–70%. На втором этапе продолжаются активные метаболические процессы в зерне, накапливаются запасные вещества, влажность падает до 30–40%. На третьем этапе прекращается поступление пластических веществ в зерно, и его влажность резко снижается [112].

Многими авторами была изучена зависимость урожайности зерна со скоростью накопления сухого вещества и продолжительностью созревания. По мнению одних исследователей, наибольшую урожайность зерна показывают формы, имеющие более продолжительный период созревания и, соответственно, более длительный срок налива [2, 56, 174, 212]. Другими же исследователями было установлено, что скорость накопления сухого вещества – признак, имеющий наибольшую значимость при формировании урожайности зерна. Мнение последней группы сводится к важности обоих признаков, поскольку наиболее урожайные гибриды были получены от материала, имеющего быструю скорость накопления сухого вещества и более продолжительный период налива зерна [62, 143, 147, 184].

Поскольку скорость отдачи влаги зерном является многофакторным признаком, учеными были проведены исследования по выявлению показателей, косвенно связанных с влагоотдачей. Так, рядом исследователей было отмечено значимое влияние длины оберточных листьев початка, степень их высыхания на момент спелости зерна и уровень свисания початка на динамику отдачи влаги зерном [11, 36, 145]. Также было отмечено влияние диаметра початка на влагоотдачу и формы зерна: ширина и толщина. По утверждению авторов, наиболее эффективно теряют влагу гибриды и линии кукурузы, имеющие к

моменту физиологической спелости длинный не толстый початок с большим количеством рядов зерен и короткими, подсохшими оберточными листьями [71].

Т. Георгиев [23] отмечает, что влажность стебля и листьев не влияет на влагоотдачу зерном. Таким образом, в селекции были предложены следующие направления:

- 1) отбор материала, имеющего на початке 9 или меньше листьев;
- 2) отбор зерновок, имеющих более тонкий перикарпий (~80);
- 3) отбор початков, имеющих 18–20 рядов мелких, удлинённых зерновок, обеспечивающих увеличенную, испаряющую влагу, поверхность.

В ранних исследованиях было проведено изучение генетической наследуемости влагоотдачи зерном при созревании.

Так, было отмечено, что по уборочной влажности зерна у многих линий наблюдается заметное разделение по степени проявления ОКС и СКС по признаку низкой влажности зерна. Быстрая влагоотдача зерном является полигенным признаком и зависит, по большей части, от аддитивных генов [58, 229].

Также, было проведено изучение связи реципрокного эффекта с уборочной влажностью зерна. Одними авторами было отмечено существенное различие гибридов от реципрокных скрещиваний, причем с уклоном как к материнским формам, так и к отцовским. Данное обстоятельство свидетельствует о ядерно-цитоплазматическом типе наследования данного признака [60]. Однако, другие исследователи опровергали данный факт и утверждали, что комбинирование родительских форм не влияет на уборочную влажность потомства.

В исследованиях П. П. Домашнева, Б. В. Дзюбецкого и В. И. Костюченко [43] проведено условное разделение форм кукурузы по влагоотдаче зерном в период зрелости: быстро отдающие влагу на протяжении всего периода вегетации (линии данной группы имеют мелкие зерна и более пригодны в северных районах); относительно медленно отдающие влагу в начальный период развития зерна и очень быстро к наступлению момента физиологической зрелости (такие линии более пригодны для южных районов, поскольку требуют более продолжительный период высоких температур).

В результате проведенных исследований на базе различных научно-исследовательских организаций были получен материал, обладающий пониженной уборочной влажностью зерна на момент уборки и, позволяющий вести селекцию на улучшение по данному признаку. Наиболее важными линиями являются: РН 43, РН А, НС 2 (ВНИИ кукурузы) [20]; СМ 48, Со 125, Вс 252, (Молдавский НИИ кукурузы и сорго) [110]; Р 092, ГК 26, Fe 393, (Всесоюзный селекционно-генетический институт) [166]; ИКВ 211-5, ИКВ 234-1, Б 225 (Воронежская опытная станция ВНИИК) [115].

1.2.5 Селекция на интродукцию зародышевой плазмы

На основе опыта в СИММУТ (цит. по У. Л. Браун, 1979) была предложена следующая система интрогрессии экзотической зародышевой плазмы в европейскую и ее использование для получения лучшего и широко адаптируемого материала (здесь и далее под понятием «экзотический» подразумевается любой источник зародышевой плазмы, генетически отличающийся от используемого в селекционных программах) [13].

Интрогрессия (смешивание) зародышевой плазмы не должно идти от одной узкой основы к другой. Вместо этого необходимо создавать широкую основу экзотических и европейских генофондов. Экзотический генофонд следует создавать в конкретных условиях, сохраняя составные элементы зародышевой плазмы. «Продвинутые отдельные» популяции СИММУТ или резервные популяции вполне могут использоваться как экзотический генофонд [41, 53]. Европейские генофонды можно создавать в любой европейской стране. Экзотические и европейские генофонды могут быть перенесены в нейтральные условия среды и скрещены. Гибридные потомства могут быть выращены на изолированных питомниках полусибсов (организмы, у которых один родитель общий, а второй отличается) для смешивания зародышевой плазмы и одновременно для отбора по желательным типам растений, признакам початка и зерна. Для достижения

хорошей перекомбинации разнообразной зародышевой плазмы понадобится 3–4 цикла рекомбинации полусибсов в нейтральной среде [82, 84].

После этого отобранные потомства полусибсов могут быть включены в программу экологического испытания. Пункты испытания не должны располагаться в нейтральной среде. Они должны отражать условия среды, для которой эта популяция будет служить источником новой генетической изменчивости, а также крайние условия от экватора до Северной Европы. Початки, убранные в каждом пункте, возвращают в условия нейтральной среды для рекомбинации по схеме полусибсов. Этот метод тестирования в различных условиях и рекомбинации в нейтральной среде можно повторять в течение нескольких циклов до тех пор, пока все семьи не станут завязывать семена во всех пунктах испытания. Только тогда, когда все семьи полусибсов из этой новой исходной популяции будут завязывать семена в любой данной местности в Европе, селекционеры могут начинать использовать ее для селекции кукурузы в данной или аналогичной местности [100].

Экзотические расы кукурузы стран Латинской Америки широко используются в качестве доноров количественных признаков компонентов структуры урожая [94]. Гибридизация и отбор по всем изученным признакам позволили значительно увеличить степень проявления этих признаков (до 30–37%).

Последние 2–3 десятилетия возрастает беспокойство от опасности генетического обеднения основы зародышевой плазмы кукурузы, от которой зависит большая часть ее производства в умеренной зоне северного полушария. Это обычно приводит к возрастанию генетической уязвимости вида, что уже проявилось в возникшей в США в 1969–1970 гг. эпифитотии (массовое заболевание растений) *Helminthosporium maydis* (расы T), унесшей приблизительно 15% общего урожая кукурузы [236].

В последнее время селекционеры различных стран включают в работу в качестве исходного материала экзотические расы кукурузы из стран Латинской Америки. Была создана коллекция, в настоящее время насчитывающая свыше 80 экзотических рас, представленных примерно 2000 образцов. Вновь поступающие

образцы в первую очередь относятся или к группе с нейтральной (длиннодневной) реакцией на длину дня, или к группе со строго короткодневной реакцией. В полевых условиях Краснодара (45° с. ш.) образцы первой группы цветут в июле – начале августа. Это некоторые образцы США, Канады, Чили, Аргентины, Уругвая и юга Бразилии. Образцы второй группы размножаются лишь при выращивании в условиях короткого дня (10–12 часов) в фотопериодических кабинах. Это образцы приэкваториальных стран: Эквадора, Перу, стран Центральной Америки, большинство образцов Мексики [94, 182].

Материалы, используемые селекционерами США и Европы, вероятно, представляют собой одну из наиболее лучших зародышевых плазм кукурузы, существующих в виде. Однако возникает вопрос, содержит ли эта зародышевая плазма большинство желаемых аллелей, существующих у *Zea mays*, и желательно ли ввести в нее дополнительные нужные аллели путем интродукции экзотических генотипов в современные европейские селекционные материалы. При современном уровне знаний невозможно дать определенный ответ на эти вопросы. Известно, что общая зародышевая плазма, доступная для селекционера, представляет громадный размах генетического разнообразия. В западном полушарии описано около 250 новых рас. Многие из них повторяются, и все же последние исследования показывают, что около 130 более или менее отчетливых расовых комплексов составляют совокупность зародышевой плазмы кукурузы этой географической зоны [235].

Эволюция европейской кукурузы с момента ее интродукции из Америки привела к созданию дополнительных рас; точное число их неизвестно, вероятно, существует 25–30 комплексов, достаточно отличающихся от их аналогов Западного полушария, чтобы заслужить признание их в качестве рас. Таким образом, только в Европе и в западном полушарии насчитывается, вероятно, 150–180 рас, доступных селекционеру [196].

Большая часть зародышевой плазмы, используемой селекционерами вне тропиков, ведет свое происхождение не более чем от 3–4 из 150–180 известных рас. Таким образом, селекция кукурузы вне зоны тропиков оставляет в стороне

около 98% имеющейся зародышевой плазмы. Теоретически представляется маловероятным, что все или большинство благоприятных аллелей вида *Zea mays* сконцентрированы в 2% зародышевой плазмы. Несомненно, должны быть желательные гены в остальных, более чем 90% неиспользуемой зародышевой плазмы. Если это так, то селекционерам не следует пренебрегать этими дополнительными источниками потенциального улучшения кукурузы, независимо от затруднений, связанных с использованием большей части этого материала. Если действительно осознать генетическую уязвимость используемого материала, то единственным выходом будет расширение зародышевой плазмы возделываемой кукурузы. Для этого потребуются использование материалов, отличающихся от тех, с которыми селекционеры привыкли работать.

Имеется много проблем, связанных с экзотами, среди которых наиболее очевидны следующие:

- адаптация,
- фотопериод,
- продолжительность периода вегетации,
- плохие агрономические признаки,
- сцепление,
- затруднение рекомбинаций,
- выявление лучших экзотических образцов.

Если выбранные для работы экзотические образцы происходят из тропиков или субтропиков, немедленно возникает проблема реакции на фотопериод. Такие генотипы адаптированы к короткой продолжительности дня и соответственно реагируют при перенесении в условия длинного дня и короткой ночи. Поскольку этот признак не относится к таким, которые наследуются простым путем, необходима осторожность, чтобы не потерять многие экзотические аллели на ранних стадиях селекции [224, 234].

При комбинировании экзотического и адаптированного материала следует учитывать также проблему длины периода вегетации. Существуют доказательства отрицательной корреляции между очевидной адаптацией экзотического материала

к зонам умеренного климата и селекционным потенциалом экзотического образца. Другими словами, и в тропиках, и в умеренной зоне наблюдается положительная корреляция между урожайностью и длиной периода вегетации. Таким образом, если длину периода вегетации не отличать от реакции на фотопериод, то есть опасность вести селекцию на основе очевидной адаптации очень раннеспелых, но потенциально низкоурожайных тропических сортов, которые адаптируются к условиям зоны умеренного климата лишь по причине своей реакции на длинный световой день. Напротив, имеются некоторые высокоурожайные расы в тропических низменностях, исключительно позднеспелые в своей зоне адаптации и, следовательно, слишком поздно созревающие, чтобы представлять ценность для зоны умеренного климата [206, 234].

Большинство экзотов не испытали на себе такого селекционного давления в отношении агрономических признаков, подлежащих устранению до того, как материалы станут пригодными для использования [232, 233].

Поскольку адаптация является комплексом ряда признаков, наследуемых сложным образом, имеется мало данных относительно сцепления потенциально полезных аллелей с генами, ответственными за плохую адаптацию. Однако опыт селекции с экзотическими материалами подтверждает существование таких сцеплений, что следует учитывать в разработке эффективной схемы селекции. Если сцепления играют важную роль, надо использовать методы, облегчающие возможность рекомбинации и популяции должны быть достаточно велики, чтобы предотвратить или свести к минимуму генетический дрейф [88].

Существуют также доказательства того, что при отдаленных скрещиваниях встречаются сочетания, приводящие к нежизнеспособным производным, что ограничивает эффективную рекомбинацию.

Приняв решение расширить основу зародышевой плазмы путем интродукции экзотических образцов в селекционный материал, остается определить важнейший вопрос выбора экзотических источников. Соответственно, не следует использовать экзотическую зародышевую плазму лишь по причине ее экзотичности. Только в Западном полушарии в различных банках зародышевой

плазмы имеется около 25000 образцов кукурузы. В Измире, в Турции коллекция насчитывает около 8000 образцов, кроме того, обширные коллекции имеются в Санкт-Петербурге и в других европейских банках. В связи с большим числом имеющихся образцов важно знать признаки и возможную пригодность этих материалов в целях разумного отбора среди них. Более того, выбор материала в большей мере будет определяться целями его использования. Если необходимы просто наследуемые признаки устойчивости к вредителям, источником может быть любой сорт или образец, обладающий желательным признаком. Однако, если необходима новая элитная зародышевая плазма, обладающая высокой урожайностью и в целом полезная, то число источников будет ограниченным. За несколькими исключениями такой тип зародышевой плазмы обнаруживается среди рас, являющихся результатами множественной интрогрессии. Говоря другими словами, наиболее ценная зародышевая плазма кукурузы присуща тем расам, которые произошли от гибридизации менее сложных рас. Интродукция в европейскую или американскую кукурузу этого типа зародышевой плазмы будет способствовать не только расширению генетической основы, но должна также повысить селекционную эффективность этого материала [18].

1.2.6 Использование экзотических рас кукурузы в селекции

Использование генотипов экзотических рас кукурузы считается на сегодня перспективным направлением селекции, поскольку расы являются донорами целого комплекса хозяйственно-важных признаков. Главная задача при этом заключается в изучении эффекта генотипа расы. Одним из путей оценки этого эффекта является анализ генетической структуры в ряду поколений.

Bridger С. А. [179] дал определение таксономического понятия расы, определив ее как «группу филогенетически связанных популяций, имеющую в общем достаточное количество характерных признаков, поддерживаемых с помощью панмиктического размножения (свободного опыления) внутри этих популяций и, занимающую определенный ареал». В настоящее время в Западном

полушарии и в Европе насчитывается, как отмечено ранее, 150–180 более или менее отчетливо выраженных рас. Использование генетического материала этих рас может быть потенциально полезным для увеличения урожайности, даже несмотря на то, что сорта из отдаленных районов плохо приспособлены к местным условиям.

В ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» проводилась работа с экзотическими расами кукурузы, имеющая определенные результаты. Так, была проведена оценка ОКС по урожайности 12 рас из 6 стран Латинской Америки, а также проводилось улучшение 7 элитных линий по 4 компонентам структуры урожая при использовании в качестве доноров этих признаков экзотических рас Латинской Америки. В среднем по 7 блокам модифицированных линий получено улучшение по длине початка, числу рядов зерен и массе 1000 зерен на 12, 15, 10 и 24% соответственно. Из 190 модифицированных линий 53 достоверно превысили рекуррентного родителя по ОКС [157, 170]

Е. Уэллхаузен [208], изучив и классифицировав многообразие рас Мексики и Центральной Америки, утверждал, что во многих экзотических расах существуют гены или блоки генов, перенос которых в коммерческие гибриды может значительно увеличить их урожайность. Автор выделил около 20, встречающихся в расах признаков и свойств кукурузного растения, введение которых в гибриды могло бы, по его мнению, за 30 лет поднять урожайность на 30–50%. К таким свойствам он отнес засухоустойчивость, холодостойкость, устойчивость к вредителям, широкую адаптацию и др. Доказательством этого утверждения Е. Уэллхаузена послужили линии, устойчивые к гельминтоспориозу и стеблевой гнили, полученные от скрещивания с мексиканской расой Тукспеньо (*Tuxpeno*), а также линия В14А, которой была передана устойчивость к ржавчине от крупнозерной перуанской расы Куско (*Cuzco*).

По мнению М. И. Хаджинова и соавторов, перспективным кажется вовлечение в селекционный процесс засухоустойчивых рас тихоокеанского побережья Перу, Чили и районов северо-западной части Мексики. Некоторые из них, по оценке мексиканских ученых, не уступают по засухоустойчивости Сорго [156].

Селекционный материал, полученный от скрещивания раннеспелых элитных линий с позднеспелыми экзотическими расами, при последующем инцухте позволяет отбирать разнообразные формы, отличающиеся по длине периода вегетации, длине и диаметру початка, улучшенному качеству. Изучение перуанских рас по хозяйственно ценным признакам позволило выявить образцы, имеющие определенное значение для селекции высокоурожайных, крупнозерных крахмалистых сортов [170].

Тем не менее, как отмечалось ранее, при использовании экзотического материала в селекции необходимо учитывать многие нежелательные признаки отдельных рас. Выделяются такие признаки, как позднеспелость, исключительная высокорослость (высота отдельных растений может превышать 4 м), полегание, высокая потребность в тепле и влаге.

Эти признаки часто являются результатом реакции большинства рас на увеличение длины светового дня и вызывают значительные затруднения при работе с экзотическим материалом.

Как указывает Э. Р. Забирова [54], положительные результаты при работе с расами могут быть достигнуты путем тщательного негативного отбора по отрицательным признакам на фоне максимального проявления характеристик початка и зерна.

2 МАТЕРИАЛ, МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Почвенно-климатические особенности и условия проведения исследования

В сельском хозяйстве одним из самых важных факторов для обеспечения сельскохозяйственных культур достаточным количеством положительных температур являются агроклиматические ресурсы региона выращивания.

Сумма положительных температур в период вегетации влияет на многие факторы в растениеводстве и является своеобразной границей при размещении природных зон для различных типов сельскохозяйственных культур.

Экспериментальные посевы были выполнены на полях ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко». Работы проводились с 2015 по 2018 гг. Для характеристики метеоусловий в период исследований были использованы данные метеостанции, расположенной на территории самого национального центра.

На опытных полях почвы были представлены малогумусными тяжелосуглинистыми черноземами, так как количество гумуса в слое пахоты меньше 4%, (от 2,7 до 3,1%). Несмотря на небольшое количество самого гумуса, его слой достаточно мощный – 145–175 сантиметров, поэтому в целом его запасы достигают от 500 до 700 т/га.

На опытных участках почва преимущественно однородная с небольшим количеством песка. Однако количество глинистых частиц достигает 73%, при этом илистых частиц из них до 40% [137, 141].

Что касается минерального состава данных почв, то в основном они представлены выщелоченными черноземами, которые были образованы на лессовидных суглинках четвертичного периода, в составе которых присутствует небольшое количество кварца и каолинита [9, 70].

На полях ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» преобладают комковатые и комковато-зернистые почвы, с плотностью пахотного слоя 1,25–1,29 г/см³,

при этом почвы достаточно неоднородны и присутствуют участки с плотностью слоя до 1,4–1,6 г/см³.

Почвы на исследовательских участках обладают достаточно высокой скважностью до 55%, при отношении порозности капиллярной 85% к некапиллярной 15%. Еще одной особенностью данных почв является высокая водопроницаемость, но небольшая влагоемкость. Также данный тип почв способен длительное время удерживать в корнеобитаемом слое достаточное количество влаги для развития большинства видов культурных растений [9, 15].

Что касается содержания минеральных питательных веществ, то содержание валового азота в таких почвах среднее и составляет 0,23%, а минерального азота до 25 мк/кг. Количество подвижных фосфатов 1,0–1,5 мг на 100 г почвы, что соответствует низкой обеспеченности. Валового калия содержится от 1,7 до 2%, в том числе обменного – от 20 до 30 мг на 100 г почвы. С глубиной количество подвижных форм фосфора и калия уменьшается [27].

По мнению ряда авторов, выщелоченные черноземы относительно богаты основными элементами питания, так как в пахотном слое данных почв содержится 0,19–0,25% азота, 0,19–0,22% фосфора и 1,5–2,2% калия [138]. Так же одной из особенностей таких черноземов является нейтральная реакция почвенного раствора, рН которого составляет 6,8–7,2, при этом сумма поглощенных оснований составляет 34,5–40,3 мг-экв/100 г, из них до 80% приходится на долю кальция [9].

Значительная часть края находится в зоне континентального климата. Количество осадков за год в среднем 600–650 мм. Для данной территории характерными условиями является достаточно теплая зима и засушливое лето. Осень довольно продолжительная с большим количеством осадков. Также для данной зоны характерна ранняя весна, при этом зачастую в начале и середине апреля случаются возвратные заморозки.

ФГБНУ «Национальный центр зерна им П.П. Лукьяненко» находится между двумя различными по влагообеспеченности зонами. К таким зонам относятся зоны недостаточного и умеренного увлажнения. Из литературных источников

известно, что данная часть края в летний период относится к зоне неустойчивого увлажнения, так как нередки периоды засухи [129].

Количество осадков значительно разнится по годам. В среднем в крае выпадает от 520 до 760 мм, но при этом в период вегетации кукурузы выпадает около 300 мм. При этом осадки по месяцам распределены неравномерно. Значительное количество осадков выпадает в конце мая и начале июня, тогда как в июле и августе осадков практически нет, что вносит свои коррективы в технологии возделывания многих культурных растений края.

Так как скважность почвы достаточно высокая, то глубина промачивания может достигать 2 и более метров, что хорошо сказывается на обеспеченность растений влагой в благоприятные годы. Основным источником влаги в почве на территории края являются осадки.

Среднегодовая температура воздуха составляет 10,8 °С, сумма температур свыше 10 °С – 3600 °С.

Влажность воздуха на данной территории в среднем составляет 75%. Зима достаточно поздняя, первые холода начинаются в конце ноября. Однако, положительные температуры наблюдаются на протяжении всего декабря. Средняя зимняя температура 2 °С. Абсолютным минимумом в крае является температура –33 °С. Поскольку средняя температура зимы достаточно высокая, то зачастую наблюдаются оттепели, снежный покров неустойчив, а первый снег выпадает в середине декабря.

Для данной климатической зоны характерно быстрое нарастание температур, таким образом лето наступает уже в первой декаде мая. При этом лето зачастую достаточно засушливое и довольно жаркое. Максимальная температура достигает 43 °С, при среднемноголетней температуре 24 °С.

В летний период осадки преимущественно носят ливневый характер. За лето их выпадает 200–300 мм [14].

Осень относительно поздняя и начинается в конце сентября. Первая половина осени обычно сухая и теплая, вторая более влажная.

Центральная зона Краснодарского края в полной мере обеспечена теплом, что положительно сказывается на выращивании сельскохозяйственных культур, однако нужно учитывать недостаточность влаги, именно это является основным лимитирующим фактором в данном регионе.

Метеорологические условия в годы исследования (2016–2018 гг.) были различными.

2016 г. сложился достаточно благоприятным для развития кукурузы. Посев кукурузы проходил 20 апреля, всходы получены 28 апреля. Весенние месяцы, особенно май (83,1 мм осадков), были достаточно влажными, что способствовало хорошему старту вегетации кукурузы (Таблица 2). Июнь был особенно благоприятным с 117,1 мм осадков, что значительно превышает среднемноголетние нормы (82 мм). Однако в июле произошла резкая смена погодных условий, с очень низким уровнем осадков (13,5 мм), что привело к засушливым условиям в этот ключевой месяц формирования урожая.

Таблица 2 – Метеорологическая характеристика погодных условий по данным метеопоста, 2016–2018 гг (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Год	Месяц					За период
		апрель	май	июнь	июль	август	
Осадки, мм	2016	36,0	83,1	117,1	13,5	39,9	289,6
	2017	50,1	132,3	71,6	71,1	11,7	336,8
	2018	32,4	79,8	14,3	11,8	5,5	143,8
	Среднемноголетние	55,0	69,0	82,0	58,0	51,0	315,0
Температура воздуха, °С	2016	14,3	17,1	22,9	25,4	26,8	21,3
	2017	11,7	16,8	21,5	25,3	27,06	20,5
	2018	14,4	19,8	24,2	26,4	26,3	22,2
	Среднемноголетние	12,2	17,0	21,0	23,5	22,8	12,2

Средняя температура в 2016 г. была на уровне нормы для региона. Апрель и май были умеренно теплыми, но июнь (22,9 °С) и июль (25,4 °С) уже показывали превышение среднемноголетних показателей. Это привело к увеличению скорости испарения влаги из почвы, однако, на налив зерна не повлияло.

2017 г. характеризовался сильными колебаниями как в температуре, так и в уровне осадков. Апрель был прохладным (11,7 °С), что могло задержать начало

посевной кампании, однако май показал очень благоприятные условия с обильными осадками (132,3 мм), что более чем в два раза превышает многолетние нормы. Это обеспечило растения необходимой влагой на ключевом этапе вегетативного роста. Июнь и июль имели менее выраженные погодные аномалии, и осадки в этих месяцах были на уровне среднемноголетних значений. Такие условия в критические периоды развития растений кукурузы позволили получить хороший урожай, а август обеспечил равномерное высыхание и качественную уборку.

2018 г. оказался наиболее неблагоприятным из всех рассмотренных. Время посева пришлось на 28 апреля, и в этом месяце выпало на 23 мм осадков ниже нормы. Это привело к тому, что семена оказались в сухой почве, что впоследствии негативно сказалось на всходах и общей густоте растений. В мае ситуация немного улучшилась, так как количество осадков превышало норму на 10 мм. Июнь оказался крайне жарким и практически без осадков. На протяжении всего месяца выпало всего 14 мм осадков, в то время как среднемноголетнее значение составляет 82 мм. Температура поднималась на 3 °С выше нормы. В июле осадков также было крайне мало, а температура превышала средние показатели на 4 °С. Недостаток влаги и высокие температуры серьезно повлияли на рост и развитие культурных растений, что, в свою очередь, сказалось на урожайности в этом г.. В августе осадков почти не было – всего 5,5 мм, а температура превышала среднемноголетние показатели на 5 °С.

Подводя итоги, можно заключить, что годы испытаний были весьма разнообразными в плане климатических условий. В частности, 2018 г. был отмечен крайне неблагоприятными и засушливыми условиями, в то время как 2017 г. был довольно благоприятным с метеорологической точки зрения. Такое разнообразие условий выращивания позволило провести более всесторонний анализ реакции изучаемого материала на различные климатические факторы.

Экологические испытания являются одним из самых распространенных методов для выявления генотипов с высокими показателями урожайности в различных условиях. Исходя из этого, в 2017 г. были отобраны 20 перспективных высокоурожайных гибридов для изучения в 4 дополнительных пунктах: фирма

«Отбор» – Кабардино-Балкарская республика (орошение); КБНИИСХ – Кабардино-Балкарская республика; ВНИИЗК – г. Зерноград; фирма «Семеноводство Кубани» – ст-ца Ладожская, Краснодарский край. Стандартом служил гибрид Краснодарский 194 МВ. В качестве определяющего критерия был использован признак урожайности зерна.

В 2017 г. экологические сортоиспытания проводились в центральной части Кабардино-Балкарской Республики (Нальчик).

Данная зона характеризуется достаточно влажным континентальным климатом, большое влияние на который оказывает близкое расположение гор. Температурный режим данного региона характеризуется значительными перепадами температур ночью и днем. Сумма активных температур 3100 °С, при этом в равнинной части региона зимой температура может опуститься до -25 °С, а летом до + 27 °С. В предгорной части температура опускается до -25 °С.

Безморозный период в Кабардино-Балкарии составляет 190 дней и длится до конца октября. Осадки в данном регионе достаточно регулярны, за период вегетации кукурузы выпадает до 430 мм.

Метеорологические условия по основным параметрам в течение вегетационных периодов за годы проведения исследования в целом были средне благоприятными для формирования урожая.

Также экологическое испытание тесткроссов проводилось в Агрофирме «Отбор», расположенной в Прохладненском районе Кабардино-Балкарской Республики.

Исследовательские поля Агрофирмы «Отбор» расположены в северо-восточной части Кабардино-Балкарии. Климат данной территории умеренный, влажный. Зимой температура довольно часто опускается до -10 °С, летом от +25°С до +35°С. Коэффициент увлажнения составляет 0,26, что значительно ниже республики в целом (0,5) Лето часто бывает засушливым, сумма активных температур достигает 3200 °С, а осадков выпадает в период вегетации кукурузы до 350 мм.

Экологическое испытание новых гибридов в 2018 г. проводилось в почвенно-климатических условиях Ростовской области во ВНИИЗК (г. Зерноград).

Климат региона достаточно засушливый. Несмотря на то, что осадков за год выпадает достаточное количество (до 500 мм), выпадают они крайне неравномерно и большая часть приходится на осенне-зимний период. Таким образом, на довольно продолжительное лето приходится малая часть от среднегодовой нормы (200–230 мм) при высоких температурах в летние месяцы (25–27 °С). Почва данного региона представлена двумя различными фракциями – черноземы (62%) и каштановые почвы (23%). Преобладание черноземов вносит свой вклад в становлении данного региона как аграрного. Почвы региона богаты азотом (60–110 мг/кг почвы), по содержанию обменного калия почвы средне- и высокообеспечены.

В целом почвенно-климатические условия области благоприятны для развития сельскохозяйственного производства.

Последним пунктом для проведения экологических испытаний выделившихся гибридов стала фирма ООО «НПО «Семеноводство Кубани» – станция Ладожская.

Климат региона умеренно-континентальный, лето довольно жаркое и продолжительное, температура поднимается до 31°С. Зима короткая и теплая, средняя температура января -3,1°С. Данный регион характеризуется большим количеством годовых осадков до 700 мм. На период вегетации кукурузы приходится 400 мм. Почвы представлены слабовыщелоченными черноземами, обладающими хорошей реакцией на внесение минеральных удобрений.

2.2 Исходный материал и методика проведения исследования

В наших исследованиях в качестве исходного материала были использованы 48 новых самоопыленных линий кукурузы, разработанные в отделе

селекции и семеноводства кукурузы в «Национальном центре зерна имени П. П. Лукьяненко».

С целью создания гибридов применялся метод тесткроссных скрещиваний, где в качестве тестеров были использованы простые гибриды, отличающиеся по периоду вегетации и принадлежавшие к разным гетерозисным группам. Весь материал был поделен на 3 блока, каждый содержал по 3 тестера. Скрещивания проводилось в 2015 г. в селекционном питомнике отдела.

Основной целью в данном исследовании была оценка общей комбинационной способности новых линий кукурузы. В качестве тестеров для скрещивания использовались 9 зубовидных гибрида, обладающих известными показателями по урожайности и другим хозяйственно важным признакам. Новые самоопыленные линии кукурузы, выделенные на основе предварительного анализа и полевых испытаний, были скрещены с выбранными тестерами, что позволило получить 178 тесткроссных гибрида.

Для определения СКС были проведены диаллельные скрещивания по неполной схеме. Для этого выбирались лучшие по ОКС гибриды. В результате скрещиваний были получены 78 простых гибридов.

Для оценки урожайности зерна и общей продуктивности нового материала было осуществлено селекционное тестирование всего набора гибридов, полученных в результате диаллельных скрещиваний. Данный этап научного исследования проводился в контрольном питомнике отдела.

В ходе сортоиспытания было акцентировано внимание на различных характеристиках и параметрах продуктивности, таких как урожайность зерна, сопротивляемость к болезням и вредителям, общая способность роста и развития. Агротехника, использованная в процессе тестирования, соответствовала требованиям и рекомендациям Центрально-Черноземной зоны исследований, изложенным в Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур и Методике полевых опытов с кукурузой ВНИИ кукурузы [93].

Весь исследуемый селекционный материал выращивался на опытном участке, внедренном в специальную систему севооборота в условиях богары. Предшествующей культурой, выращиваемой на полях отдела, была озимая пшеница.

В процессе осенней обработки почвы был применен комплекс мероприятий: дискование стерни в двух направлениях, внесение удобрений, в соответствии с расчетом N60 P60 K60 д.в./га. Следующим этапом была вспашка на глубину 25–27 см, после чего проводилась повторная обработка дискованием [149].

В качестве весенних работ проводилась обработка почвы на глубину 12 см с последующей дополнительной обработкой на 5–6 см, а также были внесены минеральные удобрения. Для обработки почвы использовался культиватор КПК-4.

Проведение посева кукурузы происходило в середине апреля после достижения оптимальной температуры (до 10 °С) почвы на глубину 8–10 см. Данный этап работы выполнялся навесной тракторной сеялкой Wintersteiger monoseed DT.

Все опыты закладывались в трехкратной повторности на делянках площадью 9,8 м². Все блоки и делянки на участках были размещены рендомизированно, согласно методике полевого опыта по Б.А. Доспехову [45].

Все полученные гибриды были подвергнуты тщательному исследованию в контрольном питомнике. В качестве стандартов использовались гибриды, разработанные Краснодарским НИИ сельского хозяйства имени П.П. Лукьяненко: двойной межлинейный гибрид раннеспелого типа – Краснодарский 194 МВ (ФАО 190) и простой модифицированный гибрид среднераннего типа – Краснодарский 291АМВ (ФАО 280).

На полевых участках селекционного и контрольного питомников были проведены обширные фенологические наблюдения, охватывающие основные этапы развития кукурузы. Фиксировались даты начала посева, появления всходов, начала цветения метелок и початков кукурузы. В целях более глубокого анализа периода вегетации изучаемых линий также учитывались разнообразные показатели, такие как:

- продолжительность периода от появления всходов до цветения кукурузных початков;
- продолжительность периода от появления всходов до цветения метелок;
- количество влаги в зерне, на момент сбора урожая.

На протяжении исследования как линейного, так и гибридного материала, проводились регулярные измерения и учеты. Оценивали количество растений до уборки, процент полегших растений, а также уровень устойчивости к болезням, включая поражение пузырчатой головней. Были проведены также оценки морфологических характеристик, включая высоту растений и высоту прикрепления верхнего початка.

Для более детального анализа урожайных данных исследуемого селекционного материала, проводилось изучение количественных признаков початков, таких как: длина початка, диаметр початка, количество рядов зерен в початке, количество зерен в каждом ряду, масса тысячи зерен, выход зерна с каждого початка.

Для этой цели из каждой делянки было отобрано по 10 початков, которые затем вручную взвешивались, после чего их вес добавлялся к общей урожайности с данной делянки.

Все измерения, наблюдения и учеты проводились в соответствии с методикой полевых опытов, предписанной Всероссийским НИИ кукурузы [93].

В селекционном питомнике процесс уборки линейного материала осуществлялся вручную. Гибридный материал убирался с помощью комбайна Wintershtager delta. Полученный урожай взвешивался и определялась уборочная влажность каждой делянки. Начинаясь уборка в третьей декаде августа.

Для подтверждения статистической значимости различий в количественных и морфологических характеристиках исследуемых гибридов и линий, были применены различные статистические методы в соответствии с подходами, предложенными В. Г. Вульфом и Б. А. Доспеховым. Данные методы включали в

себя анализ коэффициентов вариации, а также корреляционных взаимосвязей между различными признаками [19, 45].

Для статистического анализа данных использовались методы дисперсионного анализа, предложенные В.К. Савченко [133], позволяющие выявить существенные различия между линиями по показателям ОКС и СКС. В частности, анализ включал вычисление эффектов ОКС для каждой линии, что позволило определить ее потенциал для создания гибридов с высокой продуктивностью. Также учитывались вариации СКС, что позволило выделить линии, которые могут демонстрировать высокие результаты в отдельных комбинациях.

Оценка параметров экологической пластичности и стабильности тесткроссов, прошедших экологическое сортоиспытание, была проведена в соответствии с методикой, разработанной Eberthart S.A. и Russell W.A. [191].

В качестве дополнительной характеристика селекционного материала был проведен анализ его селекционной ценности. Анализ проходил с использованием формулы, разработанной Н.А. Орлянским [114]. Характеристика количественных признаков, изучаемых самоопыленных линий и гибридов, проводилась согласно широкому унифицированному классификатору СЭВ и международному классификатору [80].

Анализы данных проводились с использованием специализированных программ, включая надстройки в Microsoft Excel, а также специализированные программы для статистического анализа: программный пакет, разработанный компанией StatSoft, реализующий функции анализа данных Statistica, и пакет прикладных генетико-статистических программ AGROS версии 2.09 [91].

3 ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ

3.1 Классификация новых самоопыленных линий кукурузы методом кластерного анализа

Селекция кукурузы на основе генетической вариативности требует точной и эффективной классификации исходного материала, особенно при создании новых самоопыленных линий. Одним из наиболее результативных методов для решения этой задачи является кластерный анализ, который используется для группировки объектов на основе их сходства и различий по ряду признаков. Этот метод находит широкое применение в сельскохозяйственных исследованиях, поскольку он позволяет не только оптимизировать процесс отбора, но и объективно оценить потенциал новых линий в рамках селекционных программ [48, 151, 161].

Основной проблемой, с которой сталкиваются современные селекционеры, является работа с линиями кукурузы, имеющими закрытую или неясную родословную. Такие линии, несмотря на их генетическую ценность, требуют обязательной идентификации для корректного использования в дальнейших программах скрещивания. Неясность в отношении их принадлежности к той или иной гетерозисной группе затрудняет процесс выбора оптимальных пар для создания высокопродуктивных гибридов. Это особенно актуально для селекционных программ, где точная информация о генетической основе линий играет решающую роль в успехе гибридизации и повышении урожайности [152].

В рамках данного исследования, проведенного на территории селекционного питомника Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко в 2018 г., были рассмотрены новые самоопыленные линии кукурузы, часть из которых имела закрытую родословную. Для решения задачи их классификации был применен кластерный анализ, который использовал данные по урожайности зерна для определения генетического родства между линиями (Приложение А, Таблицы 1). В качестве тестеров были выбраны линии с известной

принадлежностью к основным гетерозисным группам: Лн740 (*Iodent*), Лн7685 (*Lancaster*), NS-73 (*Stiff Stalk Synthetic*) и Лн0815 (*European*) (Таблица 3) [104].

Таблица 3 – Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна, 2018 г.

Линии	Межгрупповые	Степень свободы	Внутригрупповые	Степень свободы	F _ф	F _{0,5}
Лн740 <i>Id</i>	1792,1	3	2570,4	41	9,5	0,000067
Лн7685 <i>Lc</i>	4189,9	3	2971,1	41	19,3	0
Лн0815 <i>Euro</i>	1011,3	3	2738,4	41	5,1	0,004
NS-73зМ <i>SS</i>	5711,2	3	2147,6	41	36,3	0

Для проведения кластерного анализа использовалась программа STATISTICA 7. Методика включала вычисление Эвклидовых расстояний между новыми линиями, что позволило сгруппировать их в соответствующие кластеры [226]. Каждая группа соответствовала конкретной гетерозисной группе зародышевой плазмы. В результате исследования были выделены несколько кластеров, что обеспечило возможность селекционерам не только идентифицировать линии с закрытой родословной, но и эффективно использовать их в дальнейших программах гибридизации (Таблица 4). Это также облегчило подбор родительских форм для создания новых высокоурожайных гибридов.

Таблица 4 – Матрица внутригрупповых (Эвклидовых) дистанций, основанных на эффекте гетерозиса маркерных линий, 2018 г.

Кл 1: <i>Stiff Stalk Synthetic</i>		Кл 2: <i>European</i>		Кл 3: <i>Iodent</i>		Кл 4: <i>Lancaster</i>	
Лн008	8,4	Лн0228зм	6,8	Лн0607	6,7	Лн0677	3,0
Лн0602	6,4	Лн0357	9,6	Лн0609	9,1	Лн0685	2,8
Лн0604	7,3	Лн0600	5,5	Лн0626	1,3	Лн0694	7,0
Лн0605	13,0	Лн0603	6,5	Лн0634	9,4	Лн0699	4,6
Лн0608	3,9	Лн0647	0,4	Лн0653	12,2	Лн0703	3,2
Лн0613	6,6	Лн0711	5,4	Лн0667	6,0	Лн0706	3,7
Лн0627	5,0	Лн0713	6,8	Лн0668	12,6	Лн0720	4,2
Лн0635	11,4	Лн0717	11,3	Лн0679	12,6		
Лн0681	9,8	Лн0718	5,2	Лн0691	6,2		
Лн0693	5,5			Лн0722	8,1		
Лн0695	6,7			Лн0723	7,9		
Лн0701	3,3			Лн0724	11,4		
Лн0716	5,9			Лн0725	4,2		
Лн0726	6,5			Лн0728	11,6		
Лн0729	7,4						

Полученные данные позволяют сделать вывод о невысокой степени дивергенции внутри групп зародышевых плазм. Например, в группе линий, отнесенных к зародышевой плазме *Stiff Stalk Synthetic* (первый кластер), Эвклидовы дистанции колеблются в диапазоне от 3,3 до 13,0. В группе *European* (второй кластер) эти дистанции варьируются от 0,4 до 11,3. Группа *Iodent* (третий кластер) имеет диапазон от 1,3 до 12,6, в то время как группа *Lancaster* (четвертый кластер) демонстрирует Эвклидовы дистанции от 2,8 до 7,0.

Показатели межгрупповых Эвклидовых дистанций были значительно выше, чем внутригрупповых. Это свидетельствует о том, что разделение изучаемых инбредных линий на разные группы зародышевой плазмы было сделано вполне обоснованно.

По результатам нашего исследования мы можем классифицировать 15 из 48 новых самоопыленных линий кукурузы с закрытой родословной как принадлежащих к группе зародышевой плазмы *Stiff Stalk Synthetic*, 9 линий – к группе *European*, 14 линий – к группе *Iodent* и 7 линий – к группе *Lancaster*.

На рисунке 1 приведена иллюстрация зависимости урожайности зерна маркерных линий кукурузы от их принадлежности к различным гетерозисным группам зародышевых плазм. По оси X расположены маркерные линии (Лн740, Лн7685, Лн0815, NS-73), которые представляют гетерозисные группы *Iodent*, *Lancaster*, *European* и *Stiff Stalk Synthetic* соответственно. На оси Y указаны значения урожайности зерна (ц/га). Линии на графике показывают распределение четырех кластеров, которые различаются по числу самоопыленных линий и продуктивности в зависимости от маркерных тестеров.

Кластер 1 включает 15 новых самоопыленных линий. Этот кластер демонстрирует наибольшую урожайность при скрещивании с тестером Лн740 (*Iodent*), однако с линией NS-73 (*Stiff Stalk Synthetic*) показатели резко падают. Это свидетельствует о близком родстве с плазмой группы *Stiff Stalk* и снижении гетерозисного эффекта при данном скрещивании.

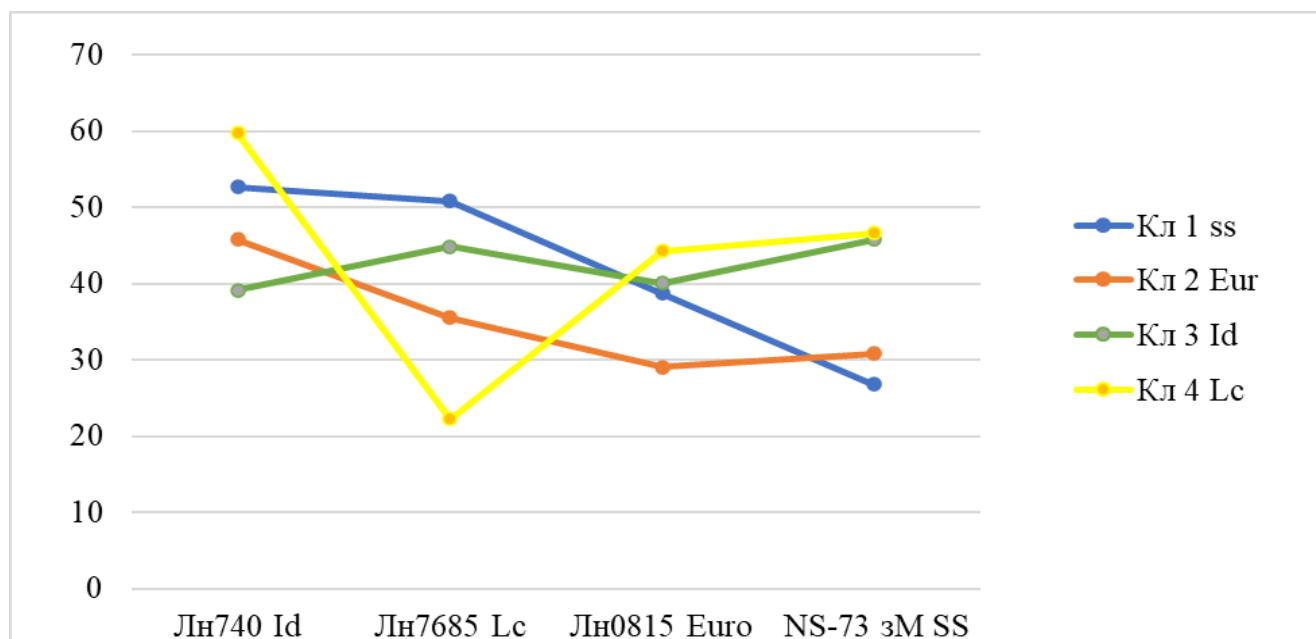


Рисунок 1 – Взаимосвязь отдельных групп зародышевых плазм с маркерными линиями по урожайности зерна, 2018 г.

Кластер 2, состоящий из 9 линий, имеет наиболее низкие значения урожайности зерна при скрещивании с тестером Лн0815 (*European*), что указывает на родственное происхождение этих линий с гетерозисной группой *European*. При скрещивании с другими тестерами урожайность остается на стабильном уровне.

Кластер 3, включающий 14 линий, продемонстрировал минимальные значения урожайности при скрещивании с тестером Лн740 (*Iodent*). Это свидетельствует о том, что линии принадлежат группе *Iodent*, а их продуктивность стабильно низка при скрещиваниях внутри этой группы, в то время как с другими тестерами показатели остаются на среднем уровне.

Кластер 4 включает 7 линий. Этот кластер продемонстрировал резкое снижение урожайности при скрещивании с Лн740 (*Iodent*), но значительное улучшение показателей при скрещивании с Лн0815 (*European*) и NS-73 (*Stiff Stalk Synthetic*). Это подтверждает то, что линии данного кластера имеют родственные связи с группой *Lancaster* и получают значительный гетерозисный эффект при скрещивании с линиями из других гетерозисных групп.

На рисунке 2 приводится дендрограмма группировки новых изучаемых линий на кластеры зародышевых плазм посредством Эвклидовых дистанций.

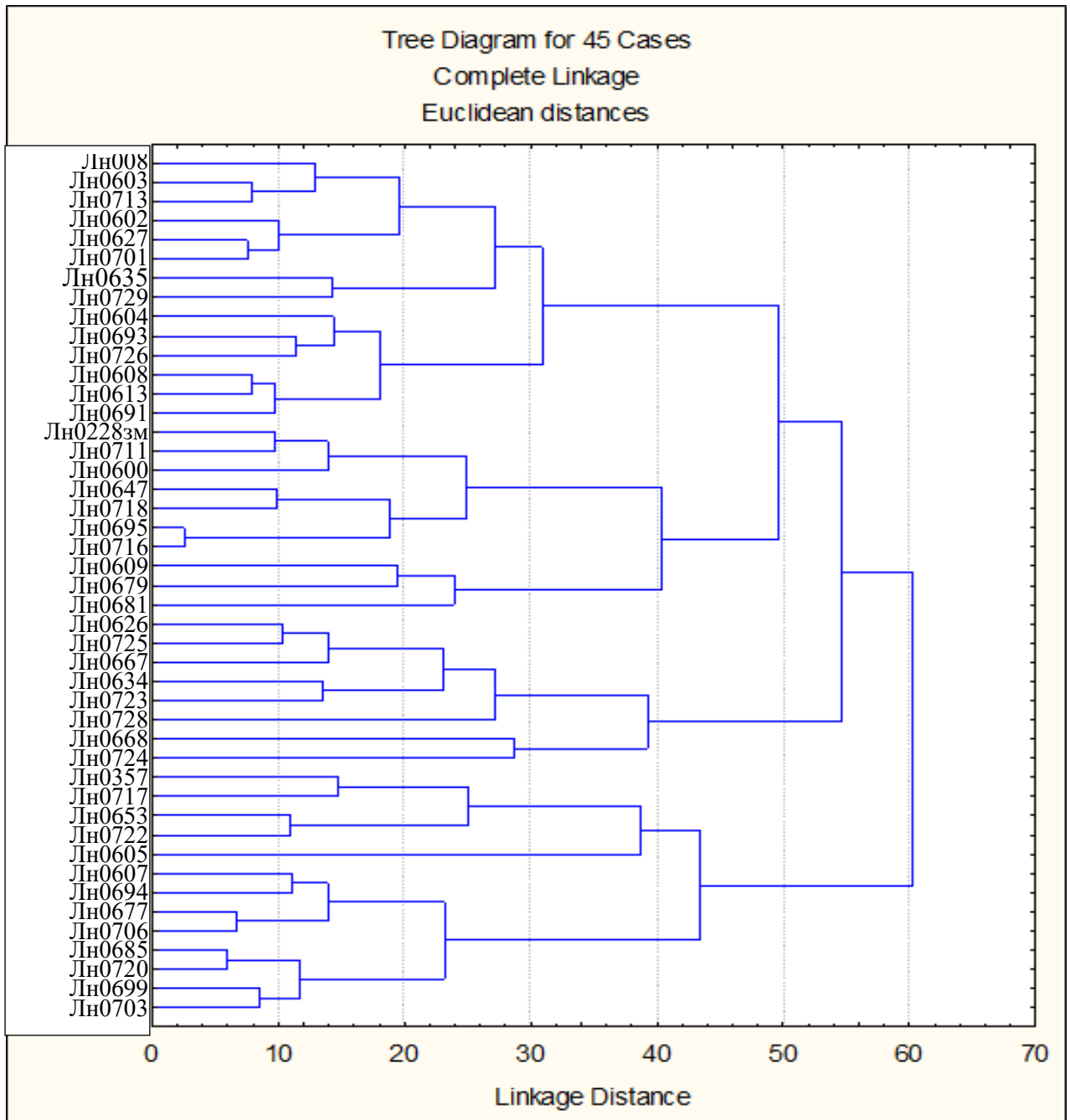


Рисунок 2 – Дендрограмма кластерного распределения новых инбредных линий кукурузы, 2018 г.

Таким образом, из результатов анализа следует, что 48 новых самоопыленных линий были успешно распределены по четырем основным кластерам, что позволило выявить наиболее удачные комбинации для гибридизации. Наименьшая урожайность наблюдалась в пределах родственных

групп, в то время как максимальный гетерозисный эффект был получен при скрещивании с линиями из других гетерозисных групп (Таблица 5).

Таблица 5 – Классификация исходного материала по гетерозисным группам.

Линии	Гетерозисная группа	Условное обозначение	Количество линий
Лн008, Лн0602, Лн0604, Лн0605, Лн0608, Лн0613, Лн0627, Лн0635, Лн0681, Лн0693, Лн0695, Лн0701, Лн0716, Лн0726, Лн0729	Stiff Stalk Synthetic	SSS	15
Лн0607, Лн0609, Лн0626, Лн0634, Лн0653, Лн0667, Лн0668, Лн0679, Лн0691, Лн0722, Лн0723, Лн0724, Лн0725, Лн0728	Iodent	I	14
Лн0677, Лн0685, Лн0694, Лн0699, Лн0703, Лн0706, Лн0720	Lancaster	L	7
Лн0228зм, Лн0357, Лн0600, Лн0603, Лн0647, Лн0711, Лн0713, Лн0717, Лн0718	European	Euro	9

3.2 Основные селекционные признаки

3.2.1 Период вегетации

Урожайность той или иной линии зависит от ее способности наиболее полно использовать благоприятные условия внешней среды и определенным образом противостоять неблагоприятным [174].

Изучение растений в непосредственной связи с конкретными климатическими условиями позволяет выявить основные признаки, определяющие урожайность культуры. Многими селекционерами была установлена положительная взаимосвязь между отдельными морфологическими и биологическими признаками и продуктивностью растений [72, 96].

Выявление фенотипических различий между самоопыленными линиями, по утверждению некоторых исследователей, имеет важную роль в выборе родительских компонентов при создании высокопродуктивных межлинейных гибридов. Было доказано, что для выведения высокопродуктивных гибридов необходимо скрещивать самоопыленные линии, отличающиеся между собой по количественным и качественным признакам. Так доказано, что снижение степени фенотипических различий ведет к снижению гетерозисного эффекта [92, 95].

Для представления наиболее целой и полной картины качества новых самоопыленных линий были изучены их основные селекционные признаки и элементы продуктивности (Приложение А, Таблицы 2–3).

Так, продолжительность периода вегетации, как считают исследователи, является одним из основных селекционных признаков, который необходимо исследовать с целью успешного подбора исходного материала при создании новых гибридов, отвечающих требованиям производства для различных условий возделывания [78, 139].

Определение длины периода вегетации позволяет достаточно точно подобрать родительские пары для гибридизации, не опасаясь серьезного расхождения в сроках цветения отцовских и материнских форм.

Коэффициент вариации по признаку «период от всходов до цветения початков» у исследуемых нами новых самоопыленных линий раннеспелой группы имел малый показатель – 2,7%, в среднем за 2017–2018 гг. (Таблица 6).

Таблица 6 – Значения варьирования показателя периода всходы-цветение початков у новых раннеспелых инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Значения варьирования	Период всходы-цветение початков, дней		
	2017 г.	2018 г.	среднее
Количество линий, шт.	30	30	30
Среднее, дн.	43	55	49
X_{\min} , дн.	40	53	46
X_{\max} , дн.	46	61	51
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, дн.	6	8	5
Стандартное отклонение (S)	1,8	1,9	1,3
Коэффициент вариации (CV), %	4,2	3,4	2,7
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	0,7	0,7	0,5

Данное обстоятельство свидетельствует о высокой выравненности нашего материала по данному признаку.

Распределение новых линий по признаку «количество дней от всходов до цветения початков» показывает, что в среднем за два года исследования большинство линий (15 образцов) вошли в диапазон 47–49 дней, 6 линий – в

диапазон 49–50 дней, 6 линий – в диапазон 50–52 дня и 3 линии – в диапазон 46–47 дней (Рисунок 3).

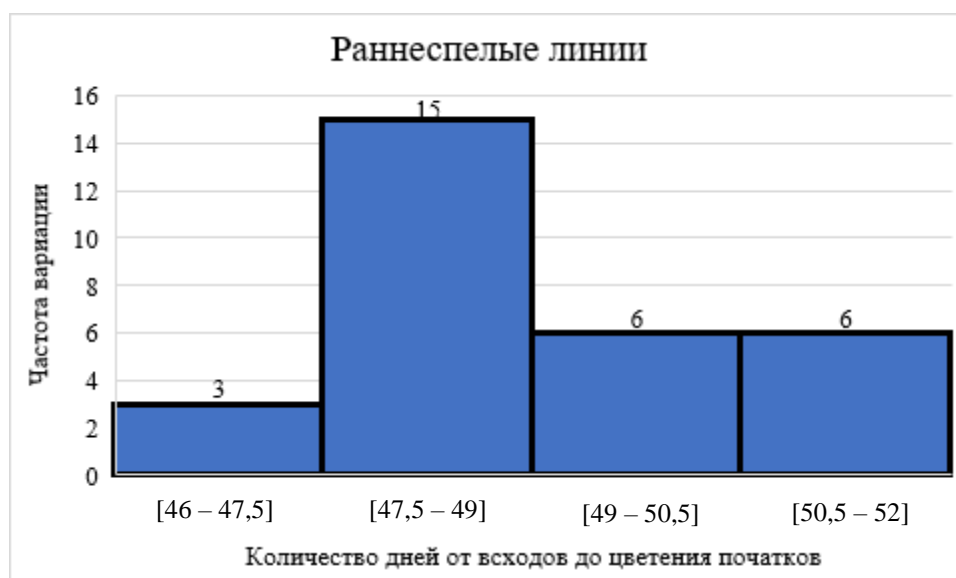


Рисунок 3 – Распределение новых раннеспелых инбредных линий по показателю количества дней от всходов до цветения початков, 2017–2018 гг.

Лучшие 10 по урожайности зерна анализируемых линий кукурузы раннеспелой группы (Таблица 7) имели разброс по периоду вегетации в 4 дня, что свидетельствует о высокой выравненности самоопыленных линий данной группы спелости.

Таблица 7 – Период всходы-цветение початков 10 лучших новых самоопыленных линий кукурузы раннеспелой группы, 2017–2018гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Период всходы-цветение початков, дней		
	2017 г.	2018 г.	среднее
Лн0716	56	44	50
Лн0685	61	42	52
Лн0718	55	43	49
Лн0681	54	42	48
Лн0717	56	45	51
Лн0695	59	40	50
Лн0626	57	45	51
Лн0635	55	41	48
Лн0627	56	43	50
Лн0679	54	41	48
Среднее по опыту	56,3	42,6	49,5
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm t_{sx}$)	0,7	0,7	0,5

Варьирование признака количество дней от всходов до цветения початков в среднеранней группе новых линий (Таблица 8) была незначительной, как и в случае раннеспелой группы. Коэффициент вариации в среднеранней группе составлял в среднем 3,7% за два года исследования.

Таблица 8 – Значения варьирования показателя периода всходы-цветение початков у новых среднеранних инбредных линий кукурузы, 2017–2018гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Значения варьирования	Период всходы-цветение початков, дней		
	2017 г.	2018 г.	среднее
Количество линий, шт.	18	18	18
Среднее, дн.	47	61	54
X_{\min} , дн.	43	57	52
X_{\max} , дн.	53	63	58
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, дн.	10	6	6
Стандартное отклонение (S)	6,7	2,6	3,4
Коэффициент вариации (CV), %	4,1	3,6	3,7
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	1,5	0,8	0,9

Подавляющее большинство новых среднеранних линий находилось в интервале 52–54 дня от всходов до цветения початков (Рисунок 4).

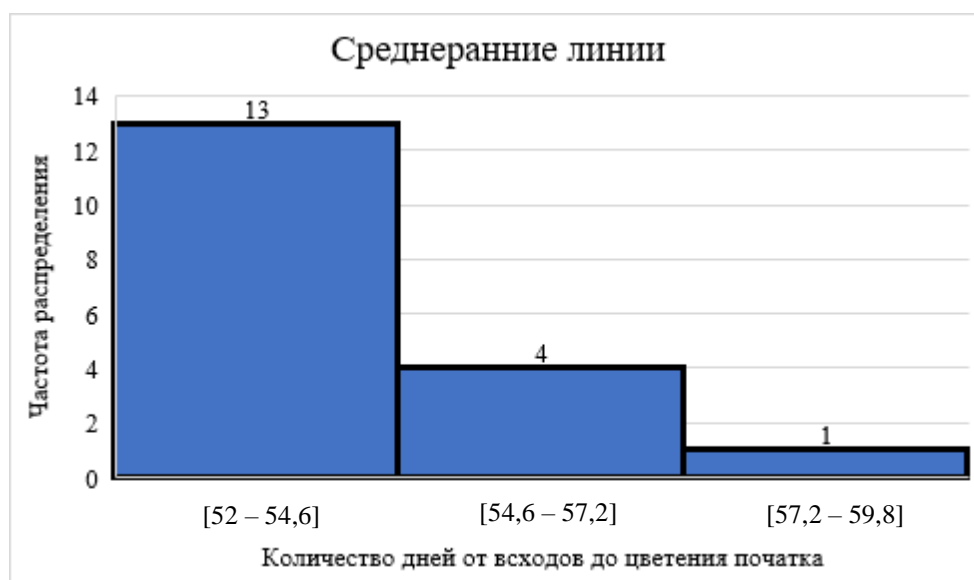


Рисунок 4 – Распределение новых среднеранних инбредных линий по показателю количества дней от всходов до цветения початков, 2017–2018 гг.

Как отмечалось выше, отклонения показателя «количество дней от всходов до цветения початков» были не велики. Так, на примере представленных лучших по урожайности среднеранних линий (Таблица 9) следует, что разница в показателях по данному признаку составляла 6 дней.

Таблица 9 – Период всходы-цветение початков 10 лучших новых инбредных линий кукурузы среднеранней группы, 2017–2018гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Период всходы – цветение початков, дней		
	2017 г.	2018 г.	среднее
Лн0728	63	53	58,0
Лн0724	59	50	54,5
Лн0723	62	50	56,0
Лн0731	61	51	56,0
Лн0722	63	52	57,5
Лн0634	61	44	52,5
Лн0711	61	45	53,0
Лн0703	61	46	53,5
Лн0608	62	46	54,0
Лн0604	63	45	54,0
Среднее по опыту	62	48	54,9
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm t_{sx}$)	1,6	0,8	0,9

В результате оценки продолжительности периода вегетации было выявлено, что новые линии имели заметную разницу в количестве дней от всходов до цветения початка, в связи с чем весь исходный материал был разделен на раннеспелые и среднеранние группы (Таблица 10).

Таблица 10 – Разделение исходного материала по группам спелости.

Линии	Группа спелости	Дней от всходов до цветения початка	Кол-во
Лн0726, Лн0720, Лн0679, Лн0635, Лн0681, Лн008, Лн0228зм, Лн0357, Лн0600, Лн0653, Лн0647, Лн0718, Лн0627, Лн0667, Лн0677, Лн0695, Лн0713, Лн0725, Лн0706, Лн0716, Лн0729, Лн0691, Лн0701, Лн0717, Лн0613, Лн0626, Лн0668, Лн0685, Лн0693, Лн0694	Раннеспелая (ФАО 100 – 199)	45 – 55	30
Лн0602, Лн0605, Лн0633, Лн0634, Лн0603, Лн0699, Лн0711, Лн0609, Лн0703, Лн0604, Лн0607, Лн0608, Лн0724, Лн0723, Лн0731,	Среднеранняя (ФАО 200 – 250)	55 – 60	18

3.2.2 Урожайность зерна

Как известно, для большинства исследователей наиболее важным признаком при оценке нового исходного материала является урожайность зерна.

Поскольку основным селекционным признаком в большинстве анализов исследователями берется показатель урожайности – характеристику начнем именно с этого признака [42, 126].

Урожайность зерна наряду с уборочной влажностью зерна – являются многофакторными показателями, в разной степени зависящими от других признаков. Данный признак, бесспорно, является наиболее важным и значимым в селекционной работе, поскольку оценка материала по признаку урожайность зерна показывает степень качества гетерозисных скрещиваний, приспособленность и устойчивость к стрессовым условиям [69, 95, 239].

В таблице 11 представлены результаты варьирования признака «урожайность зерна» у нового исходного материала раннеспелой группы за 2 года изучения.

Таблица 11 – Значения варьирования показателя урожайности зерна у новых раннеспелых инбредных линий, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Значение варьирования	Урожайность зерна, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	Средняя
Количество линий, шт.	30	30	30
Среднее, ц/га	20,6	11,9	16,3
X_{\min} , ц/га	10,5	3,9	8,6
X_{\max} , ц/га	30,7	23,1	26,9
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, ц/га	20,2	19,2	18,3
Стандартное отклонение (S)	5,8	4,6	4,9
Коэффициент вариации (CV), %	27,9	38,6	30,2
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	1,7	2,1	1,8

Из представленных данных следует, что коэффициент вариации в раннеспелой группе имел значение 27,9% – выше среднего в 2017 г., и 38,6% в

2018 г.. Столь высокие показатели коэффициента вариации (30,2%) свидетельствуют о разнородности изучаемого материала и позволяют вести наиболее качественный отбор лучших новых линий.

Аналогичная ситуация состояла и с среднеранней группой. Показатели коэффициента вариации составили 26,6% и 40,5%, в 2017 и 2018 гг. соответственно (Таблица 12).

Таблица 12 – Значения варьирования показателя урожайности зерна у новых среднеранних инбредных линий кукурузы, 2017–2018гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Значение варьирования	Урожайность зерна, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Количество линий, шт.	18	18	18
Среднее, ц/га	23,2	15,5	19,4
X_{\min} , ц/га	13,6	4,6	9,2
X_{\max} , ц/га	34,1	25,6	29,8
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, ц/га	20,4	21,1	20,6
Стандартное отклонение (S)	6,2	6,3	6,1
Коэффициент вариации (CV), %	26,6	40,5	31,3
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	3,1	3,1	3,1

Размах варьирования (Lim) для обеих групп спелости (порядка 20 ц/га) был значительным, связано это как с разницей в условиях выращивания от года исследования, так и с разницей генотипов новых самоопыленных линий.

На рисунке 5 представлено графическое распределение раннеспелых и среднеранних линий по признаку урожайность зерна.

Из приведенных графиков следует, что в раннеспелой группе урожайность большинства линий (12 образцов) находилась в интервале 8,6–14,2 ц/га, 9 линий – в интервале 14,2–19,8 ц/га, 8 линий – 19,8–25,4 ц/га, и 1 линия – 25,4–31 ц/га.

В среднеранней группе значительная часть линий (7 образцов) располагалась в интервалах 9,2–17,3 ц/га, 7 линий – 17,3 – 25,4 ц/га, и 4 линии – в интервале 25,4–33,5 ц/га.

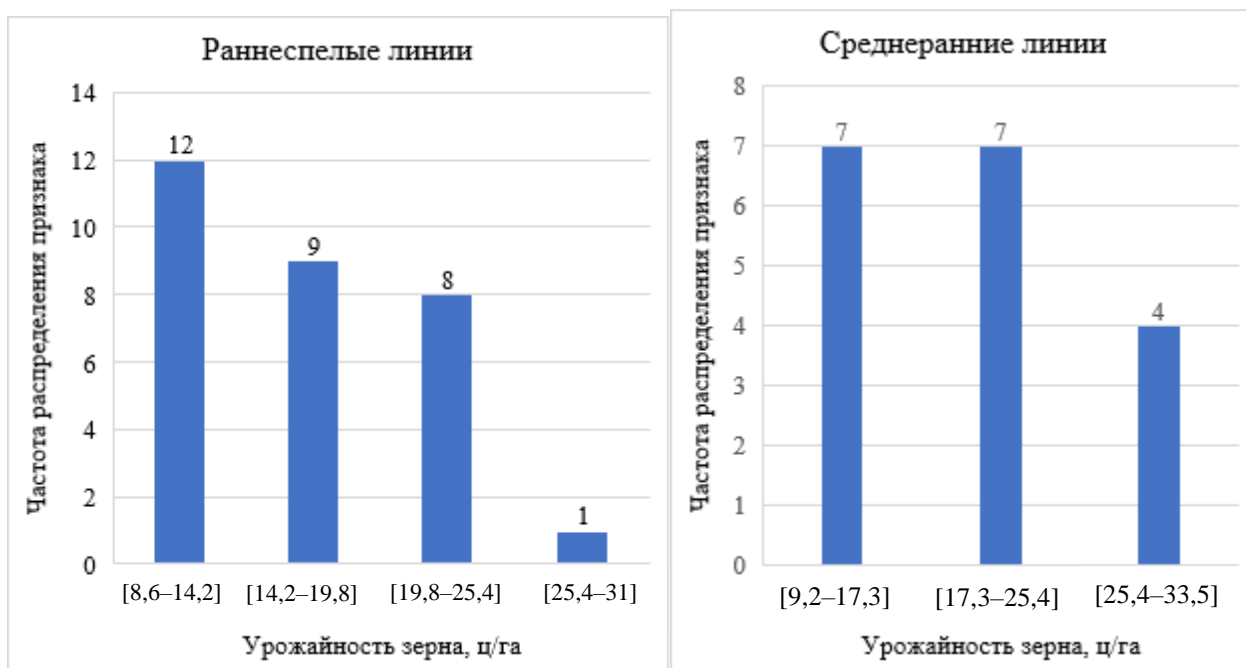


Рисунок 5 – Распределение новых раннеспелых и среднеранних инбредных линий по показателю урожайности зерна, 2017–2018 гг.

Показатели урожайности в 2017г. были выше, чем в 2018г (Таблица 13).

Таблица 13 – Урожайность зерна 10 лучших новых инбредных линий кукурузы раннеспелой группы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Урожайность зерна, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Лн0716	30,7	23,1	26,9
Лн0685	29,9	17,7	23,8
Лн0718	28,9	16,7	22,8
Лн0681	26,0	18,6	22,3
Лн0717	26,1	17,5	21,8
Лн0695	26,5	16,1	21,3
Лн0626	26,4	16,2	21,2
Лн0635	27,2	13,5	20,4
Лн0627	24,5	15,9	20,2
Лн0679	27,1	11,1	19,1
Среднее по опыту	27,3	16,6	22,0

Такая значительная разница обусловлена неблагоприятными условиями выращивания кукурузы, сложившимися в 2018 г. Представленные 10 лучших по урожайности зерна новых линий имели высокие показатели по этому признаку, что позволяет делать вывод о высоком потенциале использования их в гетерозисных скрещиваниях.

Следует отметить линию Лн0685, имеющую один из наибольших по величине показателей урожайности зерна и наивысший показатель общей комбинационной способности в системе топкросных скрещиваний. Линия Лн0681 имела одни из самых высоких показателей специфической комбинационной способности в схеме диаллельных скрещиваний в 2017–2018 гг. Данное обстоятельство говорит о ценности этих линий и позволяет использовать это в дальнейшей работе по получению высокоурожайных гибридов.

Среднеранняя группа, равно как и раннеспелая, имела в 2017 г. более высокие средние показатели урожайности зерна, чем в 2018 г. (Таблица 14).

Таблица 14 – Урожайность зерна 10 лучших новых инбредных линий кукурузы среднеранней группы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Урожайность зерна, ц/га		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Лн0728	34,1	25,6	29,8
Лн0724	30,5	24,5	27,5
Лн0723	32,5	22,4	27,5
Лн0731	28,9	24,7	26,8
Лн0722	26,0	20,5	23,3
Лн0634	25,0	19,5	22,3
Лн0711	24,7	17,3	21,0
Лн0703	27,5	14,1	20,8
Лн0608	24,0	14,9	19,4
Лн0604	22,9	15,0	18,9
Среднее по опыту	27,6	19,9	23,7

Также следует отметить линии Лн0724 и Лн0633, которые при высокой урожайности зерна имели и высокий показатель ОКС в топкросных скрещиваниях.

3.2.3 Высота растений

Высота растений кукурузы является важным хозяйственным признаком, связанным с другими признаками, такими как высота прикрепления початка, периодом вегетации, количеством листьев, полеганием стеблей. Наиболее тесную связь высоты растений отмечают с признаком высоты прикрепления верхнего початка [124]. Высота растений является непостоянной величиной и

может сильно варьировать в пределах одной линии либо гибрида, а также находится в тесной зависимости от агротехнических и климатических условий. В частности, показатель почвенной и воздушной влажности оказывает существенное влияние на высоту растений [214].

Из приведенных в таблице 15 значений варьирования признака «высота растений» у нового исходного материала раннеспелой группы следует, что коэффициент вариации по высоте растений имел среднее значение – 12% и был актуален для обоих годов изучения. Варьирование данного признака (Lim) в среднем за 2 года изучения составило 59,7 см.

Таблица 15 – Значения варьирования показателя высоты растений у новых раннеспелых инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Высота растений, см		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Количество линий, шт.	30	30	30
Среднее, см	166,9	153,2	160,0
X_{min} , см	131,4	119,2	131,6
X_{max} , см	206,6	200,2	191,3
$Lim (X_{max} - X_{min})$, см	75,2	81,0	59,7
Стандартное отклонение (S)	21,2	19,6	18,8
Коэффициент вариации (CV), %	12,7	12,8	11,8
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	7,3	7,9	7,1

Из представленного графического распределения новых линий раннеспелой группы по высоте растений (Рисунок 6) следует, что все линии практически равномерно разделились по частоте распределения на 3 группы: 10 линий – в интервале 131,6–152,6 см, 11 линий – 152,6–173,6 см, 9 линий – 173,6–194,6 см.

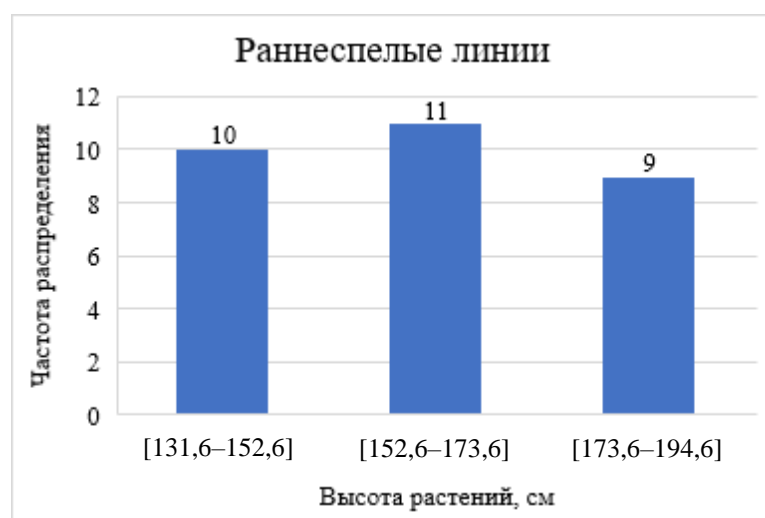


Рисунок 6 – Распределение новых раннеспелых инбредных линий по показателю высоты растений, 2017–2018 гг.

Также как и в раннеспелой группе линий, в среднеранней группе показатель коэффициента вариации высоты растений имел среднее значение – 11–12,2% (Таблица 16). Размах варьирования в данной группе составил 55,4 см в среднем за два года исследования.

Таблица 16 – Значения варьирования показателя высоты растений у новых среднеранних инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Высота растений, см		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Количество линий, шт.	18	18	18
Среднее, см	171,3	152,1	161,7
X_{\min} , см	133,4	112,5	135,4
X_{\max} , см	209,4	182,0	190,8
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, см	76,0	69,6	55,4
Стандартное отклонение (S)	18,9	18,5	16,4
Коэффициент вариации (CV), %	11,0	12,2	10,2
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	9,2	9,4	8,2

Из графика на рисунке 7 следует, что большая часть среднеранних линий имели высоту растений в интервалах 135,4–157,4 см и 157,4–179,4 см, по 7 линий в каждой группе 4 линии располагались в интервале 179,4–201,4 см.

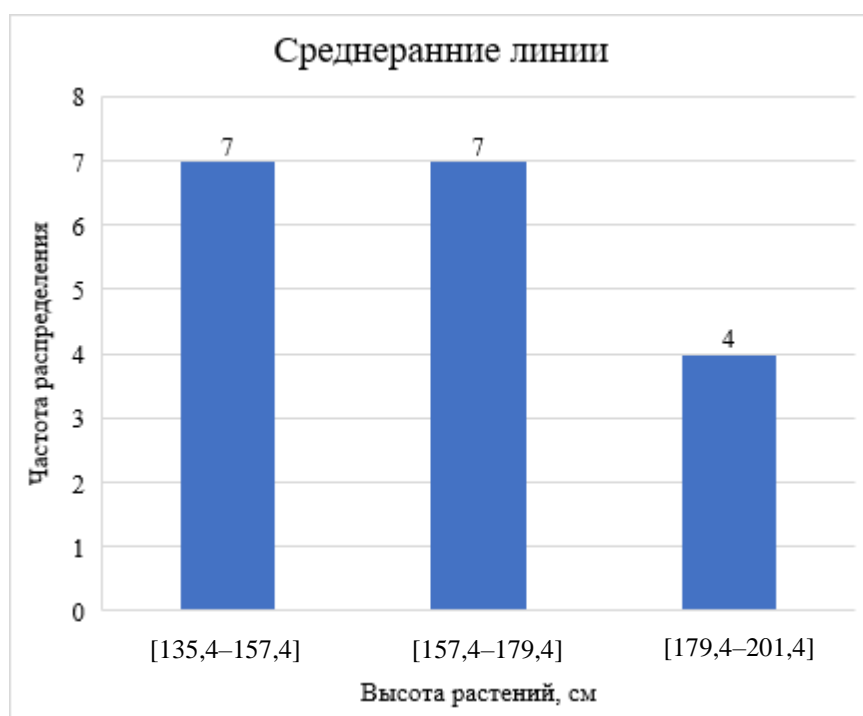


Рисунок 7 – Распределение новых среднеранних инбредных линий по показателю высоты растений, 2017–2018 гг.

Из приведенных данных следует, что стабильность по признаку «высота растений» у раннеспелой и среднеранней групп характеризовались высокой однородностью при среднем коэффициенте вариации внутри групп. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о выровненности изучаемого нами линейного материала.

Представленные лучшие по высоте растений линии раннеспелой (Таблица 17) и среднеранней (Таблица 18) групп соответствовали технологическим нормам выращивания. Так, в раннеспелой группе высота растений варьировала от 131,6 до 191,3 см и от 135,4 до 190,8 см в среднеранней группе.

Таблица 17 – Высота растений 10 лучших новых инбредных линий кукурузы раннеспелой группы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Высота растений, см		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Лн0647	182,5	200,2	191,3
Лн008	206,6	173,8	190,2
Лн0668	195,5	174,0	184,8
Лн0685	189,7	172,4	181,1

Продолжение таблицы 17

Линия	Высота растений, см		
	2017г.	2017г.	средняя
Лн0681	185,8	169,4	177,6
Лн0627	195,1	159,9	177,5
Лн0729	186,9	166,1	176,5
Лн0716	182,7	169,8	176,2
Лн0635	182,5	168,6	175,6
Лн0725	181,5	162,3	171,9
Среднее по опыту	188,9	171,7	180,3

Таблица 18 – Высота растений 10 лучших новых инбредных линий кукурузы среднеранней группы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Высота растений, см		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Лн0634	209,4	172,3	190,8
Лн0699	187,3	182,0	184,7
Лн0724	183,3	180,9	182,1
Лн0731	198,4	160,7	179,5
Лн0633	177,0	171,6	174,3
Лн0602	185,4	160,1	172,8
Лн0703	182,0	156,3	169,1
Лн0604	174,5	150,0	162,3
Лн0723	163,9	156,2	160,0
Лн0728	164,9	150,8	157,8
Среднее по опыту	152,6	157,1	161,2

3.2.4 Высота прикрепления початка

Как отмечают многие исследователи, высота прикрепления початка является важным признаком, поскольку от него зависит технологичность и пригодность к комбайновой уборке производственных гибридов. Высота прикрепления верхнего початка в разной степени коррелирует непосредственно с признаком высоты растений [214].

Размах варьирования в раннеспелой группе линий в среднем за два года имел высокий показатель: Lim – 42,0 см. Также в представленной группе высоким был и коэффициент вариации – 23,7% (Таблица 19).

Таблица 19 – Значения варьирования показателя высоты прикрепления початка у новых раннеспелых инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (НЦЗ им. П.П. Лукьяненко).

Показатели	Высота прикрепления початка, см		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Количество линий, шт.	30	30	30
Среднее, см	54,6	53,9	54,3
X_{\min} , см	33,3	33,9	34,4
X_{\max} , см	80,0	78,9	76,4
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, см	46,7	45,0	42,0
Стандартное отклонение (S)	14,8	12,9	12,9
Коэффициент вариации (CV), %	27,2	23,9	23,7
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	4,8	5,5	4,8

Частота распределения раннеспелых линий, представленная на рисунке 8 показывает, что большая группа (13 линий) расположилась в интервале 34,4–49,4 см. Средний показатель признака «высота прикрепления початка» имели 9 линий и расположились в интервале 49,4–64,4 см. Наибольший показатель по данному признаку показали 8 линий – интервал 64,4–79,4 см.

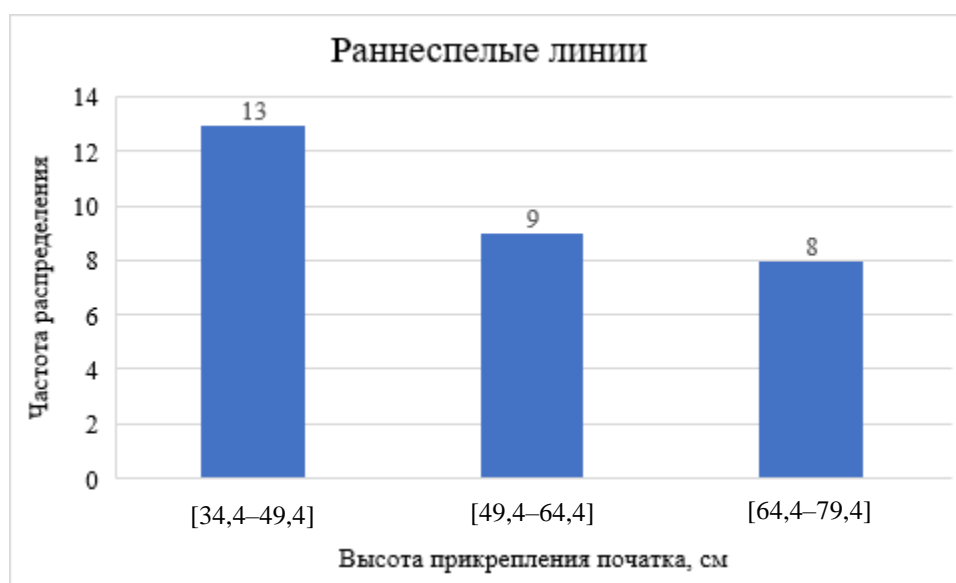


Рисунок 8 – Распределение новых раннеспелых инбредных линий по показателю высоты прикрепления початка, 2017–2018 гг.

Размах варьирования лучших раннеспелых линий по признаку «высота прикрепления початка» (Таблица 20) составил от 63,0 до 76,4 см за два года исследования, что соответствует требованиям механизированной уборки.

Таблица 20 – Высота прикрепления початка 10 лучших новых инбредных линий кукурузы раннеспелой группы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Высота прикрепления початка, см		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Лн0635	73,9	78,9	76,4
Лн0691	62,2	78,6	70,4
Лн0668	70,3	73,1	71,7
Лн0693	79,4	67,6	73,5
Лн0725	59,1	67,2	63,1
Лн0685	59,8	66,2	63,0
Лн0729	74,5	64,9	69,7
Лн008	65,7	62,1	63,9
Лн0228зм	78,8	60,9	69,1
Лн0718	79,9	60,8	70,4
Среднее по опыту	70,3	68,1	69,2

Размах варьирования признака «высота прикрепления початка» в среднеранней группе линий, как и в раннеспелой, был высоким – $Lim = 42,9$ см в среднем за 2017 и 2018 гг. (Таблица 21). Минимальное значение по данному признаку составило X_{min} , см = 30,2 см, максимальное – X_{max} , см = 73,2 см. Из чего следует высокий показатель коэффициента вариации – 21%.

Таблица 21 – Значения варьирования показателя высоты прикрепления початка у новых среднеранних инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Высота прикрепления початка, см		
	2017 г.	2018 г.	среднее
Количество линий, шт.	18	18	18
Среднее, см	60,7	57,7	59,2
X_{min} , см	35,4	36,0	35,7
X_{max} , см	102,4	89,1	95,7
$Lim (X_{max} - X_{min})$, см	67,0	53,1	60,0
Стандартное отклонение (S)	16,4	13,9	13,9
Коэффициент вариации (CV), %	27,0	24,1	23,5
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	6,9	8,1	6,9

Столь высокие показатели коэффициента вариации позволяют сделать вывод о высокой разнородности исследуемого материала по изучаемому признаку, что дает возможность проведения более качественного отбора ценных линий по данному признаку.

Большинство среднеранних линий вошло в 2 оптимальные группы по частоте распределения признака высота прикрепления початка (Рисунок 9).

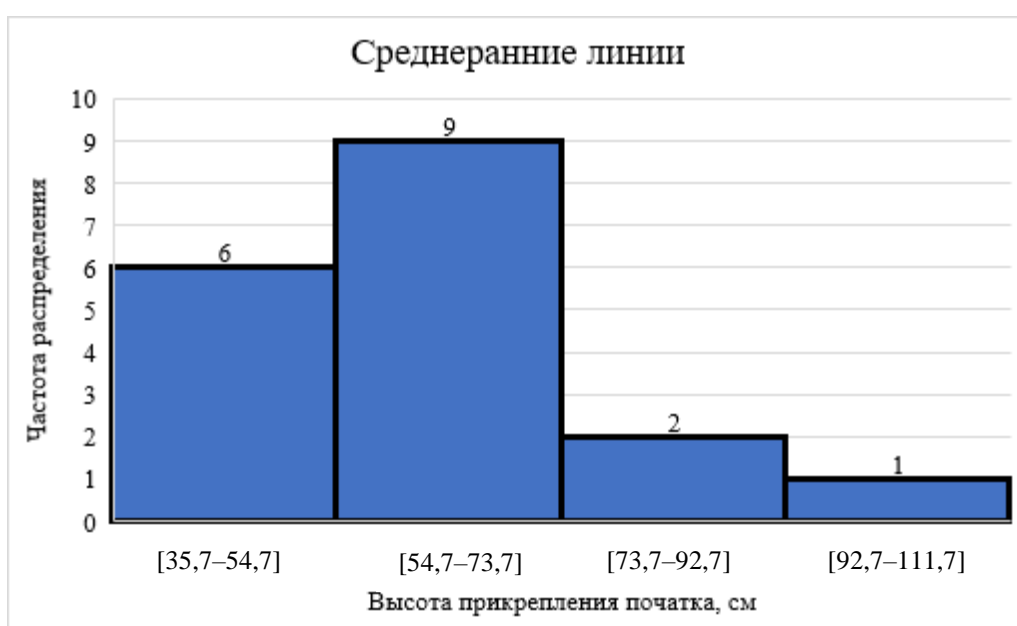


Рисунок 9 – Распределение новых среднеранних инбредных линий по показателю высоты прикрепления початка, 2017–2018 гг.

Так, 6 линий входило в диапазон распределения 35,7–54,7 см, 9 линий – в диапазон 54,7–73,7 см. Лишь 3 линии имели высокие значения показателя «высота прикрепления початка»: 2 линии – 73,7–92,7 см и 1 линия – 92,7–111,7 см, за два года исследования.

Лучшие новые линии кукурузы среднеранней группы, равно как и линии раннеспелой группы, имели оптимальные значения признака «высота прикрепления початка», необходимые при возделывании (Таблица 22).

Таблица 22 – Высота прикрепления початка 10 лучших новых инбредных линий кукурузы среднеранней группы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Высота прикрепления початка, см		
	2017 г.	2018 г.	средняя
Лн0634	102,4	89,1	95,7
Лн0724	69,1	88,4	78,8
Лн0633	61,0	67,9	64,5
Лн0604	84,0	64,4	74,2
Лн0728	51,6	63,7	57,6
Лн0607	47,8	62,8	55,3
Лн0723	63,8	59,6	61,7
Лн0699	69,9	56,8	63,4
Лн0722	60,9	55,1	58,1
Лн0602	57,3	55,0	56,1
Среднее по опыту	66,8	66,3	66,5

3.3 Морфо-биологическая характеристика початка

Эффективность селекции кукурузы на повышение урожайности зерна зависит от степени генетической изменчивости и связанных с ней показателей в селекционной популяции.

Помимо изучения основных селекционных признаков немало важную роль в селекционном процессе играет изучение основных элементов структуры урожая початка.

Урожайные качества початков считаются наиболее важными признаками при определении хозяйственного потенциала линий и гибридов кукурузы [109, 144, 213].

Урожайность початков является количественным признаком, который зависит от других взаимосвязанных признаков, таких как длина початка, диаметр початка, масса 1000 зерен, количество рядов зерен и др. (Приложение А, Таблица 2). В этой связи, всестороннее изучение элементов продуктивности, непосредственно связанных с урожайностью линий, имеет важное практическое и теоретическое значение [109].

Признак «длина початка» является одним из основных в исследовании структурных элементов урожайности зерна несмотря на то, что данный признак очень изменчив и имеет сильную зависимость от условий выращивания. Данное

обстоятельство несколько ни умоляет значимость «длины початка» для селекционного отбора, поскольку, как сообщают многие источники, данный признак имеет связь с другими признаками, такими как «количество зерен в ряду» [217].

Показатель «диаметр початка» также является немаловажным признаком початков. Как и «длина початка», данный признак имеет слабую фенотипическую стабильность и зависит от условий возделывания линий. Тесной связи диаметра и длины початка не было достоверно выявлено.

Такой селекционно-важный признак как «количество рядов зерен» является наиболее стабильным и в меньшей мере зависит от условий среды, поскольку является генетической чертой каждой линии. Наиболее тесную связь данный признак проявляет с признаком «диаметр початка» [213].

«Количество зерен в ряду» также является значимым признаком, поскольку позволяет добиться увеличения показателя продуктивности. Данный признак имеет взаимосвязь с признаком «длина початка», является зависимым от условий возделывания.

«Вес зерна с початка» принято считать одним из основных элементов продуктивности, поскольку данный показатель по мнению других авторов имеет наиболее тесную связь с урожайностью линий. «Вес зерна с початка» тесно связана с «весом початка» и менее тесно с длиной початка и диаметром [84].

«Вес початка» складывается из веса зерна с початка и веса стержня и зависит как от фенотипических, так и от генетических предпосылок.

Для многих исследователей показатель «масса 1000 зерен» является одним из ключевых, поскольку свидетельствует о размере зерен. Данный признак тесно взаимосвязан с признаком «вес зерна с початка». По мнению некоторых исследователей, на массу 1000 зерен и, соответственно, на степень отдачи влаги зерном при созревании может оказывать влияние изменения нормы высева. Масса 1000 зерен — один из ключевых факторов, контролируя который, можно так или иначе влиять на качество урожайности зерна [84].

В таблице 23 представлены результаты вариационного анализа новых самоопыленных линий за 2017–2018 гг., а также в среднем за два года исследования по хозяйственно-ценным признакам початка.

Таблица 23 – Значения варьирования показателей хозяйственно ценных признаков у новых раннеспелых инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Значения варьирования	Признак							
	длина початка, см.	диаметр початка, см.	число зерен в ряду, шт.	вес початка, г.	вес зерна с початка, г.	число рядов зерен, шт.	масса 1000 зерен, г.	выход зерна с початка, %
2017 г.								
Количество линий, шт.	30	30	30	30	30	30	30	30
Среднее	15,8	3,6	25,4	66,8	47,4	14,7	194,2	74,9
X _{min}	12,9	1,6	13,4	35,2	15,2	12,0	126,4	53,7
X _{max}	19,5	7,0	34,4	91,6	70,6	20,0	277,6	84,0
Lim	6,6	5,3	21,1	56,4	55,4	8,0	151,2	30,3
S	1,5	0,8	5,4	16,0	15,7	2,1	35,2	7,7
CV, %	9,3	22,2	21,1	23,9	33,1	14,5	18,1	10,3
Доверит. интервал (x±tsx)	0,5	0,1	1,5	6,8	6,7	0,9	10,9	2,7
2018 г.								
Количество линий, шт.	30	30	30	30	30	30	30	30
Среднее	13,2	3,6	31,0	99,3	79,3	15,4	208,7	72,7
X _{min}	7,1	3,1	21,2	76,1	57,3	12,0	159,4	43,9
X _{max}	19,6	4,4	40,8	140,0	119,0	20,0	279,4	85,7
Lim	12,5	1,2	19,6	63,9	61,7	8,0	120,0	41,8
S	2,3	0,3	4,0	18,3	18,1	2,4	29,4	9,6
CV, %	17,7	8,0	12,8	18,4	22,8	15,3	14,1	13,3
Доверит. интервал (x±tsx)	0,9	0,3	2,0	5,9	5,9	0,8	13,1	3,6
среднее								
Количество линий, шт.	30	30	30	30	30	30	30	30
Среднее	14,5	3,6	28,2	83,1	63,3	15,0	201,4	74,9
X _{min}	11,3	2,4	21,1	62,5	42,6	12,0	151,2	53,7
X _{max}	19,5	5,4	36,8	108,8	88,0	20,0	278,5	84,0
Lim	8,3	3,0	15,7	46,2	45,4	8,0	127,3	30,3
S	1,7	0,5	3,8	15,2	14,9	2,0	29,8	7,7
CV, %	11,4	13,1	13,4	18,3	23,5	13,5	14,8	10,3
Доверит. интервал (x±tsx)	0,6	0,2	1,4	5,9	5,8	0,7	11,1	2,9

Как следует из таблицы, коэффициенты вариации по отдельным признакам резко отличались по показателям в различные года исследования. Связано это с различием сложившихся погодных условиях в годы проведения испытаний.

Показатель коэффициента вариации за два года имел среднее значение (10–20%) по большинству изучаемых признаков. Высокий показатель вариации (20–30%) имел лишь признак «вес зерна с початка».

Данное обстоятельство позволяет сделать вывод об относительной однородности исследуемого материала по представленным признакам. Тем не менее полученные результаты не исключают ведение направленного отбора на улучшение хозяйственно ценных признаков.

Наилучшие результаты по представленным признакам в раннеспелой группе новых линий приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Результаты анализа количественных признаков, элементов структуры урожайности 10 раннеспелых линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Число зерен в ряду, шт.	Вес початка, г	Вес зерна с початка, г	Число рядов зерен, шт.	Масса 1000 зерен, г	Выход зерна с початка, %
Лн0716	13,7	4,2	25,9	106,6	86,2	17,0	278,5	81,2
Лн0685	15,1	3,5	32,0	88,9	68,6	18,0	189,1	83,4
Лн0718	14,4	3,8	29,7	86,3	66,2	14,0	224,9	81,6
Лн0681	14,2	3,7	27,3	86,9	67,2	16,0	223,6	71,5
Лн0717	14,3	3,6	32,6	88,6	69,3	17,0	186,5	84,0
Лн0695	13,2	4,0	26,4	101,0	81,5	20,0	201,8	81,2
Лн0626	14,4	3,7	29,8	80,0	61,6	16,0	168,5	80,1
Лн0635	15,4	3,4	34,6	101,0	81,0	15,0	187,8	76,4
Лн0627	16,6	3,6	31,8	103,6	83,2	12,0	250,4	77,4
Лн0679	14,1	3,7	21,1	91,9	71,7	15,0	225,4	83,7
Среднее по опыту	14,5	3,6	28,2	83,1	63,3	15,0	201,4	74,9

Так, линии Лн0716, Лн0627 и Лн0695 имели наилучшие результаты по признакам «вес зерна с початка» и «масса 1000 зерен», высоким у них было значение показателя «выход зерна с початка».

Следует обратить внимание на линию Лн0635, имеющую высокий показатель «вес зерна с початка» – 81 г, при сниженном относительно остальных линий показателе «масса 1000 зерен» (187,8 г). Из этого следует вывод о мелком зерне при хорошей и плотной озерненности початка, о чем свидетельствует значение признака «количество зерен в ряду» – 34,6 шт.

Таблица 25 – Значения варьирования показателей хозяйственно ценных признаков у новых среднеранних инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Значения варьирования	Показатель							
	длина початка, см	диаметр початка, см	число зерен в ряду, шт.	вес початка, г	вес зерна с початка, г	число рядов зерен, шт.	масса 1000 зерен, г	выход зерна с початка, %
2017 г.								
Количество линий, шт.	18	18	18	18	18	18	18	18
Среднее	15,8	3,6	26,8	69,6	49,5	14,5	213,0	78,5
X _{min}	12,8	3,1	21,8	46,2	26,4	12,0	149,5	68,4
X _{max}	18,8	4,4	32,8	107,8	88,0	20,0	314,6	89,9
Lim	6,0	1,3	11,0	61,7	61,6	8,0	165,1	21,5
S	1,9	0,4	3,7	16,7	16,4	2,4	43,8	5,2
CV, %	12,2	10,3	13,9	23,9	33,2	16,6	20,5	6,6
Доверит. интервал (x±tsx)	0,9	0,1	1,8	13,1	12,8	1,1	23,3	2,6
2018 г.								
Количество линий, шт.	18	18	18	18	18	18	18	18
Среднее	14,5	3,8	31,7	108,1	88,0	15,7	236,8	78,4
X _{min}	11,4	3,2	26,7	72,6	52,4	12,0	164,0	59,8
X _{max}	19,1	4,4	38,3	149,1	128,1	20,0	342,6	92,8
Lim	7,7	1,2	11,5	76,5	75,6	8,0	178,6	33,0
S	2,0	0,3	3,7	26,3	25,8	2,3	46,9	8,6
CV, %	13,9	8,3	11,6	24,4	29,3	14,7	19,8	11,0
Доверит. интервал (x±tsx)	1,0	0,2	1,8	8,3	8,2	1,2	21,8	4,3
Среднее								
Количество линий, шт.	18	18	18	18	18	18	18	18
Среднее	15,2	3,7	29,4	90,1	70,1	15,2	224,9	78,4
X _{min}	12,1	3,1	24,6	61,2	41,4	12,0	156,8	67,9
X _{max}	18,4	4,4	34,0	128,5	108,0	19,0	328,6	88,9
Lim	6,3	1,3	9,5	67,3	66,6	7,0	171,9	21,0
S	1,8	0,3	3,0	20,4	20,1	2,2	43,4	5,5
CV, %	11,8	8,7	10,2	22,6	28,7	14,5	19,3	7,1
Доверит. интервал (x±tsx)	0,9	0,2	1,5	10,1	10,0	1,1	21,6	2,7

В среднеранней группе новых линий (Таблица 25) высокий коэффициент вариации имели признаки «вес початка» и, тесно связанный с ним, «вес зерна с початка» – 22,6% и 28,7%, соответственно. Как и в случае раннеспелой группой, все исследуемые признаки имели различия по показателям в зависимости от сложившихся условий.

Представленные в таблице 26 лучшие среднеранние линии за 2017–2018 гг. имели высокие показатели по большинству признаков.

Таблица 26 – Результаты анализа количественных признаков, элементов структуры урожайности 10 среднеранних линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линия	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Число зерен в ряду, шт.	Вес початка, г	Вес зерна с початка, г	Число рядов зерен, шт.	Масса 1000 зерен, г	Выход зерна с початка, %
Лн0728	14,0	4,2	33,3	113,9	94,3	19,0	192,9	81,2
Лн0724	16,5	3,8	27,7	109,4	88,9	14,0	284,3	79,5
Лн0723	18,4	3,6	30,7	95,7	75,1	16,0	228,3	84,5
Лн0731	17,0	4,4	31,0	117,5	95,2	16,0	272,6	79,5
Лн0722	14,0	3,9	29,6	104,1	83,7	15,0	254,6	81,4
Лн0634	14,3	3,4	28,1	85,6	64,9	15,0	197,8	81,5
Лн0711	15,3	3,9	27,8	88,4	67,8	14,0	257,2	84,1
Лн0703	15,8	3,9	34,0	128,5	108,0	15,0	227,1	76,6
Лн0608	12,8	3,6	27,2	78,1	58,4	12,0	252,8	88,9
Лн0604	13,9	3,4	27,6	74,1	54,7	13,0	192,0	80,3
Среднее по опыту	15,2	3,8	29,7	99,5	79,1	14,9	235,9	78,4

Особое внимание обращает на себя линия Лн0724, имеющая невысокий относительно других линий показатель признака «вес зерна с початка» (88,9 г.) при самом высоком показателе признака «масса 1000 зерен». Данное обстоятельство говорит о достаточно крупном размере зерна и позволяет использовать линию Лн0724 как источник данного признака.

3.4 Корреляционный анализ количественных признаков, элементов структуры урожайности

Как отмечалось ранее, урожайность – один из сложных признаков, контролируемых несколькими взаимодействующими генотипическими факторами и факторами окружающей среды. Существует довольно мало компонентов урожайности, которые менее сложны и меньше подвержены влиянию изменений окружающей среды [67]. Изучение взаимосвязей, существующих между урожайностью и составляющими ее компонентами, может значительно повысить эффективность селекционных программ сельскохозяйственных культур за счет использования надлежащих селекционных показателей. Прямой отбор для определения урожайности часто вводит в заблуждение, поскольку на него сильно влияют непредсказуемые факторы окружающей среды. Анализ коэффициента корреляции полезен при выборе нескольких признаков, одновременно влияющих на урожайность. Генетический корреляционный анализ использует степень ассоциации между важными количественными признаками. Используя генетические корреляции между признаками, вторичные признаки могут использоваться для улучшения первичных, которые имеют низкую наследуемость или трудны для измерения [72, 225].

Таким образом, нами была проведена работа по выявлению связи урожайности зерна с основными селекционными и хозяйственно-ценными признаками всего набора новых самоопыленных линий кукурузы и определена взаимная корреляция между данными признаками на генотипическом уровне для получения значений, показывающих степень прямого и косвенного влияния различных биометрических признаков на урожайность зерна [96].

Изучение значений коэффициентов корреляции в раннеспелой группе новых самоопыленных линий (Таблица 27) показывает, что признак «урожайность зерна» с гектара давал высокую положительную корреляцию со всеми признаками, кроме «длина початка» и «количество дней от всходов до цветения початков». «Урожайность зерна» имеет самые высокие статистически значимые корреляции с признаками: «вес початка» ($r = 0,70$), «вес зерна с

початка» ($r = 0,70$), «выход зерна» ($r = 0,62$). В литературе имеются исследования, в которых сообщается, что данные признаки положительно и значительно взаимосвязаны с урожайностью зерна [72]. Данное обстоятельство позволяет заключить, что гибриды с высокими показателями по отмеченным признакам обладают значительным потенциалом к высокой урожайности зерна.

Таблица 27 – Коэффициенты корреляции между основными признаками растений раннеспелых инбредных линий, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

	Урожай- ность зерна	Длина початка	Диаметр початка	Число зерен в ряду	Вес початка	Вес зерна с початка	Число рядов зерен	Масса 1000 зерен	Высота растений	Высота прикреп. початка	Выход зерна
Длина початка	0,05										
Диаметр початка	0,22	-0,02									
Число зерен в ряду	0,27	0,71*	0,03								
Вес початка	0,70*	0,33	0,43	0,42							
Вес зерна с початка	0,70*	0,32	0,42	0,43	0,98*						
Число рядов зерен	0,53	-0,23	0,43	0,10	0,46	0,47					
Масса 1000 зерен	0,47	0,31	0,07	0,08	0,62	0,61	-0,07				
Высота растений	0,23	0,31	-0,13	0,10	0,09	0,08	-0,22	0,29			
Высота прикреп. початка	0,18	0,13	0,27	0,10	-0,03	-0,05	-0,09	-0,03	0,66*		
Выход зерна	0,62*	0,00	-0,08	0,28	0,42	0,45	0,38	0,27	-0,20	-0,26	
Кол-во дней от всходов до цвет. початков	0,01	0,01	0,15	0,13	-0,09	-0,08	0,17	-0,19	0,03	0,20	0,06

Примечание: * выделенные коэффициенты корреляции достоверны на высоком уровне значимости $P < 0,05$

В результате проведенного нами исследования, были получены высокие положительные показатели корреляции между признаками «высота растения» и

«высота прикрепления початка» ($r = 0,66$). Наивысшие показатели корреляции наблюдались между признаками «вес початка» и «вес зерна с початка» ($r = 0,98$).

Такие же закономерности отмечают и другие исследователи [72, 96]. Они утверждают, что улучшение каждого из признаков приведет к общему улучшению генотипов, а нахождение корреляционных зависимостей помогают в принятии правильных решений при выборе признаков, контролируемых множеством генов, таких как урожайность зерна, которая, как количественный признак, контролируется полигенно. Эти результаты означают, что эффективное повышение урожайности зависит от одновременного улучшения всех компонентов урожая. Фактически, селекция, основанная только на урожайности зерна, часто менее эффективна и действенна, поэтому отбор должен производиться на основе различных характеристик урожая.

Исследование взаимосвязей признаков в среднеранней группе новых самоопыленных линий кукурузы за два года исследования показывает положительную корреляцию с признаком «урожайность зерна» (Таблица 28).

Признаки, которые показали высокую корреляцию с «урожайностью зерна» были теми же, что и в раннеспелой группе новых линий – «вес початка» ($r = 0,69$), «вес зерна с початка» ($r = 0,68$) и «выход зерна» ($r = 0,67$), за исключением признака «кол-во дней от всходов до цветения початков», который в среднеранней группе новых линий имел более высокий показатель ($r = 0,62$), чем в раннеспелой группе ($r = 0,01$).

Графическая интерпретация взаимодействия между признаками раннеспелой группы новых линий за два года исследования представлены на рисунке 10. Графики рассеивания показывают, что с увеличением значений признаков «вес початка», «вес зерна с початка», «выход зерна» происходило увеличение урожайности зерна новых самоопыленных линий кукурузы в сложившихся условиях выращивания. Так, линия Лн0716, имеющая самый высокий показатель урожайности в своей группе (26,9 ц/га), имела одни из самых высоких значений по признакам «вес початка» и «вес зерна с початка» – 106,6 и

86,2 г, соответственно. Также высоким у этой линии был показатель признака «выход зерна» – 81,2%.

Таблица 28 – Коэффициенты корреляции между основными признаками растений среднеранних инбредных линий, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

	Урожай- ность зерна	Длина початка	Диаметр початка	Число зерен в ряду	Вес початка	Вес зерна с початка	Число рядов зерен	Масса 1000 зерен	Высота растений	Высота прикреп. початка	Выход зерна
Длина початка	0,22										
Диаметр початка	0,54	0,14									
Число зерен в ряду	0,24	0,43	0,27								
Вес початка	0,69*	0,37	0,69*	0,57							
Вес зерна с початка	0,68*	0,36	0,68*	0,58	0,97*						
Число рядов зерен	0,10	-0,22	0,40	0,19	0,20	0,22					
Масса 1000 зерен	0,36	0,42	0,35	-0,24	0,42	0,41	-0,47				
Высота растений	0,18	0,28	-0,05	-0,04	0,28	0,26	-0,05	0,22			
Высота прикреп. Початка	0,22	0,13	-0,25	0,06	0,21	0,21	-0,05	-0,05	0,75*		
Выход зерна	0,67*	-0,11	0,21	-0,03	0,33	0,33	-0,16	0,34	-0,32	-0,05	
Кол-во дней от всходов до цветения початков	0,62*	0,22	0,66	0,49	0,63*	0,64*	0,33	0,18	-0,17	-0,02	0,40

Примечание: * выделенные коэффициенты корреляции достоверны на высоком уровне значимости $P < 0,05$

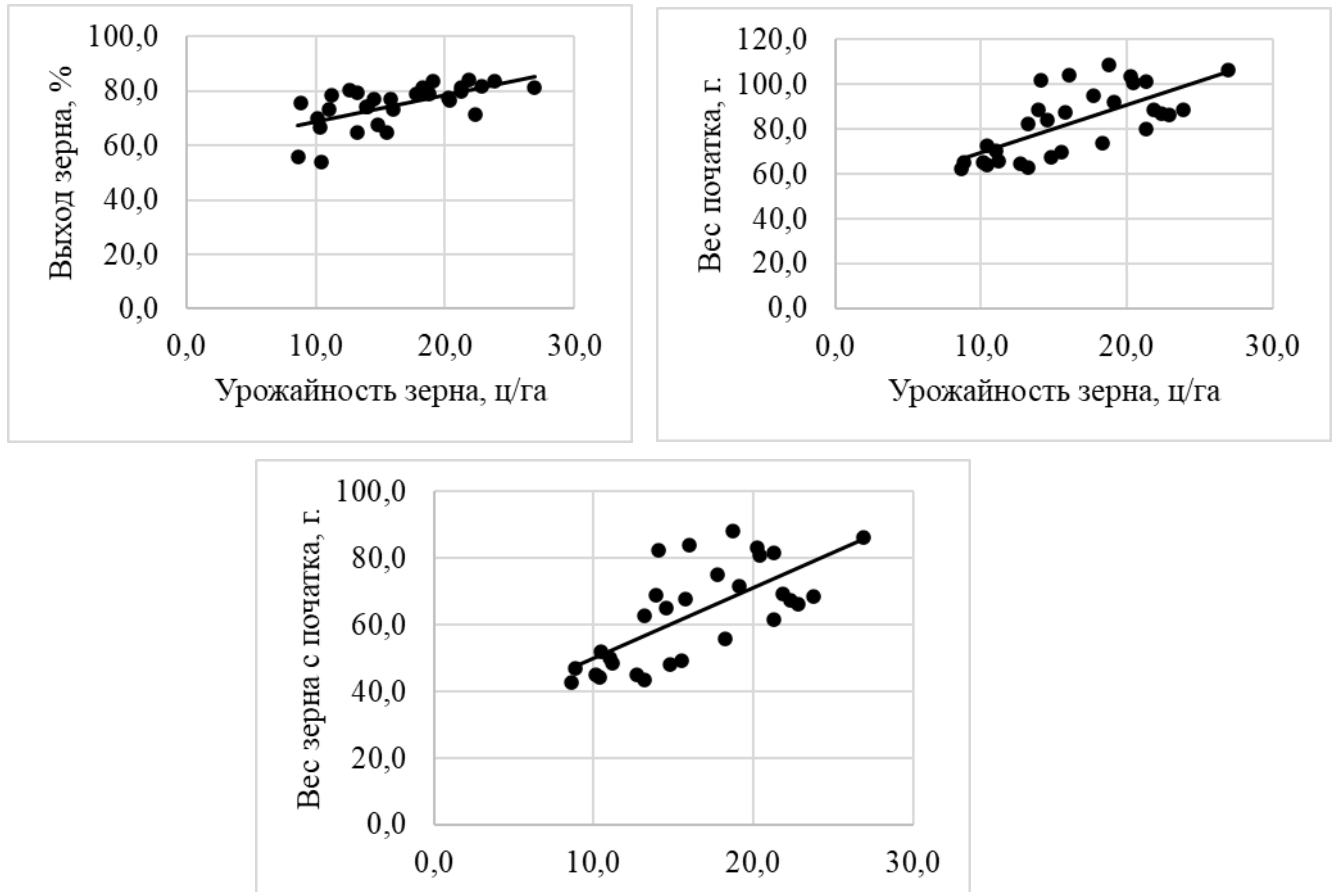


Рисунок 10 – Зависимость урожайности зерна самоопыленных линий кукурузы раннеспелой группы от признаков продуктивности, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

На рисунке 11 представлено графическое отображение корреляционных взаимодействий между урожайностью и признаками продуктивности среднеранней группы новых линий. Линия Лн0728, являясь самой урожайной в своей группе (29,8 ц/га), также была самой позднеспелой. Ее показатель «количество дней от всходов до цветения початков» составил 58 дней в среднем за два года исследования. Данное обстоятельство подтверждается многими ранними исследованиями, в которых отмечается тесная взаимосвязь поздних сроков созревания с высокими показателями урожайности зерна. Признаки «вес зерна с початка» и «выход зерна» у линии Лн0728 также имеют высокие значения – 94,3 г и 81,2%, соответственно.

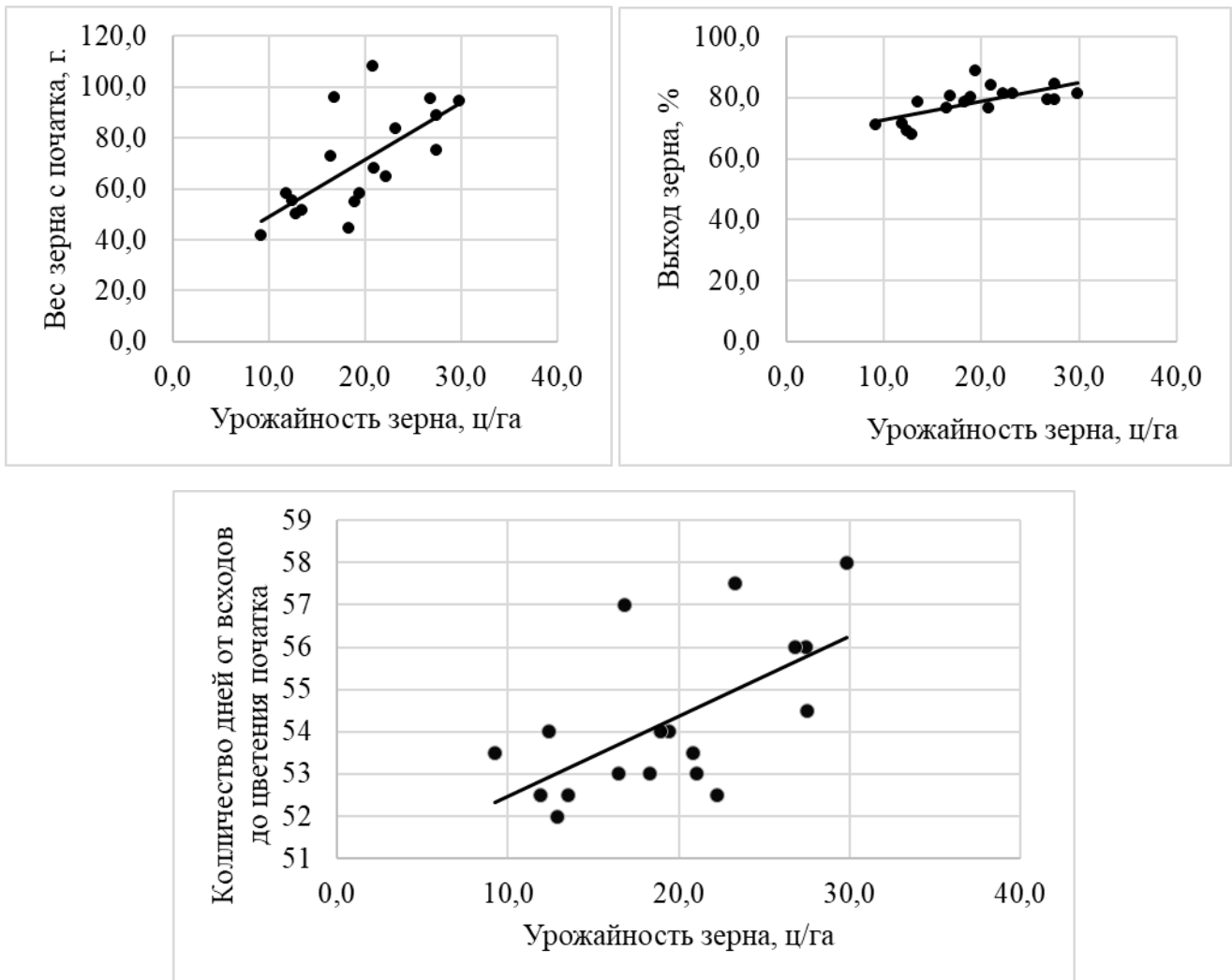


Рисунок 11 – Зависимость урожайности зерна самоопыленных линий кукурузы среднеранней группы от признаков продуктивности, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

3.5 Динамика влагоотдачи зерном при созревании

Успешное производство кукурузы напрямую зависит от множества факторов, среди которых одним из важнейших является способность зерна к быстрой влагоотдаче при созревании. Процесс потери влаги в зерне кукурузы имеет значительное влияние на экономическую эффективность выращивания культуры. Быстрая влагоотдача позволяет значительно снизить затраты на послеуборочную сушку зерна, которая может составлять до 30% от всех энергетических затрат на производство. Особенно это важно в регионах с коротким безморозным периодом, где быстрая потеря влаги зерном снижает

риски потерь урожая от ранних заморозков и позволяет более оперативно завершить уборочную кампанию [57, 145, 163].

Селекция на быструю влагоотдачу зерном без снижения урожайности является актуальной задачей, так как современные технологии и методы позволяют не только повысить производительность, но и сократить расходы, связанные с сушкой зерна.

Важность создания новых линий и гибридов кукурузы с ускоренной влагоотдачей заключается в возможности интеграции таких линий в существующие системы производства, что обеспечит не только более устойчивую урожайность, но и позволит оптимизировать процессы хранения и переработки [150].

Процесс потери влаги зерном кукурузы является сложным и многофакторным, включая как генетические, так и физиологические аспекты развития растений. Морфологические признаки початков, такие как количество и плотность оберток, диаметр стержня и биохимический состав зерна, играют ключевую роль в скорости влагоотдачи. Однако важнейшей задачей селекционеров является выявление генотипов с быстрой отдачей влаги, которая должна сочетаться с высокой урожайностью. Это требует глубокого понимания динамики физиологических процессов и их зависимости от внешних факторов. Важно отметить, что наряду с повышением скорости влагоотдачи, критически важным является сохранение высокого уровня урожайности, что делает задачу селекции этих линий особенно сложной и многогранной [64, 120, 162, 228].

В 2017–2018 гг. был проведен эксперимент, направленный на изучение динамики влагоотдачи зерном кукурузы при созревании. В нем приняли участие девять линий кукурузы, отобранных на основе высокой общей комбинационной способности (ОКС). Посев был выполнен в селекционном питомнике с применением единых агротехнических приемов. Особое внимание уделялось обеспечению одновременного опыления всех растений, что достигалось путем изоляции початков до начала цветения. В период массового цветения изоляторы были удалены, и початки опылялись вручную, что обеспечивало синхронизацию процессов опыления на всех делянках [103].

Для изучения динамики влагоотдачи зерна, пробы влажности проводились с интервалом в 7 дней, начиная с 30-го дня после опыления, до достижения полной спелости. Отбор проб осуществлялся с каждой делянки, используя 3–4 початка. Измерение влажности проводилось с помощью влагомера GAC2100 Agri (США). Этот метод позволил отслеживать изменения влажности зерна на разных стадиях созревания [187, 192].

Как было отмечено выше, всего в опыте было использовано девять линий, шесть из которых – линии с высокой ОКС по урожайности зерна и три – с высокой СКС по урожайности зерна. В таблице 29 приведена характеристика процесса потери влаги различными линиями.

Таблица 29 – Динамики потери влаги зерном при созревании новых инбредных линий кукурузы, 2017–2018 гг (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

№ делянки	Линия	Влажность зерна на момент взятия пробы, %				
		1 проба	2 проба	3 проба	4 проба	5 проба
180	Лн0613	40,7	35,5	23,2	13,1	9,2
181	Лн0626	37,3	29,4	22,7	13,5	10,9
182	Лн0633	39,4	36,8	18,4	13,1	10,9
183	Лн0667	40,3	34,5	18,9	13,2	11,2
184	Лн0681	42,9	38,3	34,8	15,3	11,3
185	Лн0685	39,2	34,5	32,2	14,7	9,1
186	Лн0706	41,6	32,9	24,0	13,1	9,3
187	Лн0718	37,9	35,1	32,1	14,1	11,3
188	Лн0720	39,3	34,5	17,2	12,9	11,5
НСР _{0,5}		2,2	2,3	1,9	1,7	1,6

Как следует из таблицы линии Лн0681, Лн0685, Лн0718, Лн0613, Лн0626, и Лн0706 показали наибольшие темпы потери влаги на заключительных стадиях созревания. Например, влажность зерна линии Лн0681 снизилась с 34,8% до 15,3% (снижение на 56%), что свидетельствует о высокой скорости влагоотдачи в конце созревания. Линия Лн0718 показала снижение с 32,1% до 14,1% (потеря 56,1%), а Лн0685 — с 32,2% до 14,7% (потеря 54,3%). Эти линии демонстрируют идеальное сочетание медленного налива зерна на начальных этапах с последующей быстрой отдачей влаги в конце. Это важно для достижения высокой урожайности, поскольку зерно успевает накопить значительное количество сухих

веществ, а затем быстро теряет влагу, что облегчает уборку и снижает затраты на сушку.

Напротив, линии, которые начинают быстро терять влагу на ранних стадиях созревания, не успевают завершить налив зерна, что негативно сказывается на их урожайности. Например, линии, которые демонстрируют более раннюю потерю влаги, как правило, имеют меньшее накопление сухих веществ и, соответственно, более низкую урожайность. Так, линия Лн0633 показала относительно раннюю потерю влаги, уже к третьей пробе её влажность снизилась до 18,4%. Это свидетельствует о том, что процесс налива зерна завершился слишком рано, что ограничило накопление сухих веществ. Урожайность этой линии составила всего 13,7 ц/га, что заметно ниже по сравнению с более продуктивными линиями. Быстрая потеря влаги на начальных этапах созревания не позволила линии реализовать потенциал по урожайности, несмотря на то что к моменту уборки влажность зерна была относительно низкой – 12,9%.

В таблице 30 приведены результаты оценки показателей новых инбредных линий кукурузы.

Таблица 30 – Результаты оценки новых инбредных линий 2017–2018 гг.

№ делянки	Линия	Урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность, %
180	Лн0613	18,5	13,0
181	Лн0626	25,7	12,8
182	Лн0633	13,7	12,9
183	Лн0667	13,2	13,0
184	Лн0681	26,0	12,9
185	Лн0685	29,9	13,0
186	Лн0706	21,0	12,8
187	Лн0718	29,0	12,8
188	Лн0720	21,5	13,1
НСР _{0,5}		2,1	1,8

Анализ урожайности показал, что линии с более длительным процессом налива зерна, такие как Лн0685 и Лн0718, достигли высоких показателей урожайности — 29,9 ц/га и 29,0 ц/га соответственно. Эти линии показали не только быструю влагоотдачу на завершающих этапах, но и высокую способность к накоплению сухих

веществ, что положительно сказывается на конечной урожайности. Линия Лн0681, имея также длительный период налива и быструю потерю влаги в конце, показала урожайность 26,0 ц/га при уборочной влажности 12,9%.

Таким образом, идеальные линии для селекции – это те, которые медленно теряют влагу на начальных этапах, что позволяет зерну накопить больше сухих веществ, и быстро теряют влагу на завершающих стадиях, что облегчает процесс уборки. Линии Лн0681, Лн0685, Лн0718 являются яркими примерами таких линий, обладающих высокой урожайностью и оптимальной динамикой потери влаги, что делает их перспективными для дальнейшей селекции.

На представленном графике (Рисунок 12) изображена динамика потери влаги у двух линий кукурузы — Лн0633 и Лн0685 – в процессе их созревания.

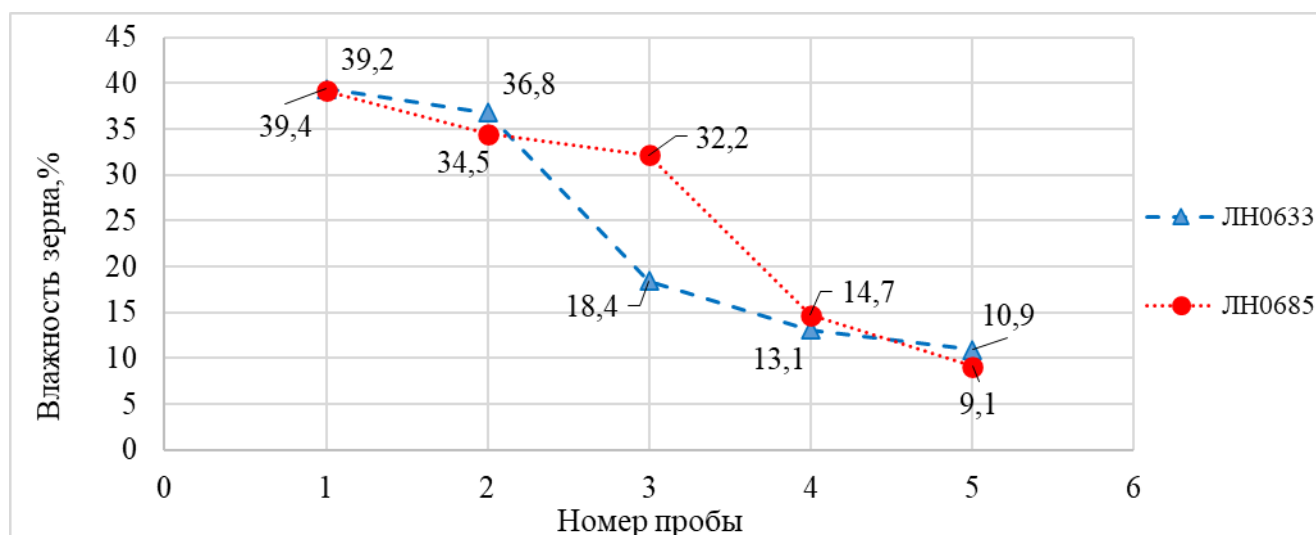


Рисунок 12 – Динамика потери влаги зерном при созревании линий Лн0633 и Лн0685, 2017–2018 гг.

Стартовая влажность зерна у обеих линий была одинаковой, конечная влажность у линии Лн0685 была на 1,8% ниже, чем у линии Лн0633. Динамика обеих линий имеют схожие начальные значения влажности: Лн0633 стартует с 39,4%, а Лн0685 – с 39,2%. Однако уже на втором этапе наблюдаются различия в скорости влагоотдачи. Лн0685 постепенно теряет влагу, снижая показатель до 34,5%, тогда как Лн0633 демонстрирует более медленное снижение до 36,8%.

Между второй и третьей пробами линии показывают существенные различия. Лн0633 резко ускоряет потерю влаги и снижает влажность до 18,4%, в то время как Лн0685 более плавно переходит к показателю 32,2%. Это свидетельствует о более интенсивной потере влаги у Лн0633 в этот период по сравнению с Лн0685.

На следующем этапе между третьей и четвертой пробами обе линии демонстрируют интенсивную потерю влаги, но Лн0633 продолжает терять влагу более резко, снижая показатель с 18,4% до 13,1% (потеря более 29%), тогда как Лн0685 снижает влажность с 32,2% до 14,7%, что также указывает на ускорение влагоотдачи, но на менее интенсивном уровне.

К пятой пробе Лн0685 достигает самой низкой влажности – 9,1%, тогда как Лн0633 фиксирует показатель 10,9%. Лн0685 демонстрирует более равномерную потерю влаги на всех этапах созревания, а Лн0633 теряет влагу значительно быстрее на среднем этапе. Однако медленная потеря влаги на начальных этапах у Лн0685 способствует более продолжительному процессу налива зерна, что позволяет накопить больше сухих веществ, обеспечивая тем самым более высокий урожай. В итоге Лн0633 теряет влагу быстрее, но это может ограничивать накопление урожайности.

На рисунке 13 представлена динамика потери влаги зерном для двух линий кукурузы – Лн0667 и Лн0718. Линия Лн0667 начинается с более высокой влажности 40,3% в первой пробе, тогда как Лн0718 стартует с 37,9%.

На втором этапе Лн0718 показывает более медленное снижение влажности до 35,1%, в то время как Лн0667 снижается до 34,5%. Уже на этом этапе можно отметить, что Лн0667 демонстрирует более быструю потерю влаги, по сравнению с Лн0718, несмотря на их схожие результаты во второй пробе. Между второй и третьей пробами разница становится более очевидной. Лн0667 ускоряет потерю влаги и к третьей пробе опускается до 19,9%, в то время как Лн0718 снижается только до 32,1%.

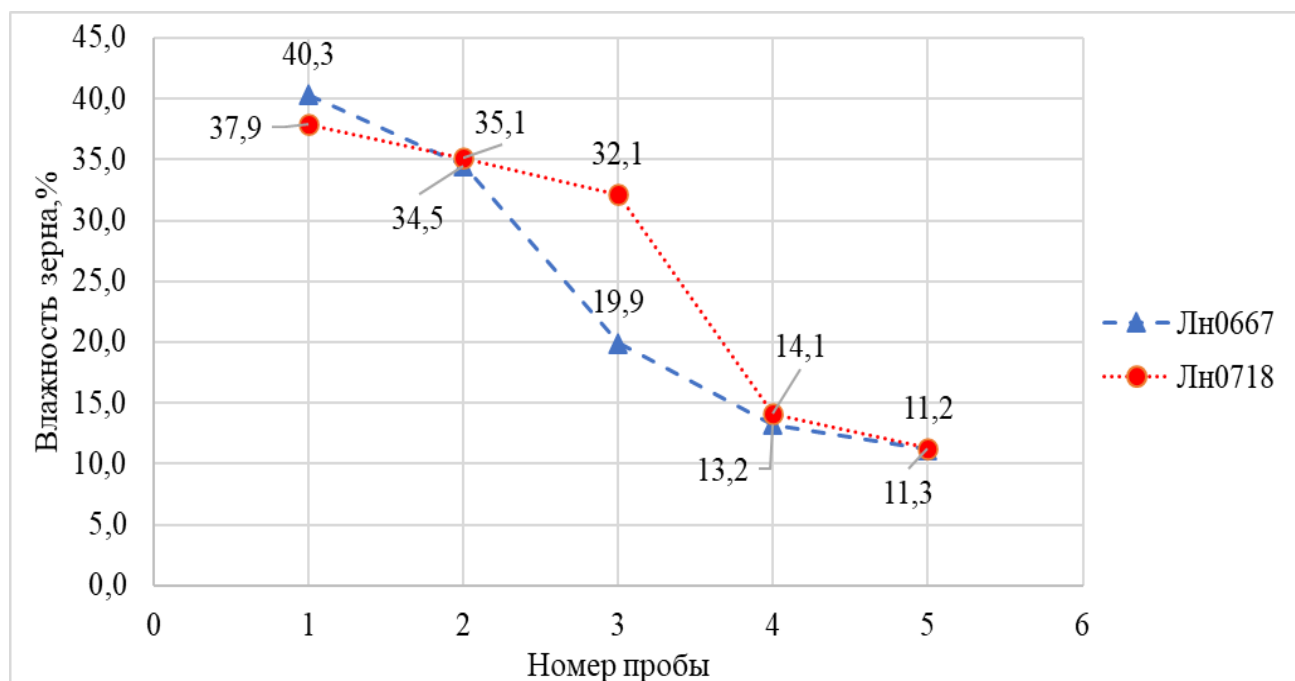


Рисунок 13 – Динамика потери влаги зерном при созревании линий Лн0667 и Лн0718, 2017–2018 гг.

Это свидетельствует о том, что Лн0667 на среднем этапе активно теряет влагу, в отличие от Лн0718, которая сохраняет более высокие показатели влажности, что может свидетельствовать о продолжительном наливе зерна.

На промежутке между третьей и четвертой пробами обе линии резко теряют влагу. Лн0667 снижается с 19,9% до 13,2%, а Лн0718 – с 32,1% до 14,1%, что указывает на ускорение влагоотдачи у Лн0718 в этот период. Однако к пятой пробе линии выравниваются: Лн0667 фиксирует влажность на уровне 11,2%, а Лн0718 – 11,3%.

Таким образом, Лн0667 показывает более резкую потерю влаги на всех этапах, особенно на среднем этапе, тогда как Лн0718 демонстрирует более плавную динамику, с задержкой влагоотдачи на начальных этапах, что может способствовать более высокому урожаю за счёт продолжительного налива зерна.

4 ОЦЕНКА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ, ПОЛУЧЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕСТИРОВАНИЯ НОВЫХ САМООПЫЛЕННЫХ ЛИНИЙ

Как отмечалось ранее, селекция гибридной кукурузы основывается на использовании явления гетерозиса, что позволяет получать высокоурожайные и устойчивые гибриды при скрещивании различных линий. Одним из важнейших критериев отбора перспективных родительских форм является комбинационная способность – способность линии проявлять хозяйственно важные признаки в гибридных комбинациях. Комбинационная способность подразделяется на общую (ОКС) и специфическую (СКС). ОКС отражает потенциал линии в формировании продуктивных гибридов независимо от комбинации с тестером, тогда как СКС характеризует способность линии демонстрировать высокие показатели в конкретных комбинациях [16, 24]

Методы оценки комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы занимают центральное место в селекционных программах. Наиболее часто используются два основных подхода: система диаллельных скрещиваний и топкроссные скрещивания. Диаллельные скрещивания, несмотря на свою высокую информативность, являются довольно трудоемкими, что ограничивает их использование в массовых программах [134]. В свою очередь, топкроссные скрещивания отличаются большей простотой и позволяют быстро и эффективно оценивать комбинационную способность линий, что делает их предпочтительным методом для большинства селекционеров.

Основой данного исследования является изучение 48 новых линий кукурузы, которые были скрещены с девятью тестерами (Таблица 31). Каждый тестер представляет собой гибрид, принадлежащий к различным гетерозисным группам. Основная цель работы – выделение наиболее перспективных линий с высокой ОКС и СКС, которые могут быть использованы в дальнейших циклах селекции для создания гибридов с высокой продуктивностью и адаптивностью к условиям выращивания.

Таблица 31 – Гетерозисные группы зародышевой плазмы тестеров, использованных в исследованиях в 2016–2018 гг.

Название	Комбинация гетерозисной группы
(Кр714627м × Лн008); (Лн0159С × Лн0614); (Кр742м × Лн0716);	<i>(Iodent × Stiff Stalk Synthetic)</i>
(Лн0479 × Лн0159)	<i>(Stiff Stalk Synthetic × Iodent)</i>
(Кр752м × Лн0684); (Кр627м × Лн0699); (Лн0627 × Лн0728)	<i>(Iodent × Lancaster)</i>
(Лн0823 × Лн070)	<i>(Mindszenpuszta × Lancaster)</i>
(Лн0711 × Лн008)	<i>(Mindszenpuszta × Stiff Stalk Synthetic)</i>

Использованные в наших исследованиях в качестве тестеров-анализаторов простые гибриды относились к двум вегетационным группам. В раннеспелую вошло 4 гибрида, в среднераннюю – 5 гибридов (Таблица 32).

Таблица 32 – Группы спелости тестеров, использованных в исследованиях в 2016–2018 гг.

Название	Группа спелости	Дней от всходов до цветения початка	Количество тестеров
(Кр714627м × Лн008); (Лн0159С × Лн0614); (Лн0479 × Лн0159); (Кр742м × Лн0716);	Раннеспелая (ФАО 100–199)	50–55	4
(Кр752м × Лн0684); (Кр627м × Лн0699); (Лн0627 × Лн0728); (Лн0823 × Лн070); (Лн0711 × Лн008)	Среднеранняя (ФАО 200–250)	55–60	5

Целью данной работы является всесторонняя оценка общей комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы, их влияние на гибридную продуктивность и выделение перспективных генотипов для дальнейших исследований и практического применения в селекции гибридов.

4.1 Анализ общей комбинационной способности новых самоопыленных линий по урожайности зерна

Для оценки комбинационной способности использовалась схема топкроссных скрещиваний. Всего было проведено 178 тесткроссов, распределенных по трем топкроссным группам: первая группа включала 20 новых линий и 3 тестера, в результате скрещиваний было получено 60 тесткроссных гибридов; вторая группа состояла из 21 линии и 3 тестеров, итогом чего стали 63 тесткросса; в третью группу входили 18 линий и 3 тестера, получено 54 тесткросса. Все линии были скрещены с тестерами, принадлежащими к разным гетерозисным группам, что позволило более точно оценить их комбинационную способность. Схема эксперимента включала трехкратную повторность, а для учета урожая использовалась стандартная методика измерения. Данные по урожайности и влажности зерна фиксировались с использованием экспресс-влажмера [102, 105].

Дисперсионный анализ комбинационной способности родительских форм топкроссных скрещиваний (Таблица 33) показывает, что на результаты опытов оказывали влияния не только генетические взаимодействия, но и сложившиеся условия выращивания.

Из результатов дисперсионного анализа урожайности зерна полученных тесткроссов следует, что отношение средних квадратов (ms) для общей комбинационной способности (ОКС) и специфической комбинационной способности (СКС) в большинстве случаев превышает значение единицы. Этот факт говорит о том, что аддитивные генетические эффекты имеют преобладающее значение над неаддитивными. Однако, важно отметить, что высокие значения средних квадратов СКС также указывают на существенное влияние неаддитивных генетических эффектов в области комбинационной способности полученных тесткроссов [33].

Таблица – 33 Результаты дисперсионного анализа комбинационной способности топкроссных групп 2016–2018 гг.

Источник вариации	ОКС линий	ОКС тестеров	СКС	Остаточная	mSOKC линий/mSCKC	mSOKC тестеров/mSCKC	
1-я топкроссная группа							
Число степеней свободы	19	2	38	118	–	–	
Средние квадраты	2016 г.	65,1	0,6	19,8	9,3	3,3	0,2
	2017 г.	70,5	426,9	60,9	6,4	1,2	7,0
	2018 г.	51,7	94,1	72,5	1,1	0,7	1,3
2-я топкроссная группа							
Число степеней свободы	20	2	40	124	–	–	
Средние квадраты	2016 г.	83,0	30,4	33,9	3,7	2,4	0,9
	2017 г.	165,6	1079,8	114,9	5,7	1,4	9,4
	2018 г.	145,8	222,1	94,0	1,0	1,6	2,4
3-я топкроссная группа							
Число степеней свободы	17	2	34	106	–	–	
Средние квадраты	2016 г.	59,6	99,8	63,8	2,9	0,9	1,6
	2017 г.	176,4	2110,4	98,7	2,1	1,8	21,4
	2018 г.	269,3	168,5	73,8	0,6	3,7	2,3
(F _{факт} > F _{0,05})							

Генотипические различия, а также разница в погодных условиях – все это имеет влияние на результаты опытов по определению ОКС новых линий в топкроссных скрещиваниях. Так, некоторые из лучших по общей комбинационной способности самоопыленные линии первой топкроссной группы демонстрируют различную динамику по значениям ОКС и урожайности зерна в зависимости от года (Таблице 34). Так, линия Лн0713 показала высокие значения ОКС в 2017 г. (10,1), что коррелирует с наибольшей средней урожайностью зерна в этом г. (60,7 ц/га). Однако в 2016 и 2018 годах её показатели были ниже, что также отразилось на урожайности зерна (54,4 и 27,1 ц/га соответственно).

Линия Лн0720 показала устойчиво высокие значения ОКС в 2016 и 2017 годах (8,5 и 10,2), что отразилось на высокой урожайности (56,7 и 60,8 ц/га соответственно), однако в 2018 г. значения ОКС значительно снизились (3,8), что также сказалось на урожайности (24,5 ц/га).

Таблица 34 – Значения ОКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 1-й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0713	6,2	10,1	6,4	54,4	60,7	27,1
Лн0720	8,5	10,2	3,8	56,7	60,8	24,5
Лн0693	4,1	5,6	1,6	52,3	56,8	22,3
Лн0667	4,5	2,4	3,3	52,7	52,9	24,1
Лн0602	6,5	1,0	2,6	54,7	51,6	23,1
Лн008	5,6	3,2	2,4	53,8	53,7	23,1
НСР _{0,5}	3,4	2,8	1,1	–	–	–
Средняя	–	–	–	54,1	56,0	24,1

Примечание. Использовано: 3 тестера (Кр714627м×Лн008), (Лн0159×Лн0614), Лн0479×Лн0159), и 20 линий, получено 60 тесткроссов.

Линия Лн0693 имеет менее стабильные значения ОКС с наибольшим значением в 2017 г. (5,6), однако в 2016 и 2018 гг. наблюдается снижение (4,1 и 1,6 соответственно). Соответственно, урожайность зерна также снизилась с 52,3 ц/га в 2016 г. до 22,3 ц/га в 2018 г.

Линии Лн0667 и Лн0602 также показали колебания в значениях ОКС, при этом линия Лн0667 продемонстрировала минимальные значения в 2017 г. (2,4), что отразилось на наименьшей урожайности зерна в этом г. (52,9 ц/га). Лн0602 показала высокие значения ОКС в 2016 г. (6,5), но снизила их до 1,0 в 2017 г. и до 2,6 в 2018 г., что повлияло на снижение урожайности зерна с 54,7 ц/га в 2016 г. до 23,1 ц/га в 2018 г. Линия Лн008 имела относительно стабильные, но невысокие значения ОКС на протяжении всех трёх лет (5,6, 3,2 и 2,4 соответственно), что отражается на стабильности её урожайности зерна, которая колебалась в пределах 53,8–23,1 ц/га.

Таким образом, представленные в таблице данные свидетельствуют, что наибольшая урожайность зерна наблюдалась в 2016 и 2017 гг., когда значения ОКС были выше, тогда как в 2018 г. общая комбинационная способность большинства линий снизилась, что повлекло за собой снижение урожайности зерна.

В таблице 35 представлены данные лучших по общей комбинационной способности (ОКС) для шести инбредных линий кукурузы, которые были скрещены с тестерами во 2-й топкроссной группе в период с 2016 по 2018 гг.

Таблица 35 – Значения ОКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 2-й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0685	7,5	18,8	5,0	57,7	68,6	29,4
Лн0613	7,5	9,4	8,6	57,7	59,2	33,0
Лн0720	7,9	4,9	11,5	58,2	54,7	35,9
Лн0634	6,9	9,6	6,8	57,2	59,5	31,3
Лн0605	9,3	4,1	8,1	59,6	54,0	32,5
Лн0608	4,7	5,3	9,8	54,9	55,1	34,2
НСР _{0,5}	2,1	2,7	1,1	–	–	–
Средняя	–	–	–	57,6	58,5	32,7

Примечание. Использовано: 3 тестера (Кр752м × Лн0684), (Лн0711 × Лн008), (Кр742м × Лн0716) и 21 линия, получено 63 тесткрасса.

Также представлены средние значения урожайности зерна по тестерам в эти годы. Анализ данных позволяет выявить стабильность или изменчивость комбинационной способности линий в разные годы, а также сравнить их по урожайности зерна. Средние значения урожайности по всем линиям составляют 57,6 ц/га в 2016 г., 58,5 ц/га в 2017 г. и 32,7 ц/га в 2018 г. Заметно снижение урожайности в 2018 г., что может быть связано с неблагоприятными условиями выращивания или другими внешними факторами, влияющими на продуктивность кукурузы.

Так, линия Лн0685 показывает наибольшее значение ОКС в 2017 г. (18,8), что сопровождается высокой урожайностью (68,6 ц/га), но в 2018 г. значения ОКС и урожайности снижаются (5,0 и 29,4 ц/га соответственно).

Линия Лн0613 демонстрирует относительно стабильные значения ОКС и урожайности на протяжении всех трех лет. Значение ОКС в 2018 г. (8,6) выше, чем у большинства других линий, и урожайность также остается на высоком уровне (33,0 ц/га), что свидетельствует о хорошей адаптации линии к различным условиям.

Лн0720 характеризуется высокими значениями ОКС в 2016 г. (7,9) и 2018 г. (11,5), причем урожайность в 2018 г. составляет 35,9 ц/га, что выше среднего уровня для этого года.

Из анализа таблицы следует, что наиболее перспективными линиями по общей комбинационной способности и урожайности являются Лн0685, Лн0613 и Лн0720. Эти линии показывают высокие значения ОКС и урожайности, особенно в благоприятные годы (2016 и 2017). Линия Лн0613 выделяется стабильностью, демонстрируя устойчивую продуктивность на протяжении всех трех лет. Линии Лн0605 и Лн0608, несмотря на колебания ОКС, имеют потенциал для использования в селекционных программах, особенно в зависимости от конкретных условий выращивания. В целом, данные таблицы подтверждают важность многолетнего анализа для оценки стабильности линий и их пригодности для дальнейшей селекционной работы.

В таблице 36 представлены данные лучших по общей комбинационной способности (ОКС) инбредных линий кукурузы из 3-й топкроссной группы за 2016–2018 гг.

Таблица 36 – Значения ОКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 3-й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Урожайность зерна в среднем по тестерам, ц/га		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0626	7,7	20,3	18,9	56,5	70,1	43,6
Лн0613	5,9	9,0	14,7	54,7	58,8	39,4
Лн0633	6,6	3,3	14,2	55,4	53,1	39,0
Лн0711	3,9	6,3	11,7	52,8	56,1	36,4
Лн0724	1,9	4,7	1,1	50,7	54,6	25,8
НСР _{0,5}	1,9	1,6	0,9	–	–	–
Средняя	–	–	–	54,0	58,5	36,8

Примечание. Использовано 3 тестера (Лн0823×Лн070), (Лн0627×Лн0728), (Кр627м×Лн0699) и 18 линий, получено 54 тесткросса.

Средние значения урожайности для всех линий варьируются от 54,0 ц/га в 2016 г. до 36,8 ц/га в 2018 г., что свидетельствует о снижении продуктивности в зависимости от года исследования, возможно, из-за неблагоприятных погодных условий или других факторов окружающей среды.

Линия Лн0626 демонстрирует высокие значения ОКС, особенно в 2017 (20,3) и 2018 гг. (18,9), что коррелирует с высокой урожайностью зерна (70,1 и 43,6 ц/га соответственно). Эта линия выделяется как одна из самых перспективных, так как её ОКС остаётся стабильно высоким в разные годы исследования, что свидетельствует о её способности поддерживать высокие показатели продуктивности даже в менее благоприятных условиях. Лн0711 имеет более низкие значения ОКС, особенно в 2016 и 2017 гг., однако в 2018 г. показатель ОКС достигает 11,7, что сопровождается умеренной урожайностью (36,4 ц/га). Линия Лн0724 демонстрирует наименьшие значения ОКС во всех годах, особенно в 2018 г. (1,1), что сопровождается самой низкой урожайностью зерна среди всех линий (25,8 ц/га), что делает её наименее перспективной для дальнейшего использования.

Таким образом, наиболее перспективными линиями являются Лн0626 и Лн0613, которые показывают высокие и стабильные значения ОКС и урожайности зерна в разные годы исследования. Линии Лн0633 и Лн0711 также могут рассматриваться для дальнейшего использования, несмотря на колебания их показателей. Линия Лн0724, напротив, показала себя наименее продуктивной и перспективной.

Значения ОКС тестеров и варианс СКС по показателю урожайности зерна позволили оценить, насколько тестеры проявляют себя в различных комбинациях с линиями в разные годы (Таблица 37).

Таблица 37 – Значения ОКС тестеров по показателю урожайности зерна, 2016–2018 гг.

Тестер	Эффекты ОКС			Вариансы СКС		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
(Кр714627м × Лн008)	0,1	-5,3	-0,8	8,1	23,3	50,2
(Лн0159С × Лн0614)	-0,2	2,8	-1,7	5,5	35,9	47,5
(Лн0479 × Лн0159)	0,2	2,5	2,5	-0,1	44,7	44,9
НСР _{0,5} / Среднее	1,1	0,9	0,4	4,4	34,5	47,3
(Кр752м × Лн0684)	-0,3	-3,3	-2,5	14,5	38,8	46,4
(Лн0711 × Лн008)	1,3	8,2	3,7	17,9	88,4	72,9
(Кр742м × Лн0716)	-1,0	-4,9	-1,2	25,0	86,3	65,8
НСР _{0,5} / Среднее	0,7	0,8	0,4	19,1	71,2	61,7
(Лн0823 × Лн070)	2,7	12,5	3,1	39,8	60,5	60,7
(Лн0627 × Лн0728)	-1,3	-5,3	-3,0	17,5	37,3	24,9
(Кр627м × Лн0699)	-1,4	-7,2	-0,1	62,1	93,5	60,3
НСР _{0,5} / Среднее	0,7	0,6	0,3	39,8	63,8	48,6

Тестеры показывают значительную изменчивость в значениях ОКС по годам. Некоторые из них демонстрируют стабильные или высокие значения по годам, в то время как другие тестеры теряют свои позиции.

Тестер (Лн0711 × Лн008) показал наибольшие положительные эффекты ОКС в 2017 и 2018 годах (8,2 и 3,7 соответственно), что сопровождалось стабильным повышением его комбинационной способности по сравнению с другими тестерами. Это указывает на его высокую пригодность для скрещиваний в условиях этих лет.

Тестер (Кр714627м × Лн008) продемонстрировал отрицательные значения ОКС в 2017 г. (-5,3) и в 2018 г. (-0,8), что указывает на его низкую комбинационную способность в эти годы. В 2016 г. его значение было почти нейтральным (0,1), что свидетельствует о средней продуктивности в первый год.

Тестер (Лн0823 × Лн070) также продемонстрировал положительные значения ОКС, особенно в 2017 г. (12,5), что делает его перспективным для использования в селекционных программах в условиях, подобных 2017 г.

Тестеры, такие как (Лн0711 × Лн008) и (Лн0823 × Лн070) демонстрируют высокие значения ОКС и могут быть перспективны для использования в программах селекции кукурузы, особенно в условиях, сходных с 2017 и 2018 гг. Однако их высокая изменчивость по СКС требует осторожного подхода при планировании скрещиваний.

В свою очередь, такие тестеры, как (Кр714627м × Лн008) и (Кр627м × Лн0699) показали низкие значения ОКС и высокие варианты СКС. Из литературных источников следует [28, 83], что подобные тестеры более пригодны для оценки линий по комбинационной способности, поскольку высокоурожайные тестеры дают худшие результаты, чем менее урожайные, поскольку первый маскирует результаты за собственными высокими показателями, а вторые дают четкие различия исследуемых линий по общей комбинационной способности.

4.2 Анализ специфической комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы по урожайности зерна

Как было отмечено ранее, под общей комбинационной способностью подразумевается средний показатель эффекта гетерозиса новой линии по тому или иному признаку, в большом числе гибридных скрещиваний. В свою очередь, специфическая комбинационная способность (СКС) является частным показателем проявления гетерозиса в одном определенном скрещивании.

Ряд авторов в своих работах отмечают, что показатель специфической комбинационной способности более зависима от изменений условий выращивания, места и года проведения опыта [34, 38].

С целью наиболее полного изучения взаимодействия новых самоопыленных линий с тестерами, нами был проведен анализ специфической комбинационной способности в их гибридных топкроссных комбинациях. Из литературных источников известно, что линии с низким показателем ОКС, демонстрирующие стабильную урожайность, имеют в гибридных комбинациях низкие значения по СКС. В связи с этим, нами были выделены линии с высокими показателями ОКС, представляющие наибольший интерес для гетерозисной селекции [125].

Новые линии первой топкроссной группы имеют весьма нестабильные показатели СКС по признаку урожайности зерна во все годы испытаний (Таблица 38).

Таблица 38 – Значения варiances СКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 1-й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Варiances СКС по показателю урожайности зерна		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0713	1,7	82,1	187,4
Лн0720	-4,1	-0,1	73,9
Лн0693	3,3	36,8	64,8
Лн0667	-2,5	4,8	81,8
Лн0602	4,1	2,2	98,9
Лн008	-0,1	192,7	276,3
σ_{2Si} среднее	14,2	54,6	68,3

Учитывая тот факт, что в данной таблице представлены лучшие новые линии, имеющие высокие и стабильные показатели ОКС, считаем возможным рекомендовать линии Лн0713, Лн0720, Лн0693, Лн0667, Лн0602, Лн008 в двойных и трехлинейных скрещиваниях.

Графическое изображение значений ОКС и СКС лучших новых линий первой топкроссной группы по трем годам исследования представлена на рисунке 14.

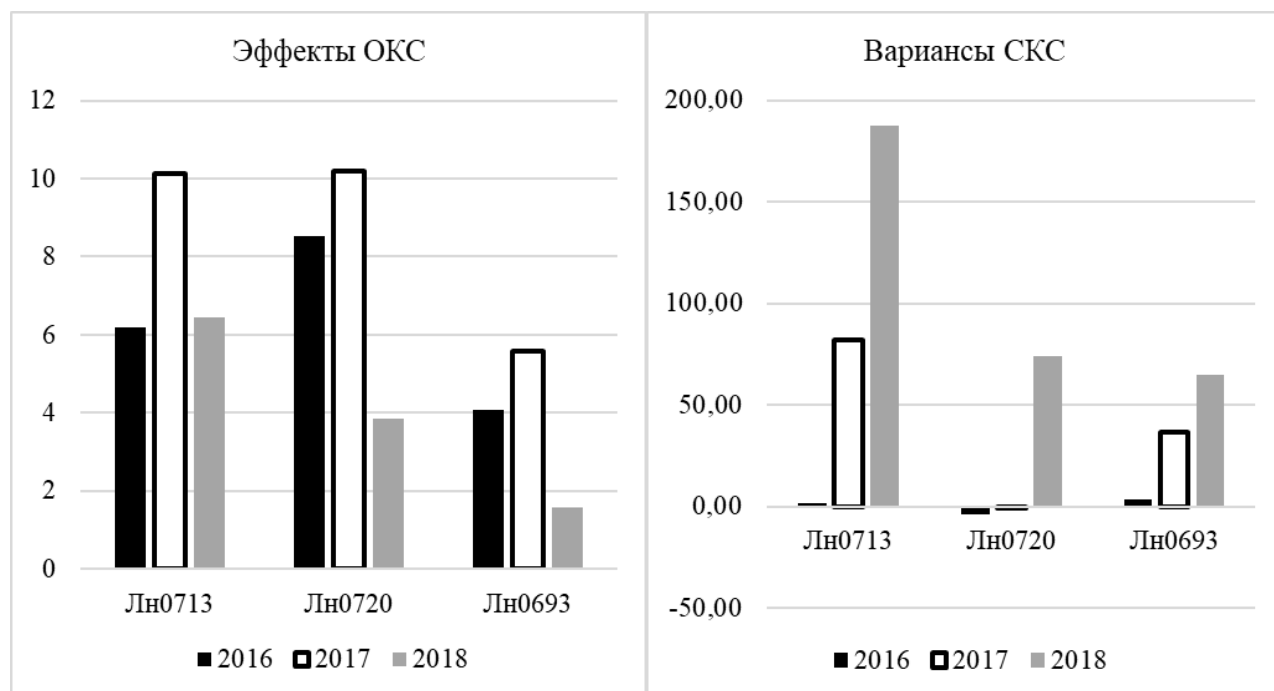


Рисунок 14 – Значения ОКС (слева) и варианты СКС (справа) лучших инбредных линий по показателю урожайности зерна 1-й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Во второй топкроссной группе исследования тескроссных гибридов наиболее высокий и стабильный по всем годам опыта показатель СКС имеет линия Лн0613 (Таблица 39). Данная линия демонстрировала высокую ОКС на протяжении всех лет, при этом варианты СКС остаются высокими во все годы, с пиком в 2017 г. (240,5). Высокие значения и по ОКС, и по СКС свидетельствуют о том, что линия обладает значительным потенциалом для использования в гибридных комбинациях, так как показывает сильные как общие, так и специфические значения комбинационной способности.

Таблица 39 – Значения варiances СКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 2–й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Варiances СКС по показателю урожайности зерна		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0685	6,0	5,6	140,8
Лн0613	83,1	240,5	164,5
Лн0720	14,5	377,4	33,5
Лн0634	2,1	27,3	131,2
Лн0605	7,6	130,6	38,8
Лн0608	-0,5	34,1	4,1
σ^2_{Si} среднее	30,5	106,6	89,1

Линия Лн0685 показывает стабильные или умеренные значения ОКС, при этом варiances СКС демонстрируют резкий рост в 2018 г. (с 6,0 в 2016 г. до 140,8 в 2018 г.), что может свидетельствовать о значительных неаддитивных эффектах на фоне стабильной ОКС.

Остальные же новые линии, несмотря на высокие значения СКС, не имели стабильности по данному показателю в разные годы исследования.

На рисунке 15 приведены значения показателей ОКС и СКС лучших самоопыленных линий 2–й топкроссной группы по трем годам исследования.

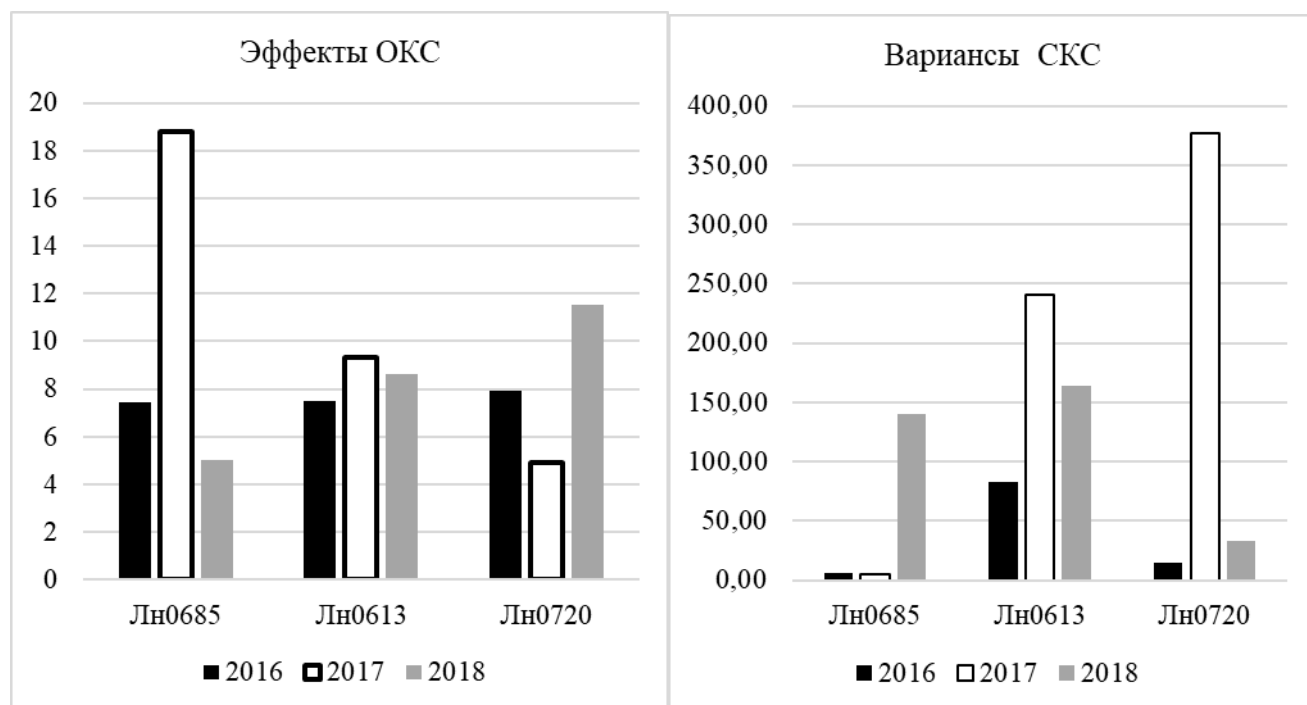


Рисунок 15 – Значения ОКС (слева) и варiances СКС (справа) лучших инбредных линий по показателю урожайности зерна 2–й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Из данных по третьей топкроссной группе, представленных в таблице 40, можно отметить две новые самоопыленные линии: Лн0626 и Лн0724.

Таблица 40 – Значения вариансы СКС инбредных линий по показателю урожайности зерна 3-й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Вариансы СКС по показателю урожайности зерна		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0626	38,3	199,2	24,9
Лн0613	88,3	259,1	2,2
Лн0633	11,8	38,2	2,1
Лн0711	11,8	76,9	0,8
Лн0724	61,7	168,4	212,1
σ^2_{Si} среднее	58,8	92,1	69,34

Линия Лн0626 демонстрировала умеренные значения ОКС, что указывает на её средний генетический потенциал. Вариансы СКС показали высокие значения в 2016 и 2017 гг. (38,3 и 199,2), что свидетельствует о значительных специфических взаимодействиях, однако к 2018 г. значение СКС снизилось до 24,9, что указывает на ослабление этих эффектов.

Линия Лн0724 имеет высокие значения ОКС, что свидетельствует о её значительном потенциале, а также высокие значения вариантов СКС (61,7 в 2016 г. и 212,1 в 2018 г.), что делает её перспективной для использования в гибридных программах, где требуется максимизация как общих, так и специфических комбинационных способностей.

Графическое изображение показателей ОКС и СКС лучших линий третьей топкроссной группы за три года исследования представлено на рисунке 16. Таким образом, линии Лн0613 и Лн0724 обладают наибольшим потенциалом по сочетанию высоких значений ОКС и СКС, что делает их перспективными для создания высокопродуктивных гибридов, в то время как линии Лн0633 и Лн0711 имеют ограниченный потенциал из-за низких показателей ОКС и СКС. Линия Лн0626 также демонстрирует определённый потенциал, но её эффективность зависит от условий среды.

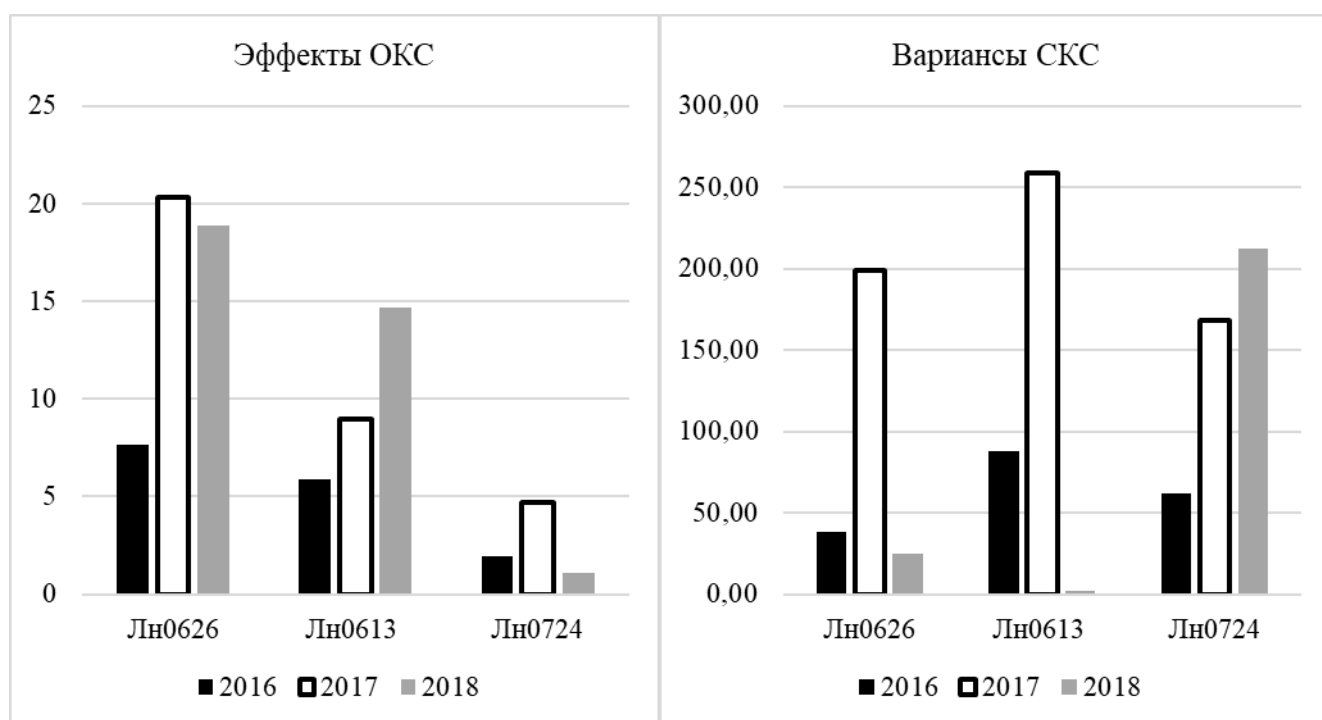


Рисунок 16 – Значения ОКС (слева) и варианты СКС (справа) лучших инбредных линий по показателю урожайности зерна 3–й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Исследование показало, что линии с высокими значениями как общей комбинационной способности (ОКС), так и специфической комбинационной способности (СКС), обладают наибольшим потенциалом для использования в селекционных программах по созданию высокопродуктивных гибридов кукурузы. Линии Ln0613 и Ln0724 продемонстрировали высокие значения ОКС и СКС на протяжении всех лет, что делает их наиболее перспективными для дальнейшего использования. Эти линии обладают как сильными аддитивными эффектами, так и значительными неаддитивными взаимодействиями, что обеспечивает высокие показатели урожайности при скрещивании с тестерами. Линия Ln0626 также имеет потенциал, особенно в специфических условиях, хотя её показатели несколько снизились в 2018 г. Линии с низкими значениями СКС, такие как Ln0633 и Ln0711, обладают ограниченным потенциалом для создания высокопродуктивных гибридов, что подтверждает важность как ОКС, так и СКС при выборе родительских форм для гибридизации. Общие результаты исследования подчеркивают важность комплексного подхода к оценке

комбинационной способности, включающего как аддитивные, так и неаддитивные эффекты, для достижения максимальной продуктивности гибридов.

4.3 Комбинационная способность по уборочной влажности зерна

Как известно из ранних исследований, для определения комбинационной способности чаще всего используют наиболее важный хозяйственный признак – урожайность зерна. Помимо урожайности зерна комбинационную ценность определяют и по другим признакам, интересующим исследователей, таким как высота растений, устойчивость к полеганию и т.д. В нашей работе была проведена оценка комбинационной способности новых самоопыленных линий методом топкроссных скрещиваний по признаку влажности зерна при уборке [35, 85, 117].

Анализ проводился на основе данных сортоиспытания топкроссов от тестирования новых линий по признаку «урожайность зерна». Как и в первом случае, тестерами служили 9 простых гибридов, результаты представлены по трем группам, за три года исследования.

Результаты оценки эффекта ОКС и варианты СКС лучших новых линий по признаку уборочная влажность зерна 1–й топкроссной группы показали, что все представленные линии имели достаточно высокие и стабильные показатели ОКС во все годы исследования (Таблица 41).

Таблица 41 – Значения ОКС инбредных линий по показателю уборочной влажности зерна 1–й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Варианса СКС		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0726	-5,1	-1,3	-4,7	1,0	0,1	1,4
Лн0679	-5,9	-2,0	-2,4	5,1	1,8	0,1
Лн0706	-1,1	-2,8	-4,3	6,4	-0,2	0,5
Лн0613	-3,2	-1,1	-2,9	1,0	0,3	0,4
Лн0677	-1,5	0,7	-3,2	2,5	1,2	3,5
НСР _{0,5}	0,8	0,8	0,5	–	–	–
Средняя	–	–	–	7,5	1,2	3,1

Так, например, линия Лн0726 при значениях ОКС $-5,1$; $-1,3$; $-4,8$ за три года соответственно имела показатели вариансы СКС $1,0$; $0,1$; $1,4$. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что линия Лн0726 дает урожай с низкой уборочной влажностью зерна в больших количествах гибридных комбинаций.

Во 2-й топкроссной группе опыта, представлены лучшие по признаку уборочной влажности зерна новые линии (Таблица 42).

Таблица 42 – Значения ОКС инбредных линий по показателю уборочной влажности зерна 2-й топкроссной группы, 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Варианса СКС		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0603	-3,6	-2,5	-3,5	5,8	0,7	0,0
Лн0660	-4,6	-2,3	-2,1	3,6	1,2	4,0
Лн0613	-3,3	-2,4	-0,4	1,0	3,1	7,3
Лн0605	-1,4	-2,0	-2,4	5,6	-0,4	0,4
Лн0634	0,5	-1,2	-4,0	8,8	-0,1	0,2
НСР _{0,5}	0,6	1,0	0,5	–	–	–
Средняя	–	–	–	4,1	1,5	5,4

Они имели высокие показатели ОКС по данному признаку при невысоких показателях вариансы СКС Гибриды, полученные в скрещиваниях с данными линиями, имели пониженную влажность зерна при уборке, что свидетельствует о высокой селекционной ценности данных линий. Показатели вариансы СКС составили от $-0,1$ до $8,8$.

Результаты оценки показателей ОКС и вариансы СКС лучших новых линий третьей топкроссной группы по признаку «уборочная влажность зерна» представлена в таблице 43. Так, линия Лн0228 имела высокие показатели ОКС: $-5,1$; $-3,6$; $-6,4$ по трем годам изучения. Показатель вариансы СКС по трем годам был стабильно невысоким: $4,7$; $-0,2$; $0,2$.

Таблица 43 – Значения ОКС инбредных линий по показателю уборочной влажности зерна 3-ей топкроссной группы в 2016–2018 гг.

Линия	Значения ОКС			Варианса СКС		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Лн0228	-5,1	-3,6	-6,4	4,7	-0,2	0,2
Лн0626	-5,6	-2,7	-4,3	0,7	7,7	3,6
Лн0634	-3,8	-4,5	-3,2	0,6	0,1	15,9
Лн0613	-4,2	-4,3	-2,3	10,3	2,6	2,7
Лн0633	-6,5	-2,6	-0,8	5,1	2,3	3,0
НСР _{0,5}	0,7	0,8	0,5	–	–	–
Средняя	–	–	–	8,4	2,1	3,4

Анализ показателей ОКС и СКС тестеров по уборочной влажности зерна за 2016–2018 гг. показал, что лучшие тестеры с отрицательными значениями ОКС, такие как (Лн0159С × Лн0614), (Кр752м × Лн0684) и (Лн0823 × Лн070), демонстрируют стабильную способность снижать влажность зерна, что является положительным фактором для улучшения качества гибридов (Таблица 44).

Таблица 44 – Значения ОКС тестеров по показателю уборочной влажности зерна, 2016–2018 гг.

Тестер	Значения ОКС			Вариансы СКС		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
(Кр714627м × Лн008)	2,5	0,8	1,8	7,0	1,0	1,9
(Лн0159С × Лн0614)	–2,7	–1,9	–2,0	1,6	0,4	1,5
(Лн0479 × Лн0159)	0,2	1,1	0,3	6,5	0,2	2,6
НСР _{0,5} / Среднее	0,3	0,3	0,2	4,9	0,5	2,0
(Кр752м × Лн0684)	–1,9	–0,8	–0,8	3,0	0,1	5,2
(Лн0711 × Лн008)	1,8	–0,2	0,1	2,3	0,9	2,3
(Кр742м × Лн0716)	0,1	1,0	0,7	2,8	0,8	3,4
НСР _{0,5} / Среднее	0,2	0,3	0,2	2,7	0,5	3,6
(Лн0823 × Лн070)	–2,6	–1,9	–2,3	3,1	0,6	1,2
(Лн0627 × Лн0728)	1,4	0,7	2,6	5,7	1,8	3,3
(Кр627м × Лн0699)	1,3	1,2	–0,2	8,4	1,3	2,3
НСР _{0,5} / Среднее	0,2	0,3	0,2	5,7	1,2	2,3

Эти тестеры показали также низкие или умеренные значения СКС, что свидетельствует о стабильности их специфических эффектов на влажность. Тестеры с положительными значениями ОКС, такие как (Кр714627м × Лн008) и (Лн0627 × Лн0728), напротив, имеют тенденцию к повышению влажности зерна при уборке, что может быть менее предпочтительным в условиях, требующих минимальной влажности.

Исследование показало, что инбредные линии с высокими значениями общей комбинационной способности (ОКС) и специфической комбинационной способности (СКС) по показателю «уборочная влажность зерна» обладают высоким потенциалом для использования в гибридных селекционных

программах. Линии Лн0726 и Лн0679 из первой топкроссной группы показали лучшие результаты по ОКС, демонстрируя стабильно низкие значения показателя влажности зерна на протяжении всех лет. Линии Лн0603 и Лн0660 из второй группы также проявили высокие показатели по ОКС и СКС, что делает их перспективными для использования в гибридизации. Линии Лн0228 и Лн0626 из третьей топкроссной группы демонстрируют как значительные результаты по снижению влажности зерна, так и выраженные специфические комбинационные эффекты в последние годы, что подтверждает их высокую ценность для создания гибридов, устойчивых к условиям уборки с пониженной влажностью зерна.

4.4 Характеристика основных хозяйственно ценных признаков новых тесткроссов

4.4.1 Оценка урожайности зерна тесткроссов

С целью наиболее полного изучения качества гибридов, полученных в 2015 г. от топкроссных скрещиваний с участием 48 новых самоопыленных линий и девяти гибридов-тесторов, нами был проведен анализ основных хозяйственно-ценных признаков полученных 178 тесткроссов (Приложение Б, Таблица 3).

Стандартами в наших исследованиях служили гибриды Краснодарский 194 МВ – в раннеспелой группе тесткроссов, и Краснодарский 291АМВ – в среднеранней группе.

Поскольку признак урожайность зерна является наиболее важным при проведении селекционных исследований, и большинство ученых делает акцент именно на него, в данном разделе мы остановимся на анализе урожайности зерна полученных тесткроссов.

В таблице 45 представлены результаты анализа варьирования признака урожайность зерна первой топкроссной группы за три года изучения. Из представленных в таблице данных следует, что коэффициент вариации имеет высокие значения: 12,0%, 17,3%, 39,4% по годам, соответственно. Размах варьирования (Lim) составил: 23,3; 36,2; 34,3 по годам, соответственно.

Таблица 45 – Значения варьирования показателя урожайности зерна у гибридов 1-й топкроссной группы, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Урожайность зерна, ц/га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя
Количество гибридов, шт.	60	60	60	60
Среднее, ц/га	48,2	50,6	20,7	39,8
X_{\min} , ц/га	34,4	35,5	10,4	30,0
X_{\max} , ц/га	57,7	71,7	44,7	57,5
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, ц/га	23,3	36,2	34,3	27,5
Стандартное отклонение (S)	5,8	8,7	8,2	5,7
Коэффициент вариации (CV), %	12,0	17,3	39,4	14,4
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	1,5	2,3	2,1	1,9

Стоит отметить, что наибольший коэффициент вариации прослеживался в 2018 г. и составил 39,4%, урожайность зерна варьировала от 10,4 ц/га до 44,7 ц/га. Столь высокие показатели связаны со сложившимися экстремально-неблагоприятными погодными условиями того года.

Во втором блоке коэффициент вариации тесткроссов по урожайности зерна имел среднее значение в 2016 г. (14,0%), высокое в 2017 г. (25,6%) и очень высокое в 2018 г. (43,9%) (Таблица 46). Варьирование составляло 28,0; 51,9; 40,9 по годам, соответственно.

Таблица 46 – Значения варьирования показателя урожайности зерна у гибридов 2-й топкроссной группы, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Урожайность зерна, ц/га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя
Количество гибридов, шт.	63	63	63	63
Среднее, ц/га	50,3	49,8	24,4	41,5
X_{\min} , ц/га	36,4	25,8	7,4	24,1
X_{\max} , ц/га	64,5	77,7	48,3	61,8
$Lim (X_{\max} - X_{\min})$, ц/га	28,0	51,9	40,9	37,7
Стандартное отклонение (S)	7,0	12,7	10,7	8,7
Коэффициент вариации (CV), %	14,0	25,6	43,9	21,0
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	1,8	3,2	2,7	2,5

Высокие значения вариации в данном топкроссной группе свидетельствуют о том, что в опыте присутствуют тесткроссы как с низкой урожайностью, так и с высокой. Различия в сложившихся погодных условиях за годы исследования оказали большое влияние на величину варьирования. Выделившиеся гибриды с

высокой урожайностью представляют наибольший интерес в селекционной работе.

Сложившиеся погодные условия повлияли на результаты анализа вариации признака урожайность зерна за три года исследования гибридов третьей топкроссной группы, как и в случаях с первой и второй группами. Так, коэффициент вариации в 2018 г. (47,9%) был значительно выше, чем в 2016 г. (16,4%) и 2017 (28,3%). Средний за 3 года коэффициент вариации был высоким и составил 23,5% (Таблица 47).

Таблица 47 – Значения варьирования показателя урожайности зерна у гибридов 3–ей топкроссной группы, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Урожайность зерна, ц/га			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя
Количество гибридов, шт.	54	54	54	54
Среднее, ц/га	48,8	49,8	24,7	41,1
X_{\min} , ц/га	17,0	14,4	6,9	12,8
X_{\max} , ц/га	63,4	81,3	48,3	62,8
$\text{Lim} (X_{\max} - X_{\min})$, ц/га	46,4	66,9	41,5	50,0
Стандартное отклонение (S)	8,0	14,1	11,8	9,7
Коэффициент вариации (CV), %	16,4	28,3	47,9	23,5
Доверительный интервал для среднего значения ($x \pm tsx$)	2,2	3,9	3,2	3,1

Высоким в данной группе был и размах варьирования: 46,4; 66,9; 41,5, по годам, соответственно.

Приняв во внимание полученные результаты анализа вариации тесткроссов по признаку урожайность зерна, можно сделать вывод, что в каждом из топкроссных групп присутствовали гибриды и с высокой, и с низкой урожайностью зерна. Данное обстоятельство позволяет вести отбор с последующей браковкой низкоурожайных гибридных комбинаций и проводить работу по улучшению показателей по данному признаку.

В таблице 48 представлены показатели лучших тесткроссов раннеспелой группы по урожайности зерна за три года испытаний. Также в таблице приведены значения признака уборочной влажности и селекционный индекс данных

гибридов. Стандартом в раннеспелой группе служил Краснодарский 194МВ (ФАО190), всего к данной группе относилось 102 тесткрасса.

Таблица 48 – Результаты испытаний 4–х лучших тесткрассов раннеспелой группы, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га			Уборочная влажность зерна, %			Селекционный индекс		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Краснодарский 194 МВ	46,5	51,2	27,1	22,9	21,9	19,0	2,0	2,3	1,4
(Кр752м × Лн0684) × Лн0613	64,5	71,9	45,4	21,1	15,7	16,2	3,1	4,6	2,8
(Лн0479 × Лн0159) × Лн008	56,3	71,7	44,5	22,8	17,4	22,2	2,5	4,1	2,0
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0713	55,7	69,6	44,7	25,1	18,3	17,1	2,2	3,8	2,6
(Кр742м × Лн0716) × Лн0720	61,3	71,6	34,5	28,1	20,4	24,0	2,2	3,5	1,4
НСР _{0,5}	6,5	6,1	2,6	6,5	6,1	2,6	–		

Как было отмечено ранее, высокое влияние на урожайность оказала разница в климатических условиях в годы проведения испытаний.

Представленные гибриды имели высокие значения показателя «урожайность зерна», значительно превосходившие значения стандарта по данному признаку. Соответственно, высоким у данных гибридов был и селекционный индекс. Так, например, гибрид (Кр752м × Лн0684) × Лн0613 имел селекционный индекс 3,1; 4,6; 2,8, соответственно, по годам исследования, что в значительной степени превосходило значения стандарта Краснодарский 194 МВ: 2,1; 2,3; 1,4.

На рисунке 17 представлено графическое распределение тесткрассов раннеспелой группы по признаку «урожайность зерна» в среднем за 3 года испытаний. Как следует из графика, большая часть гибридов находилась в диапазоне от 29,0 до 48,6 ц/га.

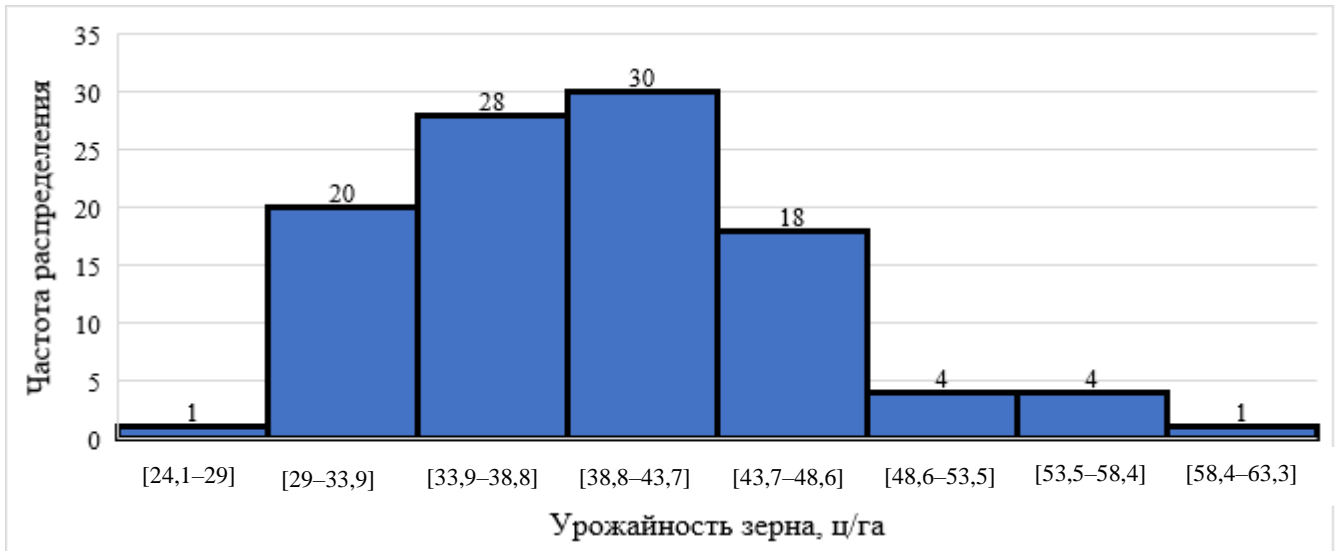


Рисунок 17 – Распределение тесткроссов раннеспелой группы по показателю урожайности зерна, 2016–2018 гг.

Представленные в таблице 49 лучшие по признаку «урожайность зерна» тесткроссы среднеранней группы спелости значительно и достоверно превосходили соответствующий стандарт Краснодарский 291АМВ (ФАО 280) во все года испытаний. Всего в среднераннюю группу вошли 76 гибрида.

Таблица 49 – Результаты испытаний 4-х лучших тесткроссов среднеранней группы, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га			Уборочная влажность зерна, %			Селекционный индекс		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Краснодарский 291АМВ	50,7	72,5	45,4	32,4	26,8	26,9	1,6	2,7	1,7
(Лн0823 × Лн070) × Лн0626	59,9	81,3	47,2	22,8	19,8	19,5	2,6	4,1	2,4
(Кр627м × Лн0699) × Лн0626	60,9	77,7	48,3	24,9	25,0	19,2	2,4	3,1	2,5
(Лн0711 × Лн008) × Лн0609	59,5	77,7	48,3	27,2	20,4	18,9	2,2	3,8	2,6
(Лн0823 × Лн070) × Лн0724	61,8	77,0	45,6	31,6	23,9	23,1	2,0	3,2	2,0
НСР _{0,5}	6,5	6,1	2,6	6,5	6,1	2,6	–		

Высокий селекционный индекс испытанных гибридов свидетельствует о высокой селекционной ценности используемого в нашей работе материала. Так,

тесткросс (Лн0823 × Лн070) × Лн0628 имел значения селекционного индекса 2,6; 4,1; 2,4 по годам, соответственно, в то время как значения стандарта составили – 1,6; 2,7; 1,7.

Из графического отображения распределения тесткроссов среднеранней группы следует, что наибольшее число гибридов приходится на диапазон от 35,9 до 43,6 ц/га – 28 гибридов (Рисунок 18).

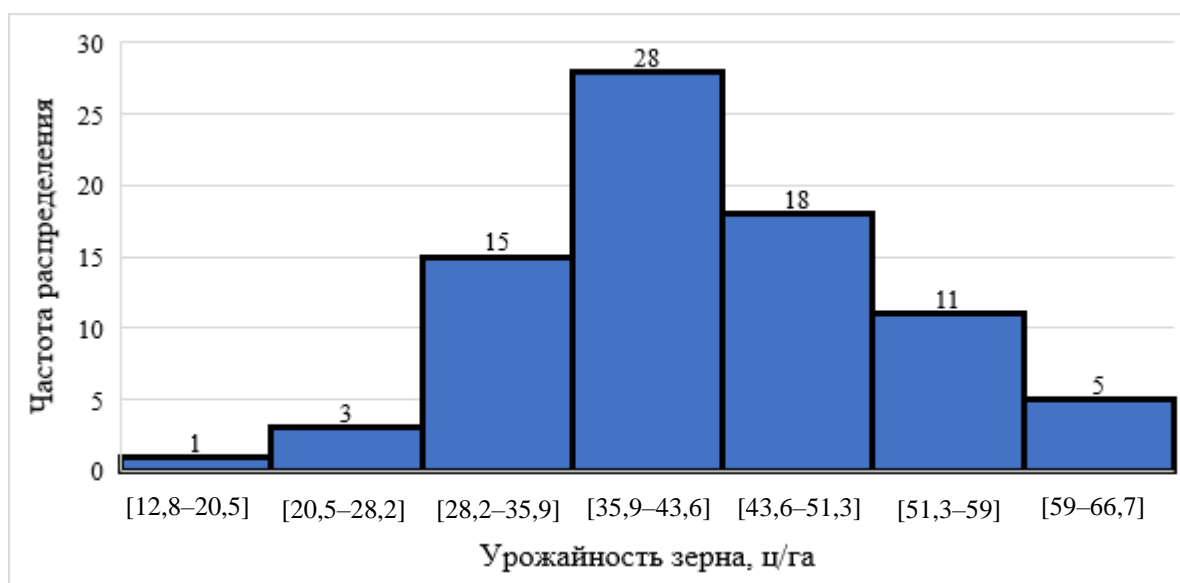


Рисунок 18 – Распределение тесткроссов среднеранней группы по показателю урожайности зерна, по результатам исследования, 2016–2018гг.

В диапазон с максимальной урожайностью – от 59 до 66,7 ц/га вошло лишь 5 среднеранних тесткроссов.

В результате проведения испытания новых тесткроссов на урожайность зерна нами были получены гибриды, отвечающие основным селекционным и хозяйственным требованиям. Выделившиеся гибриды имели высокие показатели урожайности зерна, превышающие значения стандартов, как в раннеспелой группе, так и в среднеранней при меньшей, либо равной уборочной влажности зерна. Лучшие выделившиеся тесткроссы: (Кр752м × Лн0684) × Лн0613, (Лн0479 × Лн0159) × Лн008, (Лн0479 × Лн0159) × Лн0713, (Кр742м × Лн0716) × Лн0720 – в раннеспелой группе и (Лн0823 × Лн070) × Лн0626, (Кр627м × Лн0699) ×

Лн0626, (Лн0711 × Лн008) × Лн0609, (Лн0823 × Лн070) × Лн0724 – в среднеранней.

С 2019 по 2023 гг. родительские компоненты гибридов (Кр752м × Лн0684) × Лн0613, (Лн0479 × Лн0159) × Лн008, (Лн0823 × Лн070) × Лн0626 и (Кр627м × Лн0699) × Лн0626 включены в селекционную программу отдела по созданию стерильных аналогов материнских форм и созданию восстановителей фертильности отцовских форм. В 2025 г. запланирована передача родительских форм данных гибридов в первичное семеноводство. В 2026 г. запланирована передача F1 этих гибридов в ГСИ.

4.4.2 Уборочная влажность зерна тесткроссов

Как известно из литературы, сушка зерна кукурузы после уборки требует больших затрат, особенно при высоких объемах производства. Существует реальный спрос на гибриды кукурузы, обладающие быстрой отдачей влаги. Чтобы использовать генетический потенциал, скрытый в гибридах, и добиться минимально возможной влажности зерна, кукурузу убирают в более поздние сроки [121, 146].

Содержание влаги зерна на стадии уборки урожая является важным фактором, влияющим на производство кукурузы, в независимости от районов выращивания. Низкая уборочная влажность зерна не только защищает зерна кукурузы от грибковых заболеваний, но также оптимизирует механическую уборку. И наоборот, высокая уборочная влажность ограничивает популяризацию механической уборки урожая, увеличивает производственные затраты и серьезно влияет на качество зерна. Таким образом, селекция на снижение уборочной влажности зерна до минимальных значений, является значимой целью селекционеров кукурузы [122, 199].

В связи с высокой актуальностью проблемы, во время изучения урожайности тесткроссов, нами была проведена оценка всего материала по уборочной влажности зерна. В таблице 50 представлены результаты варьирования

178 тесткроссов по признаку уборочная влажность зерна за три года исследования.

Таблица 50 – Значения варьирования показателя уборочная влажность зерна у тесткроссов, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Показатели	Уборочная влажность зерна, %			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	в среднем
Количество гибридов, шт.	178	178	178	178
Среднее, %	26,8	20,3	20,7	22,6
X_{\min} , %	15,4	12,3	11,3	14,3
X_{\max} , %	43,5	31,6	30,3	34,6
$\text{Lim} (X_{\max} - X_{\min})$, %	28,1	19,3	19,0	20,3
Стандартное отклонение (S)	5,1	3,9	4,4	4,1
Коэффициент вариации (CV), %	19,1	19,3	21,1	18,0
Доверительный интервал для среднего значения ($\bar{x} \pm tsx$)	1,2	1,1	0,9	1,4

Коэффициент вариации, как следует из таблицы, имел высокие и практически равные значения (19,1%, 19,3% и 21,1%).

Подобная стабильность в показателях вариации позволяет сделать вывод о слабой реакции материала на изменения погодных условий при выращивании, уборочная влажность зерна практически не изменялась во время испытаний в неблагоприятные годы. Размах варьирования был также на высоком уровне и составлял 20,3% в среднем за три года. Столь высокое варьирование свидетельствует о генетической разнородности изучаемого материала и позволяет вести отбор на улучшение признака «уборочная влажность зерна».

Лучшие тесткроссы раннеспелой группы имели уборочную влажность зерна значительно ниже, чем у стандарта – Краснодарский 194 МВ во все годы испытаний (Таблиц 51).

Следует отметить, что большинство лучших гибридов было получено в скрещиваниях с тестером (Лн0159 × Лн0614). Из этого можно сделать вывод, что данный простой гибрид является отличным материалом при ведении селекции на улучшение уборочной влажности зерна.

Таблица 51 – Результаты испытаний 10 лучших тесткроссов раннеспелой группы по показателю уборочной влажности зерна, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Уборочная влажность зерна, %			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	в среднем
Краснодарский 194 МВ	22,9	21,9	19,0	21,3
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0706	19,1	12,3	11,3	14,3
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0726	17,1	13,6	12,3	14,4
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0679	15,4	14,7	13,1	14,4
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0718	18,4	13,1	13,7	15,1
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0613	19,0	13,1	13,2	15,1
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0695	19,9	14,0	13,1	15,7
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0667	19,4	13,9	14,0	15,8
(Лн0159С × Лн0614) × Лн0357	20,2	14,4	13,0	15,8
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0726	17,7	17,4	13,6	16,2
(Кр714627м × Лн008) × Лн0679	17,7	14,7	17,7	16,7
Среднее по опыту	24,8	18,7	19,1	20,8
НСР _{0,5}	6,5	6,1	2,6	3,1

Графическое распределение тесткроссов раннеспелой группы по признаку «уборочная влажность зерна» представлено на рисунке 19 в среднем за три года испытаний. Большинство тесткроссов, как следует из графика, располагалось в диапазонах от 16,7% до 26,3%.

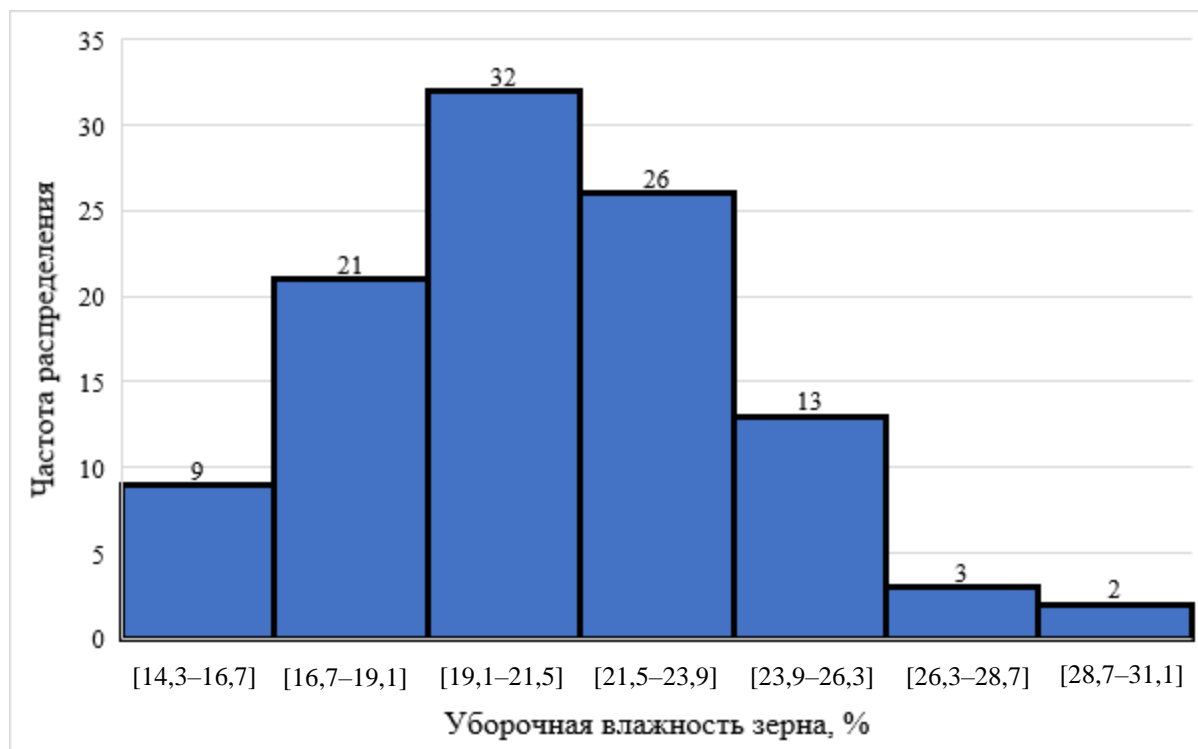


Рисунок 19 – Распределение тесткроссов раннеспелой группы по показателю уборочной влажности зерна, 2016–2018 гг.

В таблице 52 представлены лучшие по уборочной влажности зерна среднеранние тесткроссы за три года исследования.

Таблица 52 – Результаты испытаний 10 лучших тесткроссов среднеранней группы по показателю уборочной влажности зерна, 2016–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Уборочная влажность зерна, %			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	в среднем
Краснодарский 291АМВ	32,4	26,8	26,9	28,7
(Лн0823 × Лн070) × Лн0634	23,2	17,2	16,1	18,8
(Лн0823 × Лн070) × Лн0228	24,2	18,8	15,9	19,6
(Лн0711 × Лн008) × Лн0647	28,3	16,2	16,7	20,4
(Лн0711 × Лн008) × Лн0634	25,8	18,4	17,2	20,5
(Лн0711 × Лн008) × Лн0603	26,9	18,2	16,6	20,6
(Лн0823 × Лн070) × Лн0626	22,8	19,8	19,5	20,7
(Лн0823 × Лн070) × Лн0613	24,7	18,9	19,2	20,9
(Лн0711 × Лн008) × Лн0633	23,6	17,5	22,3	21,1
(Лн0823 × Лн070) × Лн0604	25,0	19,1	20,2	21,4
(Лн0711 × Лн008) × Лн0613	26,6	17,1	20,8	21,5
Среднее по опыту	29,7	23,0	23,0	25,2
НСР _{0,5}	6,5	6,1	2,6	3,1

Все гибриды имели уборочную влажность зерна ниже, чем у соответствующего стандарта – Краснодарский 291АМВ. Так, например, гибрид (Лн0823 × Лн070) × Лн0634 имел среднюю уборочную влажность зерна 18,8%, что на 10% ниже показателя стандарта.

Обращает на себя внимание тот факт, что все выделившиеся гибриды среднеранней группы были получены в скрещиваниях с использованием тестеров (Лн0823 × Лн070) и (Лн0711 × Лн008), что свидетельствует об их высоких качествах при отборе по данному признаку. Также следует отметить линию Лн0634, которая в скрещиваниях с отмеченными тестерами дала лучший средний результат относительно стандарта: (Лн0823 × Лн070) × Лн0634 – 18,8%, (Лн0711 × Лн008) × Лн0634 – 20,5%, против 28,7% у Краснодарский 291АМВ.

Из представленного графика (Рисунок 20) следует, что среди тесткроссов, относящихся к среднеранней группе по показателю «уборочная влажность зерна», выделилась группа, в которую входит 29 гибридов. Диапазон значений в этой группе колеблется от 21,8% до 24,8%.

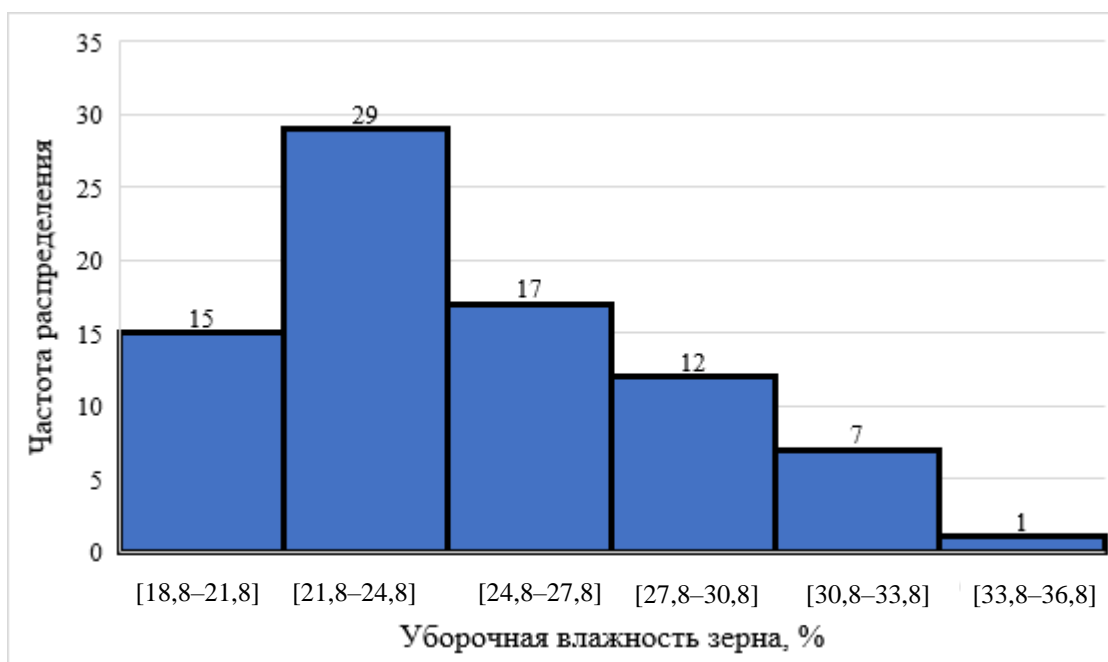


Рисунок 20 – Распределение тесткроссов среднеранней группы по показателю уборочной влажности зерна, 2016–2018 гг.

В результате проведенного анализа новых тесткроссов по признаку «уборочная влажность зерна» мы смогли выделить гибриды, обладающие высоким селекционным потенциалом по данному признаку. Этот потенциал позволяет нам осуществлять отбор селекционного материала с низким содержанием влаги в зерне на момент уборки, сохраняя при этом высокие показатели урожайности. Перспективные гибриды были отобраны как в ранней, так и в среднеранней группах спелости.

4.5 Оценка экологической пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы

Изучение взаимосвязи между различными сортами и гибридами кукурузы и факторами внешней среды (такими как географическое расположение, год посева, характеристики почвы, применяемые методы агротехники и т.д.) играет ключевую роль в научных исследованиях в области селекции. С учетом этого мы провели обширное экологическое исследование новых тесткроссов с целью

определить их адаптивные способности и устойчивость к изменениям условий среды [26, 147, 154, 164].

Для успешного развития селекции кукурузы важным аспектом является создание гибридов, способных демонстрировать высокую урожайность в различных агроклиматических условиях. Учитывая динамичные климатические изменения и неоднородность природных факторов, становится актуальной задача оценки способности новых гибридов проявлять устойчивость и адаптивность к разным средам выращивания. Именно определение экологической пластичности и стабильности является ключевым шагом в выявлении перспективных гибридов, способных обеспечить стабильную продуктивность в разных условиях [29, 76, 142, 230].

С этой целью используются параметрические модели, основанные на линейном регрессионном анализе. Одним из наиболее широко используемых методов для оценки качества селекционного материала является метод, разработанный Eberthart и Russel [191]. Этот метод позволяет измерить стабильность гибрида и его пластичность путем анализа дисперсии регрессионных отклонений (sdi^2) и коэффициента линейной регрессии (bi) [32, 87, 231].

Одной из ключевых задач селекционных исследований кукурузы является создание высокопродуктивных гибридов, которые способны адаптироваться к различным агроклиматическим условиям и обеспечивать стабильную урожайность в условиях изменчивости окружающей среды.

В рамках нашего исследования, основанного на данных контрольного питомника ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», за 2016–2018 гг., были проведены экологические сортоиспытания новых гибридов кукурузы. Целью исследования являлось выявление генотипов с наилучшей экологической пластичностью и стабильностью, а также оценка их адаптивных свойств в разнообразных условиях выращивания [106].

В 2017 г. в исследование были включены 20 перспективных гибридных комбинаций, которые прошли испытания в разных экологических пунктах: в

Кабардино-Балкарской Республике, на территории фирмы «Отбор» (с орошением) и на базе КБНИИСХ, в ВНИИЗК (г. Зерноград), а также на семеноводческих участках фирмы "Семеноводство Кубани" в станице Ладожская, Краснодарский край. В качестве контроля использовался гибрид Краснодарский 194 МВ. Основной критерий оценки – урожайность зерна (Приложение Б, Таблица 1).

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа свидетельствуют о том, что как генотипы (гибриды), так и условия выращивания оказывают значительное влияние на показатель урожайности зерна (Таблицы 53).

Таблица 53 – Матрица статистических значений результата двухфакторного дисперсионного анализа по показателю урожайности зерна

Значения	SS	df	ms	F _ф	F ₀₅
Общее	25823,1	146			
Варианты	3260,2	20	163,1	1131,7	2,1
Опыты	16343,8	6	2723,9	15,6	1,5
Взаимодействие	6219,1	120	51,8	12,4	1,2
Обобщенная ошибка	–	200	5,8	–	–

Наиболее значимым фактором являются опыты (агроклиматические условия), объясняющие большую часть общей вариации. Взаимодействие генотипа с условиями также существенно влияет на урожайность, что подчеркивает важность адаптивности гибридов к различным агроклиматическим условиям.

Это указывает на то, что при селекционном отборе гибридов кукурузы необходимо учитывать их экологическую пластичность и стабильность, так как взаимодействие генотипа с условиями выращивания является значимым фактором, влияющим на продуктивность растений [52, 119].

Анализ данных, представленных в таблице 54, позволяет выделить лучшие по урожайности зерна тесткроссы кукурузы, которые были испытаны в разных агроклиматических зонах в 2016–2018 гг.

Гибрид (Кр627м × Лн0699) × Лн0626 продемонстрировал самую высокую среднюю урожайность зерна среди всех представленных вариантов, достигнув 62,5 ц/га по всем испытанным зонам.

Таблица 54 – Лучшие по урожайность зерна тесткроссы при выразивании в разных агроклиматических зонах, ц/га.

Гибрид	НЦЗ*			«Отбор»	Ладожская	Зерноград	КБНИИСХ	Средняя
	2016	2017	2018	2017				
Краснодарский 194 МВ	46,5	51,2	27,2	61,9	45,5	48,6	46,0	46,7
(Кр627м × Лн0699)× Лн0626	61,0	77,7	48,3	76,2	61,3	52,4	60,8	62,5
(Кр752м × Лн0684)× Лн0613	64,5	71,9	45,4	72,4	62,2	48,9	59,7	60,7
(Лн0823 × Лн070)× Лн0724	61,8	77,0	45,6	64,8	64,6	49,4	58,1	60,2
(Лн0711 × Лн008)× Лн0685	60,1	74,7	46,4	71,8	61,8	49,0	55,8	59,9
(Лн0711 × Лн008)× Лн0609	59,5	77,7	48,3	64,1	51,7	47,6	60,2	58,4
(Лн0711 × Лн008)× Лн0694	59,5	70,4	44,4	63,1	50,0	52,7	55,0	56,4
(Кр752м × Лн0684)× Лн0613	63,4	70,2	26,2	64,8	57,9	51,1	56,0	55,6
(Кр742м × Лн0716)× Лн0720	61,3	71,6	32,0	66,5	51,0	51,6	55,0	55,6
(Лн0479 × Лн0159)× Лн0720	57,7	62,7	23,7	78,5	58,1	49,3	50,6	54,4
НСР _{0,5}	3,3	4,0	5,8	3,4	3,1	3,8	3,2	3,7

Примечание: * – НЦЗ – федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»

Наибольшая урожайность этого гибрида была отмечена в ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в 2017 г. (77,7 ц/га) и на территории фирмы «Отбор» (76,2 ц/га), что свидетельствует о его высокой адаптивности и потенциале для получения стабильных урожаев в различных условиях выращивания.

Этот результат демонстрирует перспективность гибрида для использования в сельскохозяйственном производстве, особенно в регионах с разнообразными климатическими условиями.

Гибрид (Кр752м × Лн0684) × Лн0613 занял второе место по урожайности, имея средний показатель 60,7 ц/га. Несмотря на снижение урожайности до 45,4

ц/га в неблагоприятных условиях ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в 2018 г., гибрид проявил высокую продуктивность в других агроклиматических зонах, особенно в 2017 г., что указывает на его значительный потенциал и устойчивость к различным экологическим факторам.

Другие гибриды, такие как (Лн0823 × Лн070) × Лн0724 и (Лн0711 × Лн008) × Лн0685, также продемонстрировали хорошие результаты со средней урожайностью 60,2 и 59,9 ц/га, соответственно. Эти гибриды показали стабильные показатели в разных агроклиматических зонах, что указывает на их высокую адаптивность и потенциальную ценность для внедрения в коммерческое производство.

В то же время гибрид Краснодарский 194 МВ (стандарт) показал значительно более низкую среднюю урожайность, равную 46,7 ц/га. Его результаты заметно уступают новым гибридам по всем зонам испытаний, что подчеркивает эффективность селекционной работы по созданию гибридов с более высокой продуктивностью и лучшей адаптивностью к различным условиям выращивания. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа (ранее упомянутые) подтвердили значительное влияние агроклиматических условий на продуктивность гибридов кукурузы, и эти данные коррелируют с результатами, представленными в таблице 54. Высокая урожайность некоторых гибридов, несмотря на разнообразие условий выращивания, свидетельствует об их экологической пластичности и стабильности.

Далее с целью детального анализа пластичности и устойчивости новых тесткроссов по методике Eberthart и Russel, нами была использована программа Agross [191]. Из различных литературных источников известно, что коэффициент линейной регрессии (b_i) демонстрирует реакцию гибридов на изменения агроклиматических условий. Этот коэффициент может быть меньше, равен или больше 1 (Приложение Б, Таблица 2).

По итогам нашего исследования изучаемые гибриды были классифицированы по трем категориям (Таблица 55):

Таблица 55 – Значения экологической пластичности и стабильности лучших тесткроссов по показателю урожайности зерна.

Гибрид	Урожайность, ц/га	Пластичность, b_i	Стабильность, Sd_i^2	Ошибка (S_{b_i})	Критерий значимости (t)	Коэффициент адекватности (B)
Краснодарский 194 MB st	46,7	0,9	16,3	0,2	1,1	0,8
<i>$b_i < 1$ – очень высокая фенотипическая стабильность</i>						
(Лн0711 × Лн008) × Лн0694	56,4	0,8	90,1	0,2	1,9	0,6
(Лн0823 × Лн070) × Лн0724	60,2		132,2	0,2	1,0	0,6
(Кр752м × Лн0684) × Лн0613	60,7		130,7	0,1	1,0	0,9
(Кр627м × Лн0699) × Лн0626	62,5		145,8	0,2	0,7	0,8
<i>$b_i = 1$ – интенсивная фенотипически высокостабильная форма</i>						
(Кр714627м×Лн008)×Лн0720	52,9	1,0	172,1	0,2	0,1	0,9
(Кр752м × Лн0684) × Лн0685	51,1		236,7	0,3	0,1	0,6
(Кр742м × Лн0716) × Лн0613	46,5		242,7	0,3	0,1	0,6
(Лн0823 × Лн070) × Лн0699	51,2		150,1	0,1	0,5	1,0
<i>$b_i > 1$ – интенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью</i>						
(Кр627м × Лн0699) × Лн0613	55,6	1,2	250,1	0,2	1,2	0,9
Лн0479 × Лн0159) × Лн0720	54,4	1,4	330,8	0,1	4,0	1,0
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0706	50,3	1,8	507,9	0,1	8,9	1,0
(Лн0823 × Лн070) × Лн0633	52,6	1,8	574,3	0,2	3,5	0,9
Среднее по опыту	53,6					
НСР _{0,5} частных средних	3,7					

Гибриды с показателем $b_i < 1$ (очень высокая фенотипическая стабильность):

– (Лн0711 × Лн008) × Лн0694: гибрид демонстрирует высокую урожайность, составляющую 56,4 ц/га. Значение коэффициента пластичности ($b_i = 0,6$) свидетельствует о его высокой стабильности и адаптивности к различным условиям среды. Это значение ниже 1, что указывает на то, что данный гибрид лучше проявляет себя в менее интенсивных или умеренно благоприятных условиях, показывая устойчивость к изменению агроклиматических факторов.

Показатель стабильности ($Sd_i^2 = 90,1$) указывает на низкую степень отклонений в урожайности в различных условиях, что также подтверждает высокую надёжность данного гибрида при различных уровнях агротехнических мероприятий.

– (Лн0823 × Лн070) × Лн0724: данный гибрид с урожайностью 60,2 ц/га и $b_i = 0,8$ демонстрирует значительно более высокую продуктивность, чем стандарт (Краснодарский 194 МВ), при этом он также проявляет высокую стабильность ($Sd_i^2 = 132,2$). Это свидетельствует о его способности сохранять высокую продуктивность в изменяющихся условиях, делая его более предпочтительным по сравнению со стандартом.

– (Кр752м × Лн0684) × Лн0613: гибрид продемонстрировал урожайность 60,7 ц/га, что значительно выше по сравнению со стандартным гибридом. Его коэффициент пластичности $b_i = 0,9$ указывает на высокую фенотипическую стабильность, а значение стабильности ($Sd_i^2 = 130,7$) подтверждает его надежность. Это означает, что данный гибрид способен не только обеспечить более высокий урожай, но и сохранить стабильность при изменении условий.

– (Кр627м × Лн0699) × Лн0626: показал максимальную урожайность зерна (62,5 ц/га) в рассмотренной группе тесткроссов, с b_i равным 0,9 и $Sd_i^2 = 145,8$. Он превосходит Краснодарский 194 МВ по продуктивности и устойчивости, что делает его одним из самых перспективных для внедрения.

В целом, данные гибриды ($b_i < 1$) показали более высокую фенотипическую стабильность и продуктивность, чем стандарт, что свидетельствует о том, что они лучше адаптируются к различным агроклиматическим условиям.

Гибриды с показателем $b_i = 1$ (интенсивная фенотипически высокостабильная форма):

– (Кр714627м × Лн008) × Лн0720: Данный гибрид проявил урожайность 52,9 ц/га и пластичность $b_i = 1$, что говорит о его способности сохранять стабильную урожайность при изменении условий. Стабильность ($Sd_i^2 = 172,1$) ниже, чем у Краснодарский 194 МВ, но он обладает большей продуктивностью, что делает его более эффективным для выращивания в условиях интенсивного земледелия.

– (Лн0823 × Лн070) × Лн0699: Урожайность этого гибрида составила 51,2 ц/га, а значение $b_i = 1$, что указывает на его способность одинаково хорошо расти в различных условиях. Показатель стабильности ($Sd_i^2 = 150,1$) имел среднее

значение, однако, урожайность выше, чем у стандартного гибрида, что делает его привлекательным для селекционного процесса.

Гибриды с показателем $b_i = 1$ показали оптимальное сочетание стабильности и продуктивности, что делает их эффективными для использования в различных условиях возделывания, при этом они демонстрируют более высокую урожайность по сравнению с Краснодарский 194 МВ.

Гибриды с показателем $b_i > 1$ (интенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью):

- (Кр627м × Лн0699) × Лн0613: данный гибрид продемонстрировал урожайность 55,6 ц/га, что значительно выше, чем у стандарта. Однако показатель $S_{di}^2 = 250,1$ указывает на более низкую стабильность в сравнении с Краснодарский 194 МВ, что свидетельствует о потенциальных рисках в условиях нестабильного климата.

- (Лн0479 × Лн0159) × Лн0720: имея показатель b_i равный 1,4 и урожайностью 54,4 ц/га, этот гибрид показал высокую пластичность, но его стабильность оказалась значительно ниже ($S_{di}^2 = 330,8$). В условиях стабильного климата данный гибрид может быть перспективным, но в изменчивых условиях может потребоваться больше внимания к его возделыванию.

- (Лн0159 × Лн0614) × Лн0706: при $b_i = 1,8$ и $S_{di}^2 = 507,9$ данный гибрид имеет самую высокую пластичность, но также демонстрирует наименьшую стабильность. Его использование оправдано только в условиях контролируемого и благоприятного климата.

Гибриды с показателем $b_i > 1$ продемонстрировали высокую продуктивность, однако они менее стабильны в сравнении с контрольным гибридом, что указывает на необходимость учета условий выращивания при их использовании.

Применение метода регрессионного анализа позволяет объективно оценить экологическую пластичность и стабильность гибридов кукурузы в различных условиях выращивания. Построение линий регрессии урожайности зерна (b_i) в сравнении с индексами среды (I_j) обеспечивает более наглядное понимание того,

как гибриды реагируют на изменение условий выращивания и позволяет выявить наиболее адаптивные и продуктивные гибриды для использования в различных агроклиматических условиях.

График регрессии на рисунке 21 иллюстрирует зависимость урожайности гибрида (Лн0711 × Лн008) × Лн0694 от изменяющихся агроклиматических условий, в среднем по всем пунктам испытаний. Наклон линии регрессии является ключевым показателем, отражающим степень пластичности данного гибрида.

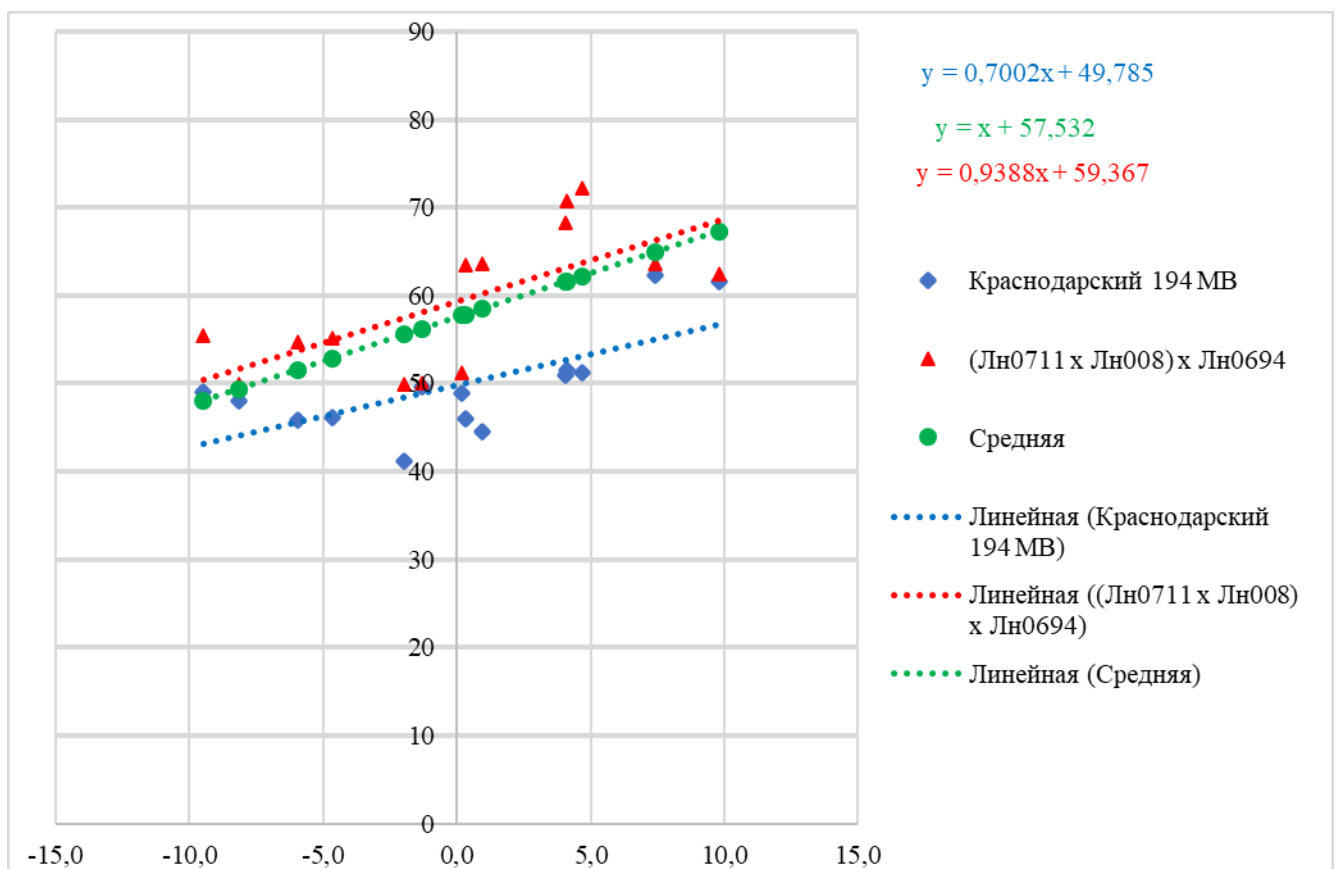


Рисунок 21 – График регрессии показателя урожайности тесткрасса (Лн0711 × Лн008) × Лн0694 в разных агроклиматических условиях в среднем по всем пунктам, 2016–2018 гг.

Гибрид (Лн0711 × Лн008) × Лн0694, как следует из графика регрессии, обладает низким уровнем пластичности, что говорит о его ограниченной способности адаптироваться к улучшению условий выращивания. Однако этот же показатель указывает на его высокую стабильность и надежность в условиях

изменчивого климата или в менее благоприятных агрофонах. В сравнении с гибридами, которые имеют более высокую пластичность, (Лн0711 × Лн008) × Лн0694 обеспечивает стабильную урожайность, что может быть преимуществом в условиях, где предсказуемость урожая является приоритетом.

Таким образом, данный гибрид рекомендуется для выращивания в зонах с нестабильными климатическими условиями или в системах сельского хозяйства, где стабильность и предсказуемость урожая являются ключевыми факторами успеха.

Гибрид (Лн0823 × Лн070) × Лн0699 продемонстрировал высокую экологическую пластичность и устойчивость в различных агроклиматических условиях, что подтверждается анализом регрессионной зависимости показателей его урожайности (Рисунок 22). Линия регрессии, полученная на основании данных за 2016–2018 гг. по семи пунктам, отражает стабильную урожайность гибрида и его способность адаптироваться к изменяющимся условиям выращивания.

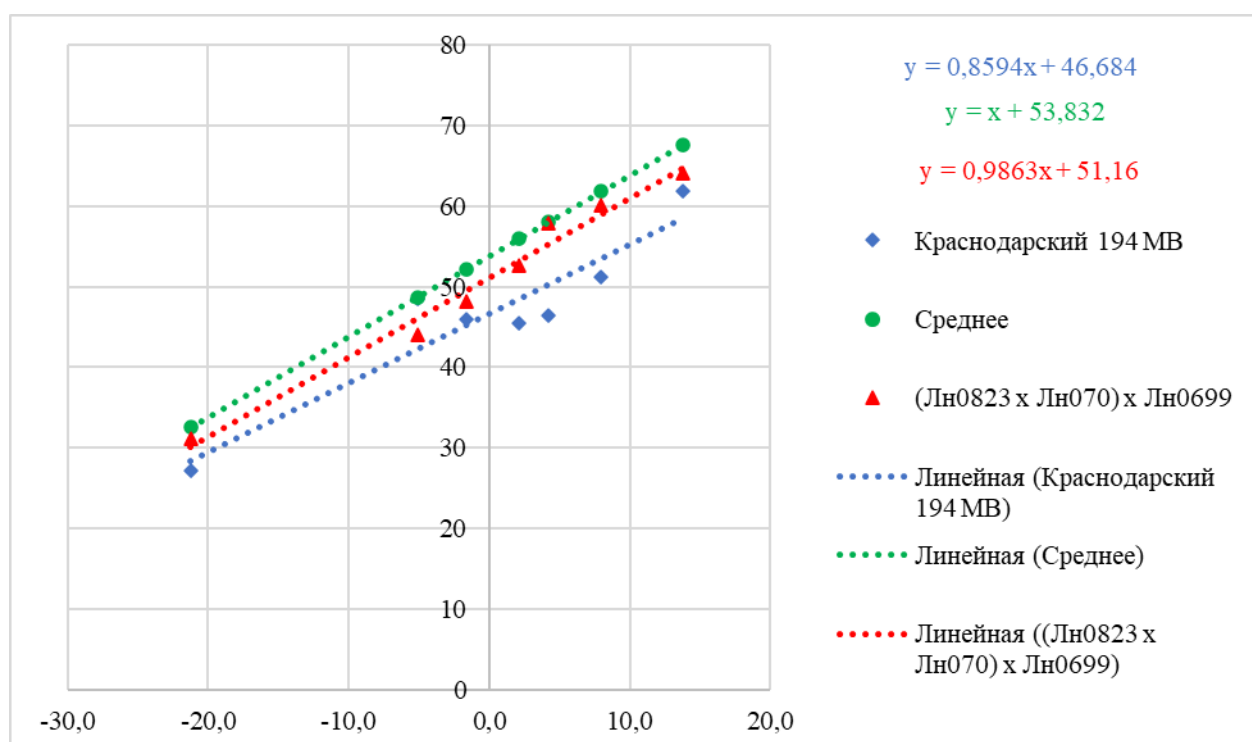


Рисунок 22 – График регрессии показателя урожайности тесткрасса (Лн0823 × Лн070) × Лн0699 в разных агроклиматических условиях в среднем по всем пунктам, 2016–2018 гг.

Гибрид (Лн0823 × Лн070) × Лн0699 показал отличные показатели пластичности и стабильности в различных агроклиматических условиях. Его линия регрессии, близкая к средней, указывает на способность поддерживать стабильную урожайность вне зависимости от условий выращивания, что делает его перспективным для внедрения в регионах с изменчивыми климатическими и почвенными условиями.

Таким образом, данный гибрид можно рекомендовать для выращивания в различных условиях, так как он демонстрирует устойчивую продуктивность и обладает высокой экологической пластичностью, позволяющей эффективно адаптироваться к изменяющимся условиям выращивания.

Так же был проведен регрессионный анализ для оценки реакции тесткрасса (Лн0479 × Лн0159) × Лн0720 на различные агроклиматические условия в течение 2016–2018 гг. в семи пунктах испытаний (Рисунок 23).

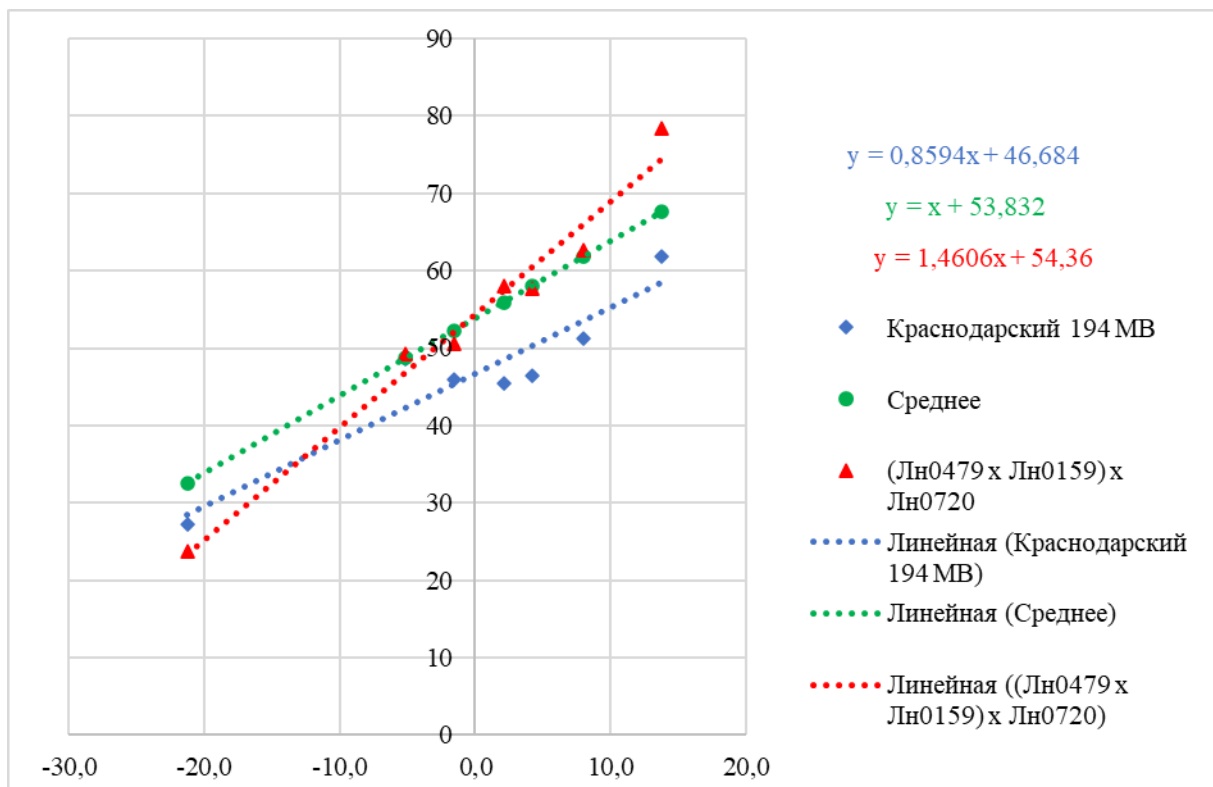


Рисунок 23 – График регрессии показателя урожайности тесткрасса (Лн0479 × Лн0159) × Лн0720 в различных агроклиматических условиях в среднем по всем пунктам, 2016–2018 гг.

Гибрид (Лн0479 × Лн0159) × Лн0720 проявил себя как высокопродуктивный сорт в условиях благоприятного климата и агротехнических мероприятий. Однако его высокая отзывчивость ($b_i > 1$) и меньшая стабильность (высокое Sd_i^2) указывают на то, что для достижения максимальной урожайности его следует выращивать в зонах с более прогнозируемыми и благоприятными условиями. Этот гибрид может быть перспективным для использования в интенсивных системах земледелия, где агротехнологические мероприятия обеспечивают постоянные и оптимальные условия для роста растений. Однако для выращивания в зонах с менее предсказуемым климатом следует учитывать его нестабильность и чувствительность к неблагоприятным условиям.

Результаты анализа позволяют заключить, что гибриды с показателем b_i близким к 1, такие как (Кр752м × Лн0684) × Лн0613 и (Лн0823 × Лн070) × Лн0724, являются наиболее стабильными и адаптивными, демонстрируя высокую урожайность и гибкость к изменениям агроклиматических условий. Они значительно превосходят контрольный гибрид Краснодарский 194 МВ по показателям продуктивности и стабильности. Гибриды с показателем $b_i > 1$, такие как (Лн0479 × Лн0159) × Лн0720, имеют высокий потенциал для получения урожая в благоприятных условиях, но требуют более тщательного управления из-за их нестабильности. В целом, новые гибриды являются перспективными для внедрения в коммерческое производство кукурузы, особенно при использовании в различных условиях выращивания, где высокая адаптивность и продуктивность являются ключевыми факторами успеха.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ СОРТОИСПЫТАНИЙ ПРОСТЫХ ГИБРИДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ДИАЛЛЕЛЬНЫХ СКРЕЩИВАНИЯХ

5.1 Оценка эффектов специфической комбинационной способности простых гибридов в системе диаллельных скрещиваний

Специфическая комбинационная способность (СКС) является важным показателем для оценки генетического потенциала родительских линий в гибридизации. Этот показатель характеризует способность линии давать высокие показатели урожайности в конкретных гибридных комбинациях, что позволяет выделить наиболее продуктивные линии для создания высокогетерозисных гибридов. Оценка СКС осуществляется на основе анализа неаддитивных генетических эффектов, которые играют ключевую роль в выявлении наиболее эффективных комбинаций родительских форм.

Система диаллельных скрещиваний представляет собой один из наиболее информативных методов изучения специфической комбинационной способности. Она позволяет получить полную картину взаимодействия генотипов и их потенциала в различных комбинациях. Диаллельные скрещивания включают систематическое скрещивание всех возможных комбинаций родительских линий, что даёт возможность оценить как общие, так и специфические генетические эффекты, влияющие на продуктивность гибридов [118, 203].

Использование диаллельного анализа для оценки СКС имеет большое значение для селекционной работы, поскольку позволяет выявить родительские формы, обладающие наибольшим потенциалом для использования в создании гибридов с высокой урожайностью. На основе данных по СКС можно выбрать наиболее эффективные гибридные комбинации, которые обеспечат высокий уровень гетерозиса и стабильные показатели продуктивности в различных условиях выращивания [123, 222].

Основной задачей данного исследования является оценка специфической комбинационной способности простых гибридов, полученных в системе диаллельных скрещиваний, а также выявление наиболее перспективных родительских форм для

дальнейшего использования в селекционных программах. Анализ полученных данных позволит не только выявить наиболее продуктивные комбинации, но и разработать рекомендации для улучшения гибридных программ в целом.

Так, в нашей работе методом топкроссных скрещиваний были выделены по ОКС 8 новых самоопыленных линий, которые были включены в диаллельные скрещивания. Помимо этих линий в скрещивания были включены еще 5 новых, до этого не принимавших участия в работе, линий. В результате нами было получено 78 простых гибридов, которые прошли испытания в 2017 и 2018 гг. в контрольном питомнике ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Методика проведения испытаний была аналогичной той, что использовалась при анализе тесткроссных гибридов. Посевы были заложены с использованием стандартных агротехнических приемов для кукурузы, включая оптимальные нормы высева, глубину заделки семян и уход за растениями. Оценка урожайности зерна проводилась по результатам двух лет испытаний. Полученные данные по урожайности были использованы для анализа специфической комбинационной способности [107].

Для обработки данных по урожайности и расчета СКС была использована программа Microsoft Office Excel. Расчет СКС проводился по стандартной методике, включающей использование дисперсионного анализа, что позволило выделить гибриды с высокими значениями СКС, обладающие значительным потенциалом для использования в дальнейших селекционных программах. Результаты расчетов позволили выявить перспективные гибридные комбинации, обладающие высокой продуктивностью и устойчивостью к различным условиям выращивания.

Для обработки данных по урожайности и расчета СКС была использована программа Microsoft Office Excel. Расчет СКС проводился по стандартной методике, включающей использование дисперсионного анализа, что позволило выделить гибриды с высокими значениями СКС, обладающие значительным потенциалом для использования в дальнейших селекционных программах. Результаты расчетов позволили выявить перспективные гибридные комбинации, обладающие высокой продуктивностью и устойчивостью к различным условиям выращивания.

По результатам двухфакторного дисперсионного анализа, основное влияние на урожайность зерна у гибридов кукурузы оказывает генотип, что подчёркивает важность выбора родительских форм с высоким потенциалом урожайности (Таблица 56).

Таблица 56 – Двухфакторный дисперсионный анализ СКС простых гибридов в системе диаллельных скрещиваний по урожайности зерна, 2017–2018 гг.

Показатели	Сумма кв.	Степени свободы	Дисперсия	F _{факт}	F _{таб 095.}	Влияние, %
Генотип	5348,6	12,0	445,7	1,7	1,8	6,6
Среда	589,6	1,0	589,6	2,3	3,9	0,7
Взаимодействие (генотип × среда)	1007,5	12,0	84,0	0,3	2,3	1,3

Однако влияние генотипа остаётся умеренным (6,6%), в то время как среда и взаимодействие генотипа со средой оказывают незначительное влияние на общую изменчивость (0,7% и 1,3% соответственно). Это говорит о том, что урожайность данных гибридов более зависит от генетической основы, а условия выращивания в исследуемые годы оказали минимальное влияние на результаты.

Необходимо отметить, что несмотря на этот факт, разница в показателях СКС между разными годами все же имелись, и это можно объяснить различием погодных условий, которые сложились в годы проведения опытов. По этой причине мы представляем результаты оценки СКС гибридов, полученных из диаллельных скрещиваний, для каждого года отдельно.

Анализ данных специфической комбинационной способности (СКС) по урожайности и уборочной влажности зерна простых гибридов в системе диаллельных скрещиваний за 2017 г. (Таблица 57) позволяет выявить высокую продуктивность и устойчивость гибридов в благоприятных климатических условиях для выращивания кукурузы. Гибриды продемонстрировали высокие показатели урожайности, что свидетельствует о хорошем взаимодействии генотипов с условиями среды в 2017г. Этот год характеризовался

благоприятными погодными условиями, что способствовало реализации генетического потенциала гибридов.

Таблица 57 – Анализ СКС простых гибридов в системе диаллельных скрещиваний по показателю урожайности зерна, 2017 г.

Гибриды	Константы СКС	Урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность зерна, %
Лн0357 × Лн0685	39,6	76,3	23,9
Лн008 × Лн0681	37,0	82,5	21,0
Лн0228 × Лн0681	36,2	80,6	24,1
Лн0681 × Лн0718	36,1	84,3	21,9
Лн0228 × Лн0647	35,0	37,9	13,6
Лн0687 × Лн0720	34,0	74,2	21,9
Лн0718 × Лн0480	33,8	84,4	23,5
Лн0647 × Лн0718	31,2	72,9	23,6
Лн0647 × Лн0720	31,1	82,7	20,8
НСР _{0,5}	–		4,7

В 2017 г., характеризующимся благоприятными климатическими условиями для выращивания кукурузы, большинство простых гибридов показали высокие значения урожайности и хорошие результаты по показателям уборочной влажности зерна. Наивысшие значения СКС были отмечены у гибрида Лн0357 × Лн0685 (39,6), что подтверждает его высокие специфические комбинационные способности. Гибриды Лн0718 × Лн0480 и Лн0681 × Лн0718 продемонстрировали наивысшие показатели урожайности (84,4 и 84,3 ц/га соответственно), что делает их перспективными для дальнейшего использования в селекционных программах. В то же время гибрид Лн0228 × Лн0647 выделился минимальной уборочной влажностью (13,6%), что может существенно снизить затраты на сушку зерна и повысить его конкурентоспособность.

Результаты анализа СКС простых гибридов от диаллельных скрещиваний за 2018 г. представлены в таблице 58. Важно подчеркнуть, что данный год характеризовался как крайне неблагоприятный для возделывания кукурузы, что негативно повлияло на продуктивность простых гибридов и привело к

значительному снижению урожайности зерна по сравнению с предыдущим годом испытаний.

Таблица 58 – Анализ СКС простых гибридов в системе диаллельных скрещиваний по показателю урожайности зерна, 2018 г.

Гибриды	Константы СКС	Урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность зерна, %
Лн0228 × Лн0681	30,4	50,4	11,8
Лн0718 × Лн0720	25,1	47,1	14,1
Лн0357 × Лн0685	24,3	44,4	26,4
Лн0480 × Лн003	19,5	33,8	22,2
Лн0718 × Лн0480	19,5	45,0	24,3
Лн0357 × Лн0687	19,4	48,9	18,0
Лн004 × Лн008	17,3	31,1	20,6
Лн0681 × Лн003	17,1	48,3	17,4
Лн0720 × Лн003	16,0	31,8	18,8
НСР _{0,5}	–		2,8

Гибрид Лн0228 × Лн0681 показал наивысшее значение СКС среди всех гибридов (30,4) в 2018 г., что указывает на значительные неаддитивные генетические эффекты. Его урожайность составила 50,4 ц/га – самый высокий показатель среди представленных гибридов, хотя в условиях неблагоприятного года этот результат ниже ожидаемого.

Уборочная влажность составила 11,8%, что является низким показателем и положительно влияет на качество зерна.

Гибрид Лн0357 × Лн0685 подтвердил высокие значения специфической комбинационной способности (24,3), но урожайность составила всего 44,4 ц/га, что значительно ниже, чем в предыдущем году, свидетельствуя о негативном влиянии условий 2018 г.; уборочная влажность составила 26,4%, что является высоким показателем и может осложнять уборку и увеличивать затраты на сушку зерна.

Несмотря на различия в показателях урожайности зерна, которые наблюдались в разные годы проведения испытаний, нами были выявлены пары линий, которые демонстрировали высокие значения СКС как в 2017, так и в 2018 гг. (Таблица 59)

Таблица 59 – Значения СКС выделившихся гибридных пар в системе диаллельных скрещиваний по показателю урожайности зерна, 2017–2018 гг.

Гибриды	Константы СКС	
	2017 г.	2018 г.
Лн0357 × Лн0685	39,6	24,2
Лн008 × Лн0681	36,9	13,6
Лн0228 × Лн0681	36,2	30,4
Лн0681 × Лн0718	36,1	11,8
Лн0718 × Лн0480	33,7	19,5
Лн0720 × Лн003	26,5	15,9
Лн0480 × Лн003	25,2	19,5

Результаты анализа показывают, что линия Лн0681 демонстрирует высокий потенциал в благоприятные годы, но её гибриды оказались чувствительными к неблагоприятным условиям, за исключением комбинации с Лн0228, которая оказалась стабильной. Линия Лн0718 показала вариативность результатов в зависимости от комбинации с другими линиями, демонстрируя, что её продуктивность зависит от генетического взаимодействия с партнёрами по гибриду. Линия Лн003 показала стабильные, но умеренные результаты, что может говорить о её средних специфических комбинационных способностях.

Таким образом, для селекции необходимо учитывать как общие комбинационные способности линий, так и их взаимодействие в разных условиях выращивания, чтобы выбирать наиболее стабильные гибриды, устойчивые к неблагоприятным погодным условиям.

Рисунок 24 наглядно демонстрирует значительное снижение констант СКС для всех представленных гибридов в 2018 г., что связано с неблагоприятными климатическими условиями для возделывания кукурузы в этот период. Наиболее устойчивым к изменению условий оказался гибрид Лн0228 × Лн0681, который показал минимальное снижение СКС. Гибриды Лн008 × Лн0681 и Лн0681 × Лн0718 оказались наиболее чувствительными к неблагоприятным условиям, что подтверждается значительным снижением СКС. Гибриды Лн0718 × Лн0480 и Лн0480 × Лн003 продемонстрировали относительно стабильные результаты, сохраняя хорошие показатели СКС даже в неблагоприятные годы.

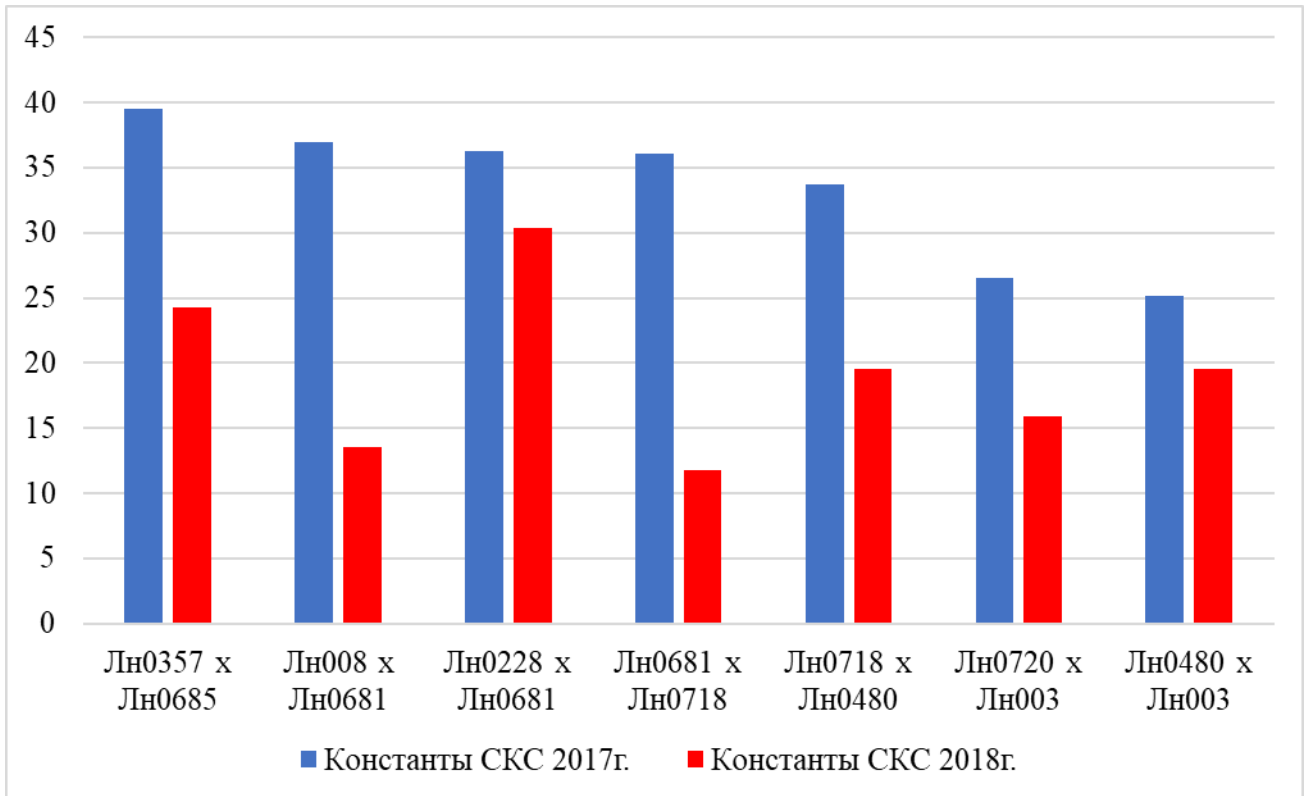


Рисунок 24 – Константы СКС выделившихся гибридных пар в системе диаллельных скрещиваний по показателю урожайности зерна, 2017–2018 гг.

Новые простые гибриды, которые были выделены на основе анализа СКС в ходе диаллельных скрещиваний, представляют собой перспективный генетический материал для дальнейших исследования и работы. В 2022 г. автором диссертации получены новые автодиплоидные линии, исходным материалом для которых послужили простые гибриды от ДС: Лн0228 × Лн0681, Лн0357 × Лн0685. Данные автодиплоидные линии находятся в коллекции отдела, активно применяются в селекционных программах. Полученные на их основе тесткроссы с 2023 г. проходят испытания в контрольном питомнике отдела.

5.2 Характеристика основных селекционных признаков лучших простых гибридов

В дальнейших исследованиях простых гибридов от диаллельных скрещиваний нами была проведена оценка их основных селекционных признаков и морфо-биологических признаков початка (Приложение В, Таблицы 1–2).

Из 13 самоопыленных линий, включенных в диаллельную схему, 4 относилось к группе зародышевой плазмы *Lancaster*, 4 к группе *European*, 3 к группе *Stiff Stalk Synthetic*, и 2 к *Iodent* (Таблица 60).

Таблица 60 – Разделение исходного материала, использованного в диаллельных скрещиваниях по гетерозисным группам

Линий	Гетерозисная группа	Условное обозначение	Количество линий
Лн0480, Лн003, Лн0720, Лн0685	Lancaster	L	4
Лн0228зм, Лн0718, Лн0647, Лн0357,	European	Euro	4
Лн008, Лн0681, Лн0614,	Stiff Stalk Synthetic	SSS	3
Лн004, Лн0687	Iodent	I	2

Как отмечалось ранее, все гибриды от ДС испытывались в контрольном питомнике ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» в 2017 и 2018 гг.

Непосредственно в процессе вегетации были измерены высота растений и высота прикрепления верхнего початка. При достижении физиологической спелости была проведена комбайновая уборка с измерением урожайности зерна и ее уборочной влажности.

Из проведенного анализа варьирования основных селекционных признаков простых гибридов от ДС следует, что признак «урожайность зерна» имеет высокий размах варьирования ($Lim = 44,4$ ц/га) в среднем за два года изучения (Таблица 61).

Таблица 61 – Значения варьирования основных селекционных показателей у простых гибридов в системе диаллельных скрещиваний, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Признак	X _{ср}	X _{min}	X _{max}	Lim	S	CV, %	Доверительный интервал ±
Урожайность зерна, ц/га	39,5	21,0	65,4	44,4	11,9	30,1	2,6
Уборочная влажность зерна, %	11,8	7,3	17,6	10,3	2,6	21,8	0,6
Высота растений, см.	209,2	186,0	252,6	66,6	10,8	5,2	2,4
Высота прикрепления початка, см	76,7	48,8	94,7	45,9	7,6	10,0	1,7

Примечание: Количество изученных гибридов – 78.

Высоким по данному признаку был и коэффициент вариации – 30,1 %. По большей части это было связано с разницей в сложившихся погодных условиях в

годы исследования. Коэффициент вариации по уборочной влажности был значительно ниже (21,8%), но также находился на высоком уровне.

Остальные признаки имели более низкие значения вариации. Так, признак «высота растений» имел низкое значений коэффициента вариации – 5,2% при размахе варьирования 66,6 см, а признак «высота прикрепления початка» имел среднее значение коэффициента вариации – 10%, при размахе варьирования 45,9 см в среднем за два года испытаний. Данное обстоятельство говорит о значительной однородности и выровненности новых простых гибридов от ДС по данным признакам.

В таблице 62 представлена характеристика селекционных признаков лучших простых гибридов, полученных от ДС, за 2017 и 2018 гг.

Таблица 62 – Характеристика основных селекционных признаков 10 лучших простых гибридов диаллельных скрещиваний, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность, %	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см
Краснодарский 194 МВ	43,9	12,8	219,5	83,4
Лн0681 × Лн0228	65,4	10,4	216,6	94,7
Лн0480 × Лн0718	64,4	16,8	219,6	87,9
Лн0480 × Лн0647	63,0	12,3	209,1	81,5
Лн0720 × Лн0357	62,6	12,0	210,0	80,1
Лн0681 × Лн003	62,5	13,0	209,9	65,8
Лн0687 × Лн0357	62,0	13,0	202,0	61,9
Лн0687 × Лн004	61,3	13,0	196,3	71,1
Лн0357 × Лн0685	60,4	17,4	202,4	77,1
Лн0681 × Лн008	59,8	12,2	200,5	62,4
Лн0720 × Лн0647	59,0	12,7	203,3	87,2
НСР _{0,5}	3,1	3,2	2,7	2,4

Как следует из данных таблицы, все представленные простые гибриды превысили по урожайности зерна соответствующие стандарт – Краснодарский 194 МВ, при меньшей или равной уборочной влажности зерна. Данное обстоятельство свидетельствует о высокой хозяйственной ценности выделившихся гибридов. Так, например, гибрид Лн0681 × Лн0228 показал

урожайность зерна 65,4 ц/га, что на 21,5 ц/га выше, чем у Краснодарского 194 МВ при значительно меньшей уборочной влажности зерна.

По высоте растений, как и по высоте прикрепления початка, новые гибриды ДС практически не отличались от соответствующего стандарта.

Из графика распределения по урожайности зерна следует, что большая часть простых гибридов от ДС располагалась в трех группах: 24 гибрида в диапазоне 21–30,6 ц/га, 25 в диапазоне 30,6–40,2 ц/га и 17 в диапазоне 40,2–49,8 ц/га. Остальные простые гибриды вошли в более мелкие группы: 7 в диапазоне 49,8–59,4 ц/га и 9 в 59,4–69 ц/га (Рисунок 25).

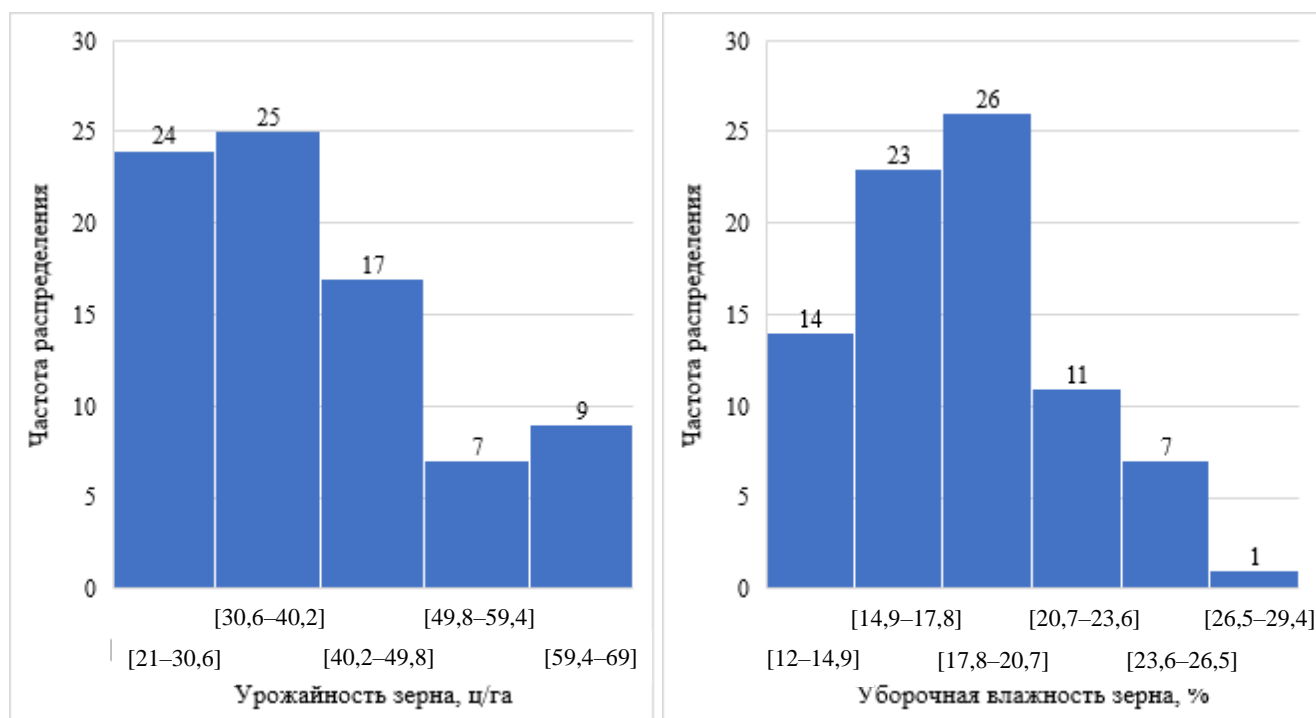


Рисунок 25 – Распределение новых простых гибридов в системе диаллельных скрещиваний по показателям урожайности и уборочной влажности зерна, 2017–2018 гг.

Графическое распределение простых гибридов от ДС по уборочной влажности зерна показывает две группы, в которые вошло подавляющее большинство гибридов. В первый диапазон (14,9–17,8%) вошло 23 простых гибрида, во второй (17,8–20,7%) – 26 гибрида.

Для изучения морфологических признаков початков у гибридов от ДС был проведен специальный посев этих гибридов в контрольном питомнике. При проведении уборки данный опыт убирался вручную.

Все убранные початки подверглись измерению основных количественных признаков элементов структуры урожая.

Анализ варьирования морфо-биологических признаков початка новых простых гибридов от ДС в среднем за два года исследования представлен в таблице 63.

Таблица 63 – Варьирование морфо-биологических признаков початков у простых гибридов ДС по результатам исследования, 2017–2018 гг.

Признак	Х _{ср}	Х _{min}	Х _{max}	Lim	S	CV, %	Доверительный интервал ±
Длина початка, см.	18,4	15,7	21,6	5,9	1,6	8,6	0,3
Диаметр початка, см.	4,2	3,7	4,7	1,0	0,3	6,1	0,1
Число зерен в ряду, шт.	35,4	24,1	43,8	19,7	4,4	12,4	1,0
Число рядов зерен, шт.	16,2	13,0	20,0	7,0	1,6	10,0	0,4
Вес початка, г	150,9	73,8	206,5	132,7	28,7	19,0	6,3
Вес зерна с початка, г	124,1	55,3	179,9	124,6	27,4	22,1	6,0

Примечание: Количество изученных гибридов – 78.

Высокую вариабельность ($CV > 20\%$) показывает лишь один признак: «вес зерна с початка», размах варьирования у которого составил 124,6 г.

Среднюю вариабельность ($10\% < CV < 20\%$) показывают три признака: «количество зерен в ряду», «количество рядов зерен» и «вес початка», размах варьирования которых равны – 19,7 шт., 7 шт. и 132,7 г, соответственно.

Длина и диаметр початка имели более низкую вариабельность – $CV < 10\%$. Незначительными был и размах варьирования 5,9 см и 1 см, соответственно.

В таблице 64 представлена характеристика лучших простых гибридов от ДС по морфо-биологическим признакам початка в среднем за два года изучения.

Все выделившиеся простые гибриды имели лучшие показатели количественных признаков по сравнению со стандартами.

Таблица 64 – Результаты анализа элементов структуры урожайности 10 лучших простых гибридов диаллельных скрещиваний, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Початок, см		Число в початке, шт.		Вес, г	
	длина	диаметр	зерен в ряду	рядов зерен	початка,	зерна с початка,
Краснодарский 194 МВ	17,8	4,4	35,6	18	146,3	116,0
Лн0681 × Лн0228	16,9	4,3	35,1	16	163,2	137,4
Лн0480 × Лн0718	21,1	4,5	40,5	18	206,5	179,9
Лн0480 × Лн0647	19,7	4,6	40,0	18	205,7	175,5
Лн0720 × Лн0357	18,8	4,6	38,7	18	186,5	158,1
Лн0681 × Лн003	16,9	4,6	35,7	18	175,9	148,3
Лн0687 × Лн0357	18,5	4,4	37,8	16	163,2	138,1
Лн0687 × Лн004	17,0	4,3	29,1	16	135,5	109,3
Лн0357 × Лн0685	19,5	4,6	37,2	18	187,8	158,0
Лн0681 × Лн008	18,7	4,3	42,3	16	164,8	137,4
Лн0720 × Лн0647	18,1	4,2	36,8	16	154,6	130,2
НСР _{0,5}	1,5	0,6	2,3	0,2	2,8	3,0

На рисунке 26 представлено графическое распределение простых гибридов от ДС по признакам «вес початка» и «вес зерна с початка» за 2017 и 2018 гг. исследования. По первому признаку, как следует из графика, 14 гибридов вошли в диапазон 96,8–119,8 г, 20 гибридов в диапазон 119,8–142,8 г, 22 гибрида в диапазон 142,8–165,8 г, 17 гибридов 165,8–188,8 г и 8 гибридов 188,8–211,8 г.

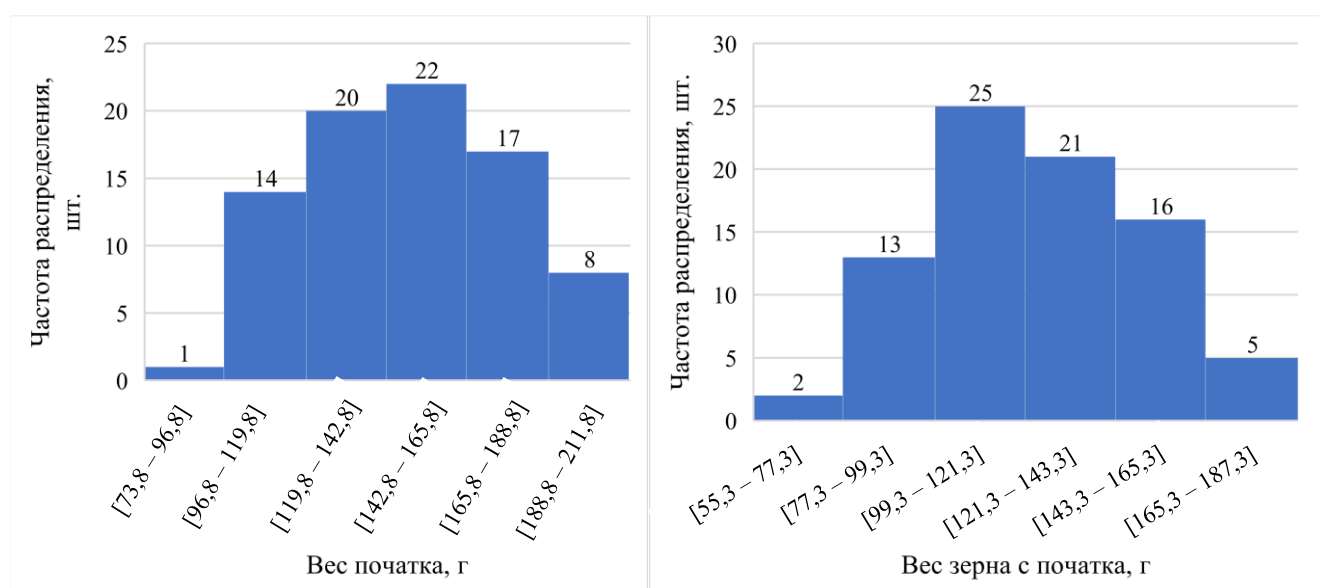


Рисунок 26 – Распределение простых гибридов от ДС по показателям вес початка и вес зерна с початка, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

По признаку «вес зерна с початка» простые гибриды от ДС разделились на 4 большие группы: 13 гибридов вошли в диапазон 77,3–99,3 г, 25 гибрида в диапазон 99,3–121,3 г, 21 гибрид в диапазон 121,3–143,3 г и 16 в диапазон 143,3–165,3 г.

В результате проведенного анализа основных селекционных и морфобиологических признаков гибридов от ДС, можно сделать вывод, что изучение количественных признаков элементов структуры урожая позволяет прогнозировать урожайность зерна тех или иных гибридов. Изучение морфологических признаков дает возможность отобрать наиболее ценные генотипы.

5.3 Корреляционный анализ селекционно ценных признаков у самоопыленных линий и гибридов кукурузы

Как известно из литературы, выявление корреляционных связей между различными признаками способствует проведению менее трудоемкого и более быстрого отбора в селекционной работе. Отмечено, что на значения показателей признаков большое влияние оказывают внешние факторы среды, но также, немало важную роль играют и генетические особенности селекционного материала. С помощью определения коэффициентов корреляции между признаками исследуемых генотипов появляется возможность нахождения связей между генотипическими и фенотипическими параметрами, а также изучение их взаимосвязей с факторами среды [101, 197].

С целью выявления взаимосвязи между основными морфологическими и хозяйственными признаками новых простых гибридов от диаллельных скрещиваний, нами был проведен корреляционный анализ этих признаков (Приложение В, Таблица 3–4).

Как следует из таблицы 65, с урожайностью зерна наибольшую положительную связь имели признаки: диаметр початка ($r = 0,5$), вес початка ($r = 0,5$) и вес зерна с початка ($r = 0,5$), что указывает на то, что увеличение этих

признаков способствует повышению урожайности. Связь с уборочной влажностью оказалась слабой ($r = 0,4$), указывая на её незначительное влияние на урожайность. Уборочная влажность зерна слабо коррелирует с длиной початка ($r = 0,1$) и диаметром початка ($r = 0,4$), что может быть связано с тем, что початки с большим диаметром и длиной имеют более высокую влажность при уборке.

Таблица 65 – Показатели корреляции между основными показателями растений простых гибридов от ДС, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Признаки	Урожайность зерна	Уборочная влажность зерна	Длина початка	Диаметр початка	Число зерен в ряду	Вес початка	Вес зерна с початка	Число рядов зерен	Высота растений
Уборочная влажность зерна	0,4*								
Длина початка	0,1	0,1							
Диаметр початка	0,5	0,4	0,2						
Число зерен в ряду	0,3	0,1	0,5	0,4					
Вес початка	0,5*	0,3	0,5	0,8*	0,7*				
Вес зерна с початка	0,5*	0,3	0,5	0,8*	0,7*	0,9*			
Число рядов зерен	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,4	0,4		
Высота растений	-0,1	-0,2	0,4	-0,1	0,3	0,1	0,1	-0,1	
Высота прикрепления початка	-0,1	-0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3

Примечание: * Выделены достоверные коэффициенты корреляции на высоком уровне значимости $P < 0,05$

Длина початка имеет слабую положительную корреляцию с количеством зерен в ряду ($r = 0,5$) и весом початка ($r = 0,5$), что указывает на то, что увеличение длины может привести к повышению числа зерен и увеличению массы початка. Диаметр початка демонстрирует наиболее сильную корреляцию с весом початка ($r = 0,8$) и весом зерна с початка ($r = 0,8$), что указывает на его ключевую роль в формировании общего веса початка и количества зерна. Количество зерен в ряду имеет среднюю положительную корреляцию с весом початка ($r = 0,7$) и весом зерна с початка ($r = 0,7$), что свидетельствует о том, что увеличение количества зерен в ряду ведет к повышению массы початка и зерна. Вес початка сильно коррелирует с весом зерна с початка ($r = 0,9$), что указывает

на прямую зависимость между этими показателями. Корреляция между количеством рядов зерен и другими признаками слаба, однако наблюдается связь с диаметром початка ($r = 0,5$), что указывает на возможное увеличение числа рядов зерен при увеличении диаметра. Высота растений негативно коррелирует с уборочной влажностью ($r = -0,2$), что указывает на тенденцию к снижению влажности при увеличении высоты растений.

Для лучшего понимания взаимосвязи между признаками на рисунке 27 приводится графическая интерпретация корреляционной зависимости урожайности зерна от других признаков за два года исследования.

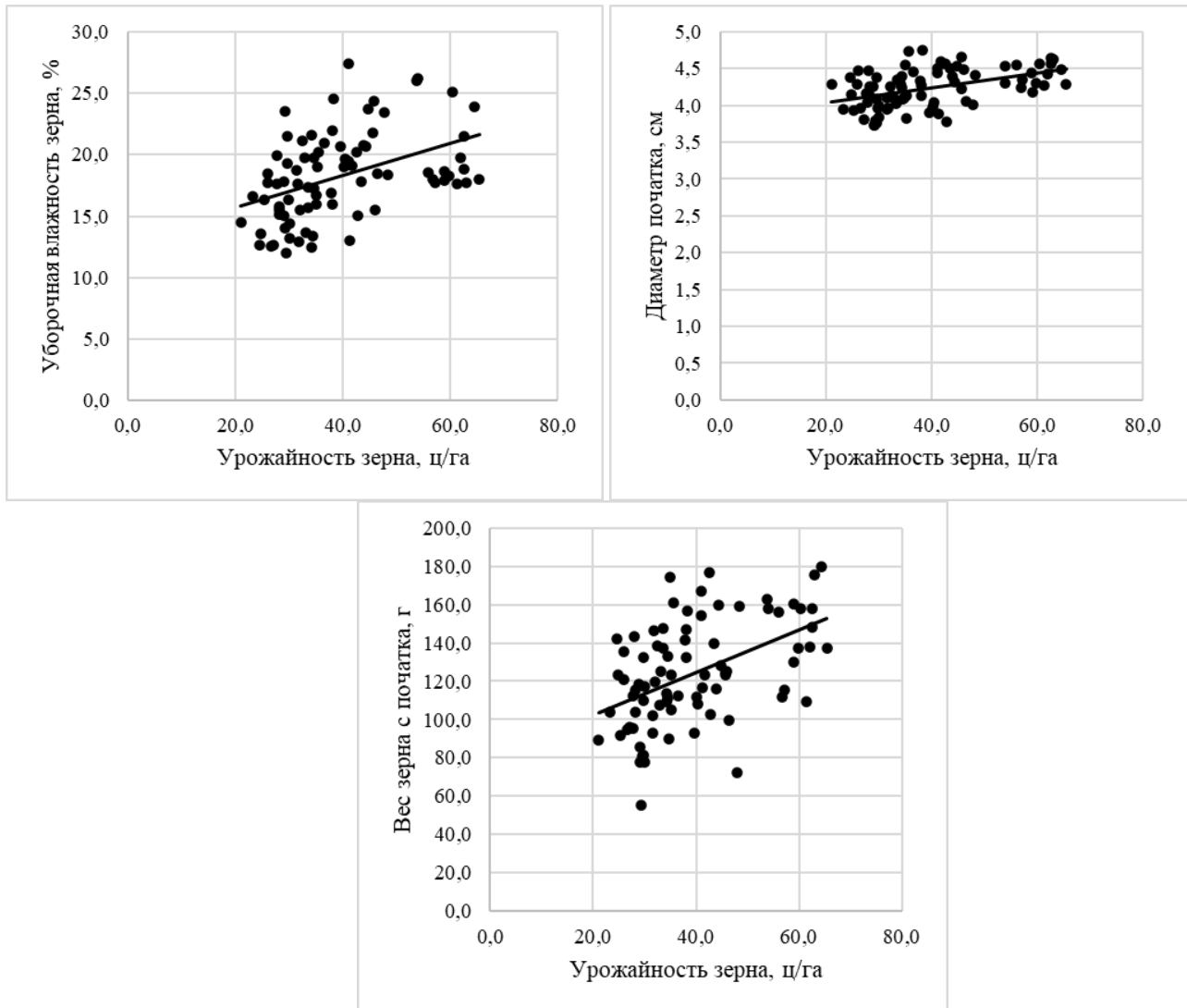


Рисунок 27 – Зависимость урожайности зерна простых гибридов, полученных в ДС, от элементов ее структуры, 2017–2018 гг.

Из графиков следует, что с увеличением значений признаков «уборочная влажность зерна», «диаметр початка» и «вес зерна с початка», в сложившихся условиях выращивания происходило увеличение урожайности зерна новых простых гибридов от ДС.

Так, простой гибрид Лн0480 × Лн0718 имел второй по величине показатель урожайности зерна среди всего набора простых гибридов от ДС в среднем за два года (64,4 ц/га), имел самое высокое значение показателя признака «вес зерна с початка» – 179,9 г. Также высоким у данного гибрида был показатель признака «диаметр початка» – 4,5 см и оптимальный показатель признака «уборочная влажность зерна» – 16,8% в среднем за два года исследования.

Анализ корреляционных связей показал, что наиболее сильные положительные корреляции наблюдаются между диаметром початка, весом початка и весом зерна с початка, что позволяет использовать эти признаки при выборе родительских линий для селекции высокоурожайных гибридов кукурузы. Высокая корреляция между этими признаками и урожайностью свидетельствует о возможности их использования в качестве индикаторов в селекционных программах. Результаты также показывают, что связь между высотой растений и уборочной влажностью отрицательная, что может быть полезно при отборе линий с более низкой влажностью зерна при уборке. Таким образом, корреляционный анализ позволяет повысить эффективность селекции, направленной на увеличение урожайности и адаптивности гибридов кукурузы к различным условиям выращивания.

5.4 Оценка экономической эффективности внедрения новых гибридов в производство

В современных условиях сельского хозяйства выбор подходящих гибридов кукурузы является важным решением, влияющим на экономическую эффективность. Одним из ключевых факторов, определяющих рентабельность производства кукурузы, является влажность зерна на момент уборки. Гибриды с

пониженной уборочной влажностью играют значительную роль в снижении затрат на сушку и повышении общего дохода фермерских хозяйств [75].

Затраты на сушку зерна могут существенно увеличивать общие расходы на производство кукурузы. Например в США, где часто используют позднеспелые гибриды с высокой урожайностью, затраты на сушку зерна при влажности более 20% могут варьироваться от \$0.03 до \$0.05 за бушель на каждый процент влажности, превышающий стандарт в 15%. Это увеличивает общие затраты на уборку, что особенно заметно при выращивании кукурузы в регионах с более влажным климатом [4, 50].

С другой стороны, использование раннеспелых гибридов, которые характеризуются более низкой влажностью зерна при уборке, позволяет снизить или вовсе избежать этих затрат. Кроме того, такие гибриды показывают стабильно высокую рентабельность даже при относительно меньшей урожайности. Согласно исследованиям, проведенным в северных регионах США, раннеспелые гибриды демонстрируют более высокие чистые доходы по сравнению с позднеспелыми, несмотря на их потенциально меньшую урожайность, благодаря значительной экономии на сушке и снижению рисков потерь урожая из-за неблагоприятных погодных условий [21].

Многолетние исследования, проведенные на Государственных сортоиспытательных участках (Госсортоучастках) Краснодарского края, подтвердили высокую эффективность и экономическую целесообразность внедрения раннеспелых гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна [74].

В условиях Краснодарского края, характеризующихся изменчивыми климатическими условиями, раннеспелые гибриды кукурузы показали стабильные и высокие показатели урожайности. За период исследования, охватывающий несколько лет, средняя урожайность раннеспелых гибридов составляла от 9 до 11 т/га, что сопоставимо с урожайностью среднеспелых и позднеспелых гибридов.

Важно отметить, что раннеспелые гибриды обладают высокой экологической пластичностью и стабильностью урожая. Они демонстрируют способность адаптироваться к различным погодным условиям, включая засушливые периоды и повышенные температуры, что особенно актуально в условиях изменения климата.

Одним из ключевых преимуществ раннеспелых гибридов является их способность быстро отдавать влагу зерном при созревании. На Госсортоучастках было установлено, что уборочная влажность зерна у раннеспелых гибридов в среднем на 2–4% ниже, чем у более позднеспелых аналогов. Это означает, что при уборке зерно имеет влажность около 14–16%, что позволяет проводить прямой комбайновый сбор без дополнительных затрат на сушку или с минимальными затратами.

Снижение уборочной влажности зерна приводит к значительной экономии на послепроизводственной сушке. Если учитывать, что стоимость сушки одной тонны зерна с уменьшением влажности на каждый процент может составлять около 100–150 руб., то экономия при использовании раннеспелых гибридов составляет до 300–600 руб./т. Это существенно повышает рентабельность производства и снижает себестоимость продукции [22].

Кроме того, ранние сроки уборки позволяют эффективно распределять нагрузку на уборочную технику и трудовые ресурсы, уменьшая простои и повышая производительность труда.

Анализ данных, полученных на Госсортоучастках Краснодарского края за последние 8–10 лет, подтверждает преимущества раннеспелых гибридов. Они не только обеспечивают стабильный высокий урожай, но и снижают риски, связанные с неблагоприятными погодными условиями в конце периода вегетации, такими как осенние дожди или ранние заморозки.

Внедрение раннеспелых гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна способствует:

- Снижению производственных затрат за счет уменьшения расходов на сушку зерна и оптимизации использования техники и трудовых ресурсов.
- Повышению экономической эффективности хозяйств благодаря увеличению чистой прибыли с каждого гектара посевов.
- Снижению рисков потери урожая из-за неблагоприятных погодных условий в конце сезона.
- Улучшению качества зерна, что положительно сказывается на его рыночной стоимости и конкурентоспособности.

При расчете рентабельности новых гибридов с пониженной влажностью необходимо учитывать несколько ключевых факторов:

Урожайность гибридов: средняя урожайность новых гибридов в условиях Краснодарского края может достигать 70–100 ц/га.

Затраты на сушку: для стандартных гибридов с высокой влажностью затраты на сушку могут составлять до 1000–1500 руб./т, в то время как для гибридов с пониженной влажностью эти затраты могут быть сокращены до 500–700 руб./т, что в конечном итоге снижает общие производственные затраты.

Выручка от продажи зерна: при текущей рыночной цене кукурузы в 14000–16000 руб./т, уменьшение затрат на сушку позволит увеличить чистую прибыль с каждого гектара на 8–12%, что значительно повышает рентабельность гибридов с низкой влажностью [172].

В нашем исследовании были выбраны 4 лучших гибрида по показателю урожайности зерна: (Кр752м × Лн0684) × Лн0613, (Лн0479 × Лн0159) × Лн008, (Лн0479 × Лн0159) × Лн0713, (Кр742м × Лн0716) × Лн0720. По полученным данным урожайности и уборочной влажности зерна была рассчитана экономическая эффективность выделенных гибридов (Таблица 66).

Стандартом в данном исследовании служил Краснодарский 194 МВ. Расчеты проводились по формуле, полученной из методической рекомендации по определению экономической эффективности использования научных разработок в земледелии [172].

Таблица 66 – Экономическая эффективность выращивания лучших новых гибридов кукурузы раннеспелой группы.

Показатели	Гибрид				
	Краснодарский 194 МВ	(Кр752м× Лн0684)× Лн0613	(Лн0479× Лн0159) × Лн008	(Лн0479× Лн0159) × Лн0713	(Кр742м × Лн0716) × Лн0720
Урожайности с 1 га, ц	41,6	60,6	57,5	56,6	55,8
Стоимость продукции 1 ц, руб.	1600				
Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	66560	96960	92000	90560	89280
Производственные затраты с 1 га, руб.:	34562	31902	32500	32425	31800
Чистый доход с 1 га, руб.	31998	65058	59500	58135	57480
Уровень рентабельности, %	92,6	203,9	183,1	179,3	180,8
Экономический эффект в сравнении со стандартом, руб	–	33060	27502	26137	25482

Из приведенных в таблице данных следует, что новые гибриды достоверно превысили стандарт Краснодарский 194 МВ по основным экономическим признакам: условно чистый доход, рентабельность, экономический эффект. Более высокая экономическая эффективность выделенных гибридов обусловлена не только более высокой урожайностью зерна в сравнении со стандартом, но и отсутствием лишних энергозатрат, связанных с послеуборочной доработкой семян, поскольку уборочная влажность зерен данных гибридов также имела низкие значения. В связи с тем, что наблюдалась более низкая уборочная влажность, из достоверных источников известно, что на просушку 1 центнера зерна затрачивается 1 литр керосина, соответственно затраты на просушку уменьшаются.

Проведенный анализ экономической эффективности раннеспелой группы новых гибридов показывает, что гибрид (Кр752м × Лн0684) × Лн0613 имеет лучшие результаты в сравнении со стандартом Краснодарский 194 МВ: разница составила 33060 рублей. Вторым по экономической эффективности стал гибрид (Лн0479 × Лн0159) × Лн008 – его рентабельность превосходила стандарт на 27502 рублей, 3 и 4 место заняли гибриды (Лн0479 × Лн0159) × Лн0713 и (Кр742м

× Лн0716) × Лн0720 с разницей со стандартом в 26137 рубля и 25482 рубля соответственно.

Также в нашем исследовании была рассчитана и проанализирована экономическая эффективность при выращивании гибридов кукурузы среднеранней группы спелости. Все данные по расчетам экономической рентабельности представлены в таблице 67, в качестве стандарта использовался гибрид Краснодарский 291 АМВ.

Таблица 67 – Экономическая эффективность выращивания лучших новых гибридов кукурузы среднеранней группы.

Показатели	Гибрид				
	Краснодарский 291АМВ	(Лн0823 × Лн070) × Лн0626	(Кр627м × Лн0699) × Лн0626	(Лн0711 × Лн008) × Лн0609	(Лн0823 × Лн070) × Лн0724
Урожайности с 1 га, ц	56,2	62,5	62,3	61,8	61,7
Стоимость продукции 1 ц, руб.	1600				
Стоимость валовой продукции с 1 га, руб.	89920	100000	99680	98880	98720
Производственные затраты с 1 га, руб.:	34562	31902	32500	32425	31800
Чистый доход с 1 га, руб.	55358	68098	67180	66455	66920
Уровень рентабельности, %	160,2	213,5	206,7	204,9	210,4
Экономический эффект в сравнении со стандартом, руб	–	12740	11822	11097	11562

Исходя из полученных данных следует заключить, что новый среднеранний гибрид (Кр627м × Лн0699) × Лн0626 превосходил по экономической эффективности стандарт краснодарский 291 АМВ на 12740 рублей. На втором месте находится гибрид (Лн0823 × Лн070) × Лн0626, урожайность зерна которого хоть и имеет наиболее высокие показатели среди приведенных гибридов, но затраты на производство которого также имеют наибольшее значение.

Данное обстоятельство связано с более высокой уборочной влажностью зерна, в результате данный гибрид имеет разницу со стандартом 11822 рублей. Третье и четвертое место разделили между собой два новых гибрида: (Лн0711×Лн008) × Лн0609 и (Лн0823 × Лн070) × Лн0724, разница экономической эффективности в сравнении со стандартом 11097 и 11562 рублей соответственно. Как следует из таблицы, значительной разницы рентабельности в среднеранней группе спелости не наблюдалось, поскольку стандарт Краснодарский 291АМВ на протяжении более 10 лет является флагманом на рынке семян кукурузы.

Получив данные по экономической эффективности двух групп спелости, раннеспелой и среднеранней, и сравнив два наивысших показателя гибридов, нами были получены ряд экономически эффективных новых гибридов, имеющих высокий хозяйственный и селекционный интерес. Следует отметить гибрид (Кр752м × Лн0684) × Лн0613 – в раннеспелой группе и гибрид (Кр627м × Лн0699) × Лн0626 – в среднеранней группе, показавшие наилучшие результаты экономической эффективности в проведенном нами исследовании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Методом кластерного анализа 48 самоопыленных линии кукурузы с закрытой родословной были распределены по 4-м группам зародышевой плазмы, что позволит в дальнейшем целенаправленно осуществлять скрещивание линейного материала из разных кластеров для сокращения объемов гибридизации и увеличения выхода высокогетерозисных гибридов.

2 Тридцать самоопыленных линии по числу дней от всходов до цветения початка (45–55 дней) были отнесены к раннеспелой (ФАО 100–199), а восемнадцать к среднеранней группам спелости (55–60 дней) (ФАО 200–250). Линейный материал обеих групп вызревает в условиях региона, и именно с ними была продолжена в дальнейшем наша селекционная работа по созданию гетерозисных гибридов.

3. Расчет коэффициентов корреляции в раннеспелой и среднеранней группах у самоопыленных линий кукурузы показал, что признак «урожайность зерна», достоверно коррелирует со следующими ее элементами: «вес початка» ($r = 0,70$ и $r = 0,69$), « вес зерна с початка» ($r = 0,70$ и $r = 0,68$), а также «выход зерна с початка» ($r = 0,62$ и $r = 0,67$), что позволяет вести дальнейшую селекцию на улучшение нового исходного материала за счет отбора по этим элементам структуры урожайности.

4. Установлено, что шесть самоопыленных линий кукурузы (Лн0681, Лн0685, Лн0718, Лн0613, Лн0626, Лн0706) имеют более продолжительный период накопления сухого вещества в момент налива зерна (21–28 дней) и наиболее короткий период отдачи влаги при его созревании (7–14 дней). Потеря влаги зерном на заключительных стадиях созревания составила более 50%. Эти линии целесообразно использовать в скрещиваниях при создании гибридов с быстрой влагоотдачей при созревании зерна.

5. Выделены инбредные линии кукурузы с высокими показателями ОКС, за три года исследования:

– по урожайности зерна 6 линий: Лн0713 (6,2; 10,1; 6,4), Лн0720 (8,5; 10,2; 3,8), Лн0693 (4,1; 5,6; 1,6), Лн0626 (7,7; 20,3; 8,9), Лн0613 (5,9; 9,0; 14,7), Лн0685 (7,5; 18,8; 5,0), которые обладают наибольшим потенциалом для использования в селекционных программах по созданию высокопродуктивных гибридов кукурузы;

– по показателю уборочной влажности зерна 6 линий: Лн0726 (–5,1; –1,3; –4,7), Лн0679 (–5,9; –2,0; –2,4), Лн0603 (–3,6; –2,5; –3,5), Лн0660 (–4,6; –2,3; –2,1), Лн0228 (–5,1; –3,6; –6,4), Лн0626 (–5,6; –2,7; –4,3), которые целесообразно использовать в гибридных селекционных программах по кукурузе.

6. Лучшими, достоверно превысившими по урожайности зерна стандарт в испытаниях 2016–2018 гг., были следующие 8 гибридов, которые были рекомендованы для оценки в конкурсном испытании: в раннеспелой группе 4 гибрида: (Кр752м × Лн0684) × Лн0613 (60,6 ц/га); (Лн0479 × Лн0159) × Лн008 (57,5 ц/га); (Лн0479 × Лн0159) × Лн0713 (56,6 ц/га) и (Кр742м × Лн0716) × Лн0720 (55,8 ц/га) (стандарт Краснодарский 194 МВ – 41,6 ц/га); в среднеранней – 4 гибрида: (Лн0823 × Лн070) × Лн0626 (62,8 ца/г); (Кр627м × Лн0699) × Лн0626 (62,3 ца/г); (Лн0711 × Лн008) × Лн0609 (61,3 ца/г); (Лн0823 × Лн070) × Лн0724 (61,4 ца/г) (стандарта Краснодарский 291АМВ – 56,2 ц/га).

7. Лучшими по признаку «уборочная влажность зерна» были следующие 8 гибридов: 4 в раннеспелой группе: (Лн0159С × Лн0614) × Лн0706 (14,3%); (Лн0159С × Лн0614) × Лн0726 (14,4%); (Лн0159С × Лн0614) × Лн0679 (14,4%); (Лн0159С × Лн0614) × Лн0718 (15,1%) (у стандарта Краснодарский 194 МВ – 21,3%), и 4 – в среднеранней: (Лн0823 × Лн070) × Лн0634 (18,8%); (Лн0823 × Лн070) × Лн0228 (19,6%); (Лн0711 × Лн008) × Лн0647 (20,4%); (Лн0711 × Лн008) × Лн0634 (20,5%) (у стандарта Краснодарский 291АМВ – 28,7%).

8. Оценка экологической пластичности и стабильности показала, что 4 гибрида (Кр714627м × Лн008) × Лн0720; (Кр752м × Лн0684) × Лн0685; (Кр742м × Лн0716) × Лн0613; (Лн0823 × Лн070) × Лн0699 относятся к интенсивному типу ($b_i = 1$), которые показали высокую фенотипическую стабильность и отзывчивость на улучшение условий выращивания и могут сохранять

относительно высокий уровень урожайности даже при ухудшении условий выращивания.

9. По подтвержденной результатами двухлетних испытаний (2017–2018гг.) оценке специфической комбинационной способности простых гибридов от диаллельных скрещиваний, выделены 7 гетерозисных пар с высокими эффектами СКС по признаку «урожайность зерна»: Лн0357 × Лн0685 (39,6; 24,2), Лн008 × Лн0681 (36,9; 13,6), Лн0228 × Лн0681 (36,2; 30,4), Лн0681 × Лн0718 (36,1; 11,8), Лн0718 × Лн0480 (33,7; 19,5), Лн0720 × Лн003 (26,5; 15,9), Лн0480 × Лн003 (25,2; 19,5). Они являются перспективным генетическим материалом для дальнейшей селекционной работы. Так, простые гибриды от ДС: Лн0228 × Лн0681, Лн0357 × Лн0685 уже стали основой получения в 2022 г. автором диссертации новых автодиплоидных линии, а полученные на их основе тесткроссы с 2023г. проходят испытания в контрольном питомнике.

10. Расчет экономической эффективности выращивания созданных трехлинейных гибридов кукурузы показал, что лучшими среди раннеспелых являются следующие 4 гибрида: (Кр752м × Лн0684) × Лн0613, (Лн0479 × Лн0159) × Лн008, (Лн0479 × Лн0159) × Лн0713 и (Кр742м × Лн0716) × Лн0720, у которых уровень рентабельности составил соответственно 203,9%, 183,1%, 179,3% и 180,8%, против 92,6% у стандарта и 4 среднеранних гибрида: (Кр627м × Лн0699) × Лн0626, (Лн0823 × Лн070) × Лн0626, (Лн0711 × Лн008) × Лн0609, (Лн0823 × Лн070) × Лн0724, уровень рентабельности – 213,5%, 206,7%, 204,9% и 210,4% против 160,2% у стандарта.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ И ПРОИЗВОДСТВА

Шесть самоопыленных линий, имеющих лучшие показатели ОКС по урожайности зерна (2016–2018 гг.): Лн0713 (6,2; 10,1; 6,4), Лн0720 (8,5; 10,2; 3,8), Лн0693 (4,1; 5,6; 1,6), Лн0626 (7,7; 20,3; 18,9), Лн0613 (5,9; 9,0; 14,7), Лн0685 (7,5; 18,8; 5,0) – для обогащения рабочей коллекции следует передать в отдел селекции и семеноводства кукурузы, ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко» для включения в селекционные программы по получению высокогетерозисных гибридов кукурузы;

Линии, имеющие лучшие показатели ОКС по уборочной влажности зерна (2016–2018 гг.): Лн0726 (–5,1; –1,3; –4,7), Лн0679 (–5,9; –2,0; –2,4), Лн0603 (–3,6; –2,5; –3,5), Лн0660 (–4,6; –2,3; –2,1), Лн0228 (–5,1; –3,6; –6,4), Лн0626 (–5,6; –2,7; –4,3), целесообразно включать в селекционные программы по созданию гибридов с пониженной уборочной влажностью зерна.

Восемь трехлинейных гибридов: (Кр752м × Лн0684 × Лн0613; (Лн0479 × Лн0159) × Лн008; (Лн0479 × Лн0159) × Лн0713; (Кр742м × Лн0716) × Лн0720; (Лн0823 × Лн070) × Лн0626; (Кр627м × Лн0699) × Лн0626; (Лн0711 × Лн008) × Лн0609 и (Лн0823 × Лн070) × Лн0724, показавших высокую урожайность зерна и экономическую эффективность выращивания, рекомендуются для оценки в конкурсном испытании и дальнейшей передачи лучших из них в ФГБУ «Госсорткомиссия».

Использовать в производстве новые гибриды Ладожский 202, Ладожский 251, ЛД 203 и ЛД 5888, полученные с участием автора, включенные в ФГБУ «Госсорткомиссия» и допущенные к использованию в Центральном, Волго-Вятском, Центрально-Черноземном, Нижневолжском, Дальневосточном, Северо-Кавказском, Средневолжском и Уральском регионах.

Перспективы дальнейшей разработки темы исследования

Углубление генетических исследований, направленных на выявление механизмов, определяющих скороспелость и влагоотдачу зерна, использование методов молекулярной генетики для определения маркеров, ассоциированных с комбинационной способностью и продуктивностью, а также использование гаплоидной селекции, позволит создавать на основе коллекции линейного материала и простых гибридов, полученных автором, новые гетерозисные гибриды, что приведет к ускорению селекционного процесса.

Расширение генетической базы за счёт использования нового линейного материала, полученного автором, а также экзотических и локальных популяций послужит основой при создании новых гибридов с уникальными признаками, что будет способствовать углублению не только фундаментальных знаний, но также и повышению эффективности селекционных программ за счет создания конкурентоспособных гибридов кукурузы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев, Ф. Х. Комбинационная способность образцов кукурузы по элементам продуктивности / Ф. Х. Абдуллаев // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 6. – С. 14–16.
2. Аммосов, И. Н. Теоретические и практические аспекты оценки влажности зерна / И. Н. Аммосов, Ю. Ж. Дондоков, В. М. Дринча // Вестник АГАТУ. – 2021. – № 3. – С. 43–50.
3. Анашенков, С. С. Анализ комбинационной способности новых самоопыленных линий и тестеров кукурузы / С. С. Анашенков // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 80. – С. 264–273.
4. Анипенко, Л. Н. Оценка эффективности возделывания сельскохозяйственных культур по критерию энергозатрат / Л. Н. Анипенко. – Зерноград : ФГОУ ВПО АЧГАА, 2007. – 56 с.
5. Аппаев, С. П. Результаты сортоиспытания экспериментальных гибридов кукурузы / С. П. Аппаев, А. В. Хачидогов, А. М. Кагермазов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 1 (93). – С. 68–72.
6. Асыка, Ю. А. Диаллельный анализ самоопыленных линий кукурузы по уборочной влажности зерна / Ю. А. Асыка // Тез. докл. Второй респ. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов «Вклад молодых ученых Украины в интенсификацию с.-х. производства». – 1986.
7. Беседа, Н. А. Комбинационная способность сорго зернового в системе диаллельных скрещиваний / Н. А. Беседа, П. И. Костылев, С. И. Горпиниченко // Зерновое хозяйство России. – 2009. – № 1. – С. 14–17.
8. Бишутин, К. И. Современное состояние выращивания кукурузы в брянской области / К. И. Бишутин // Современные тенденции развития аграрной науки. – 2022. – С. 307–313.
9. Блажний, Е. С. Почвы равнинной и предгорно-степной части Краснодарского края / Е. С. Блажний // Труды Кубанского с.-х. ин-та. – 1958. – Т. 1958. – С. 7–84.

10. Богданов, А. З. Скороспелость гибридов кукурузы компании KWS SAAT SE по ФАО / А. З. Богданов, Н. Ф. Надточаев // Вестник Белорусской гос. с.-х. академии. – 2021. – № 1. – С. 93–97.

11. Божко, О. В. Динамика влагоотдачи зерна у гибридов кукурузы в условиях Приморского края / О. В. Божко // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 3 (43). – С. 17–22.

12. Бородин, Е. В. Селекционная ценность самоопыленных линий и сортов кукурузы, выращенных при орошении в условиях Нижнего Поволжья : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.05.01 / Е. В. Бородин. – СПб. : ВИР, 2001.

13. Браун, У. Л. Создание и улучшение зародышевой плазмы современной кукурузы / У. Л. Браун // Материалы IX заседания ЕУКАРПИИ. Секция кукурузы и сорго. – 1979. – С. 103–108.

14. Броунов, П. И. Избранные сочинения. Т. 2. Сельскохозяйственная метеорология / П. И. Броунов. – Л. : Гидрометеиздат, 1957. – 340 с.

15. Будаговский, А. И. Испарение почвенной влаги / А. И. Будаговский. – М. : Наука, 1964. – С. 244.

16. Бутовец, Е. С. Многокритериальная оценка гибридов кукурузы в условиях Приморского края / Е. С. Бутовец, Н. А. Красковская, И. Н. Даниленко // Земледелие. – 2020. – № 4. – С. 26–28.

17. Вавилов, Н. И. Генетика и селекция : избр. соч. / Н. И. Вавилов. – М. : Колос, 1966.

18. Васильев, В. П. Николай Иванович Вавилов и вопросы интродукции культурных растений / В. П. Васильев // Доклады ТСХА : сб. ст. – М., 2018. – Вып. 290. – Ч. III. – С. 581.

19. Методические рекомендации по применению математических методов для анализа экспериментальных данных по изучению комбинационной способности / В. Г. Вульф, П. П. Литун, А. В. Хавелова, Р. И. Кузьменко. – Харьков : Укр. НИИРСиГ, 1980. – 75 с.

20. Галговская Л. А. Комбинационная способность новых инбредных линий кукурузы селекции ВНИИК / Л. А. Галговская, О. В. Теркина, А. Н. Романова // Известия КБНЦ РАН. – 2023. – № 6 (116).

21. Гаркуша, С. В. Оценка экономической эффективности выращивания кукурузы в Краснодарском крае / С. В. Гаркуша, С. А. Тешева // Рисоводство. – 2021. – № 1 (50). – С. 88–92.

22. Гасымов, Д. Ф. Значение кукурузы в производстве сельскохозяйственной продукции / Д. Ф. Гасымов // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке. – 2021. – С. 5–8.

23. Георгиев, Т. Селекция кукурузы и энергетическая проблема / Т. Георгиев // Международный с.-х. журнал. – 1980. – № 3. – С. 25–28.

24. Голева Г. Г. Комбинационная способность раннеспелых и суперранних линий кукурузы по урожаю и уборочной влажности зерна / Г. Г. Голева, Н. А. Орлянская // Направления стабилизации развития и выхода из кризиса АПК в современных условиях. – 1999. – С. 89–90.

25. Гончаров, Н. П. Центры происхождения культурных растений / Н. П. Гончаров // Вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 3/4. – С. 561–574.

26. Экологическая оценка гибридов кукурузы в период прорастания при раннем и оптимальном сроках посева / А. Г. Горбачева [и др.] // Кукуруза и сорго. – 2015. – Т. 1, № 2. – С. 3–10.

27. ГОСТ 26205-91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – Введ. 1993-07-01. – М. : Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. – 9 с.

28. Грунтович, Н. В. Влияние влажности зерна и кукурузы на энергетические затраты при его сушке / Н. В. Грунтович, С. А. Жеранов // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. – 2014. – С. 81–84.

29. Губин, С. В. Экологическая адаптивность новых гибридов кукурузы с участием линий омской селекции / С. В. Губин, А. М. Логинова, Г. В. Гетц // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 3. – С. 421–426.

30. Гужва, Д. В. Разработка и использование генотипической классификации самоопыленных линий кукурузы в селекции на гетерозис : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Д. В. Гужва. – Одесса, 1997. – С. 18.

31. Гужов, Ю. Л. Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю. Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – М. : Мир, 2003. – 544 с.

32. Гульняшкин, А. В. Оценка экологической пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы / А. В. Гульняшкин, И. Н. Варламова, Д. В. Варламов // Селекция гибридов кукурузы для современного семеноводства : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Белгород, 2016. – С. 265–271.

33. Гульняшкин, А. В. Оценка комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы с различной генетической основой / А. В. Гульняшкин, П. В. Чуйкин, С. С. Анашенков // Инновационные технологии возделывания белого люпина и других зерновых культур. – 2012. – С. 204.

34. Гульняшкин, А. В. Оценка комбинационной способности новых самоопыленных линий кукурузы в топкроссных скрещиваниях / А. В. Гульняшкин, Г. П. Карабатова, Н. А. Лемешев // Сб. статей по материалам Всерос. науч.-практ. конф. с Междунар. участием. – Белгородский НИИСХ, 2017. – С. 205–210.

35. Селекция новых гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна / А. В. Гульняшкин, Н. А. Лемешев, А. А. Земцев, И. Р. Люлюк // Тр. Кубанского гос. агр. ун-та. – 2020. – № 85. – С. 61–77.

36. Гурьев, Б. П. Проблемы селекции кукурузы на ускоренное высыхание зерна / Б. П. Гурьев, А. Л. Зозуля // Селекция и семеноводство. – 1987. – № 62. – С. 14–15.

37. Гурьева, И. А. Влияние погодных условий на длину вегетационного периода и другие признаки у кукурузы / И. А. Гурьева // Селекция и семеноводство : межвед. темат. науч. сб. – Краснодар : Урожай, 1978. – № 40. – С. 35–38.

38. Гуторова, О. В. Комбинационная способность линий кукурузы и генетический контроль морфометрических параметров / О. В. Гуторова,

С. А. Зайцев // Известия Саратовского университета. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 187–192.

39. Биотехнологические и молекулярно-генетические характеристики линий кукурузы селекционной группы Ланкастер / Е. В. Деркач [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3–5. – С. 1596–1600.

40. Дзедаев, Х. Т. Подвиды кукурузы / Х. Т. Дзедаев // Студенческая наука – агропромышленному комплексу : науч. тр. студентов Горского гос. агр. ун-та. – 2020. – С. 9–10.

41. Дзюбецкий, Б. В. Современная зародышевая плазма в селекции кукурузы в Институте зернового хозяйства УААН / Б. В. Дзюбецкий, В. Ю. Черчель // Селекция и семеноводство. – 2002. – № 86 – С. 11–19.

42. Дмитриев, В. И. Сравнительная оценка гибридов кукурузы при возделывании на зерно в условиях Омской области / В. И. Дмитриев, Н. А. Пунда, А. В. Кваша // Актуальные проблемы научного обеспечения АПК в Сибири. – 2013. – С. 113–116.

43. Домашнев, П. П. Селекция кукурузы / П. П. Домашнев, Б. В. Дзюбецкий, В. И. Костюченко. – М. : Агропромиздат, 1992. – Т. 204.

44. Доровская, И. Ф. Изучение самоопыленных линий и межлинейных гибридов кукурузы методом морфофизиологического анализа / И. Ф. Доровская // Морфогенез растений. – 1961. – Т. 1. – С. 375–378.

45. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Альянс, 2014. – 351 с.

46. Дронов, А. В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области / А. В. Дронов, С. А. Бельченко, В. В. Ланцев // Вестник Брянской гос. с.-х. академии. – 2018. – № 4 (68). – С. 30–34.

47. Думачева, Е. В. Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее / Е. В. Думачева. – Белгород : ИД «Белгород» НИУ БелГУ, 2017. — 200 с.

48. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Оделл; пер. с англ. Е. З. Демиденко; под ред. А. Я. Боярского. – М. : Статистика, 1977. – С. 72–80.
49. Жамбю, М. Иерархический кластер-анализ и соответствия: Финансы и статистика / М. Жамбю. – М., 1988.
50. Жидков, С. А. Состояние и перспективы развития мирового рынка продовольственного зерна / С. А. Жидков, Е. А. Воронина // Вестник Мичуринского гос. агр. ун-та. – 2019. – Т. 1. – С. 154–156.
51. Жужукин, В. И. Кластерный и факториальный анализ морфологических параметров кукурузы / В. И. Жужукин // Генетика. – 1994. – № 30. – С. 51–61.
52. Жужукин В. И. Факторный анализ взаимосвязей признаков кукурузы / В. И. Жужукин, Л. А. Гудова, Д. П. Соловов // Кукуруза и сорго. – 2010. – № 1. – С. 18–20.
53. Забирова Э. Р. Использование экзотических рас кукурузы для улучшения линий по компонентам структуры урожая / Э. Р. Забирова, В. С. Шербак // Селекция кукурузы : сб. науч. тр. / под ред. В. Н. Глущенко. – Краснодар, 1984. – № 27. – С. 94–100.
54. Забирова, Э. Р. Отбор по компонентам структуры урожая и гетерозис у кукурузы : дис. ... канд. с-х. наук / Э. Р. Забирова. – Краснодар, 1986. – 146 с.
55. Задорин, А. М. Изучение комбинационной способности гетерофильной формы гороха двухтестерным методом / А. М. Задорин // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2013. – № 3 (7).
56. Замятин, А. Д. Влияние сроков посева на динамику потери влаги зерном кукурузы в предуборочный период / А. Д. Замятин // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения. – 2018. – С. 51–59.
57. Замятин, А. Д. Моделирование процесса потери влаги зерном кукурузы как функции погодных условий / А. Д. Замятин, А. Э. Панфилов // Идеи молодых – агропромышленному комплексу : материалы LXIV студ. науч. конф. / под ред. д-ра техн. наук П. Г. Свечникова. – Челябинск : ЧГАА, 2014. – С. 243.

58. Замятин, А. Д. Особенности влагоотдачи при созревании зерна кукурузы в условиях Зауралья / А. Д. Замятин // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 3. – С. 659–663.

59. Зыков, С. А. Кукуруза царица полей / С. А. Зыков // АгроФорум. – 2019. – № 4. – С. 54–58.

60. Иванова, Е. Д. Генетические особенности гибридов кукурузы по скорости потери влаги зерном и их проявление в фенотипе в различных климатических условиях / Е. Д. Иванова // Агрономия и биотехнологии : материалы студ. науч. конф. – 2017. – С. 30.

61. Иванова, Е. С. Сравнительная эффективность возделывания гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции в условиях Зауралья / Е. С. Иванова // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения. – 2018. – С. 79–86.

62. Игнатъев, А. С. Интенсивность влагоотдачи зерна при созревании у среднеспелых самоопыленных линий кукурузы / А. С. Игнатъев, Г. Я. Кривошеев // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 1. – С. 22–27.

63. Инге-Вечтомов, С. Г. Генетика с основами селекции : учебник / С. Г. Инге-Вечтомов. – М. : Высш. шк., 1989. – 591 с.

64. Исакова, С. В. Изучение процесса влагоотдачи у спелого зерна кукурузы с помощью лабораторных и полевых методов / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. агр. ун-та (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2023. – № 5 (189). – С. 180–191.

65. Кагермазов, А. М. Результаты изучения экспериментальных гибридов кукурузы в предгорной зоне КБР / А. М. Кагермазов, А. В. Хачидогов // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – 2021. – С. 260–263.

66. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной лесостепи Западной Сибири / Н. Г. Казыдуб [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (16). – С. 8–14.

67. Канукова Ж. О. Корреляционный анализ показателей гибридов кукурузы с использованием минеральных удобрений в горной зоне Кабардино-Балкарской республики / Ж. О. Канукова, М. В. Кашукоев, В. Х. Калова // Агропромышленная политика России. – 2015. – № 2. – С. 71–74.

68. Капустян, М. В. Оценка новых самоопыленных линий кукурузы, созданных на основе различных генетических плазм, по продуктивности ее компонентов / М. В. Капустян // Генетические ресурсы растений. – Харьков, 2015. – № 16. – С. 64–75.

69. Кириллов, Н. А. Урожайность зеленой массы и зерна гибридов кукурузы отечественной селекции / Н. А. Кириллов, Е. А. Соколова // Аграрная Россия. – 2019. – № 6. – С. 29–33.

70. Кириченко, К. С. Почвы Краснодарского края / К. С. Кириченко. – Краснодар : Красгосиздат, 1953.

71. Ключко П. Ф. Зависимость скорости потери влаги зерном при созревании от морфологических особенностей растений кукурузы / П. Ф. Ключко, Ю. А. Асыка, В. В. Сергеев // Науч.-техн. бюлл. ВСГИ. – 1982. – № 2.

72. Козубенко, В. Е. Изучение корреляций между признаками гибридов и их родительских форм / В. Е. Козубенко // Кукуруза. – 1966. – № 1. – С. 25–26.

73. Козубенко, Л. В. Генетико-селекционные аспекты гетерозисной селекции кукурузы / Л. В. Козубенко, Н. М. Чупикова, Т. М. Камышан // Труды по фундаментальной и прикладной генетике. – Харьков : Штрих. – 2001. – С. 183–196.

74. Королькова, А. П. Семеноводство кукурузы: состояние и направления развития / А. П. Королькова, А. В. Горячева, Т. Е. Маринченко // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. – 2021. – С. 986–992.

75. Кочисов, С. М. Значение производства кукурузы на зерно в мировом сельском хозяйстве / С. М. Кочисов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2011. – № 4. – С. 86–88.

76. Кошкин, Е. И. Экологическая физиология сельскохозяйственных культур : учеб. пособие / Е. И. Кошкин, Г. Г. Гусейнов. – Изд-во «Прспект», 2020.

77. Кравченко Р. В., Пивоваров В. Ф. Адаптивность и стабильность гибридов кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья / Р. В. Кравченко, В. Ф. Пивоваров // Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы: матер. II Междунар. науч.-практ. конф. – 2010. – С. 367–370.

78. Красковская, Н. А. Изучение гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Приморского края / Н. А. Красковская, Е. С. Бутовец // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 1 (53). – С. 20–25.

79. Кривошеев, Г. Я. Основные направления селекции кукурузы во ВНИИЗК им. И. Г. Калининко / Г. Я. Кривошеев, А. С. Игнатьев, Н. А. Шевченко // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 2. – С. 30–34.

80. Кукеков, В. Г. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов *Zea mays* L / В. Г. Кукеков. – Л. : ВИР, 1977.

81. Куперман, Ф. М. К вопросу о физиологической природе явлений гетерозиса у кукурузы / Ф. М. Куперман // Кукуруза. – 1960. – № 10.

82. Куперман, Ф. М. Морфологический анализ северных скороспелых сортов и гибридов / Ф. М. Куперман, И. Я. Марьяхина // Кукуруза. – 1962. – № 1. – С. 39.

83. Куприянова, С. В. Влияние погодных рисков на урожайность кукурузы на зерно в ростовской области / С. В. Куприянова, М. В. Власов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 4. – С. 42–47.

84. Лакин, Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М., 1990. – 351 с.

85. Лемешев Н. А. Оценка новых линий кукурузы на комбинационную способность по признаку «уборочная влажность зерна» / Н. А. Лемешев, А. П. Новичихин, А. В. Гульняшкин // Тр. Кубанского гос. агр. ун-та. – 2019. – № 77. – С. 117–121.

86. Луковкина, Н. И. Создание новых линий для селекции ультраранне-спелых и раннеспелых гибридов кукурузы / Н. И. Луковкина, Н. П. Соболева, А. И. Супрунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : материалы XI Всерос. конф. молодых ученых, посв. 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. 29–30 ноября 2017. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 1283–1284.

87. Люлюк, И. Р. Оценка новых гибридов кукурузы по признаку уборочная влажность зерна в экологических испытаниях / И. Р. Люлюк, А. А. Земцев, Е. В. Шкарбутко // Кооперация науки и общества – путь к модернизации и инновационному развитию : сб. статей по итогам Междунар. науч.-практ. конф. 9 ноября 2021 г. – Стерлитамак : АМИ, 2021. – С. 121–124.

88. Мадякин, Е. В. Подбор исходного материала для создания гибридов кукурузы, адаптированных к условиям Среднего Поволжья : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Е. В. Мадякин. – Самара : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2009.

89. Мазнюк, С. Г. Прогноз проявления гетерозиса у кукурузы / С. Г. Мазнюк // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1961. – № 12. – С. 45–49.

90. Мандель, И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М., 1988. – 176 с.

91. Мартынов, С. П. Статистический и биометрико-генетический анализ в растениеводстве и селекции / С. П. Мартынов // Пакет программ AGROS, версия. – 1999. – Т. 2.

92. Матвеева Г. В. Статистический анализ элементов продуктивности гибридов кукурузы / Г. В. Матвеева, Л. Ю. Новикова, В. Б. Корнеев // Кукуруза и сорго. – 2010. – № 4. – С. 25–29.

93. Методические рекомендации по проведению опытов с кукурузой. – Днепропетровск : ВНИИ кукурузы, 1980. – С. 36.

94. Миков, С. В. Создание линий и гибридов кукурузы с использованием экзотических рас Латинской Америки (Методические аспекты проблемы) / С. В. Миков. – 2005.

95. Моисеенко, А. А. Оценка исходного материала кукурузы по продуктивности зерна / А. А. Моисеенко, Н. Н. Быкова // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 44–45.

96. Мусийко, А. С. Корреляция признаков у самоопыленных линий и гибридов кукурузы / А. С. Мусийко, В. А. Трофимов // Вестник с.-х. науки. – 1965. – № 2. – С. 114–118.

97. Мустяца, С. И. Итоги создания раннеспелых линий кукурузы с зародышевой плазмой группы Рейд / С. И. Мустяца, С. И. Мистрец // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 1. – С. 2–8.

98. Мустяца, С. И. Использование зародышевой плазмы гетерозисной группы Ланкастер в селекции раннеспелой кукурузы / С. И. Мустяца, С. И. Мистрец, Л. П. Нужная. – 2001. – С. 6–11.

99. Мустяца, С. И. Использование зародышевой плазмы гетерозисных групп БССС и Рейд Айодент в селекции скороспелой кукурузы / С. И. Мустяца, С. И. Мистрец // Кукуруза и сорго. – 2007. – № 6. – С. 8–12.

100. Мустяца, С. И. Определение генетических различий между сестринскими линиями кукурузы / С. И. Мустяца, С. И. Мистрец // Кукуруза и сорго. – 2000. – № 6. – С. 12–16.

101. Надточаев, Н. Ф. Корреляционный анализ оценки скороспелости гибридов кукурузы по ФАО / Н. Ф. Надточаев, Д. В. Лужинский // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 3. – С. 7–10.

102. Новичихин, А. П. Анализ общей комбинационной способности новых самоопыленных линий по урожайности зерна / А. П. Новичихин, А. А. Земцев, А. В. Лемешева, А. А. Федорова // Рисоводство. – 2022. – № 3(56). – С. 29–34.

103. Динамика потери влаги зерном при созревании новых самоопыленных линий кукурузы / А. П. Новичихин, А. В. Гульяшкин, Н. А. Лемешев, А. А. Земцев // Аспекты животноводства и производства продуктов питания : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посв. 110-й годовщине со дня рождения П. Е. Ладана. Персиановский, 28–29 ноября 2018 г. – Персиановский :

ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет», 2018а. – С. 333–337.

104. Новичихин, А. П. Классификация новых инбредных линий кукурузы посредством кластерного анализа / А. П. Новичихин, А. А. Федорова, А. В. Лемешева // Тр. Кубанского гос. агр. ун-та. – 2022а. – № 96. – С. 189–193.

105. Новичихин, А. П. Изучение комбинационной способности новых раннеспелых линий кукурузы / А. П. Новичихин, Н. А. Лемешев, А. В. Гульняшкин // Рисоводство. – 2019. – № 1(42). – С. 54–57.

106. Новичихин, А. П. оценка экологической пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы / А. П. Новичихин, А. А. Федорова, А. В. Лемешева // Тр. Кубанского гос. агр. ун-та. – 2023. – № 103. – С. 129–134.

107. Новичихин, А. П. Оценка эффектов специфической комбинационной способности простых гибридов кукурузы в системе диаллельных скрещиваний / А. П. Новичихин, А. А. Федорова, А. В. Лемешева // Рисоводство. – 2022б. – № 4(57). – С. 44–48.

108. Новоселов, С. Н. Оценка комбинационной способности исходных форм сахарной кукурузы при межсортовых скрещиваниях // Науч.-техн. бюллетень Всерос. науч.-исслед. ин-та растениеводства им. Н. И. Вавилова. – 1995. – № 234. – С. 23–24.

109. Носко, О. С. Оценка исходного материала кукурузы по основным селекционным параметрам / О. С. Носко, С. А. Зайцев // Редакционная коллегия. – 2022. – С. 120–126.

110. О селекции кукурузы и сорго в Молдавии : сб. ст. / НИИ кукурузы и сорго НПО «Гибрид»; отв. ред. Т. С. Чалык. – Кишинев : Б. и., 1985. – 176 с.

111. Общая селекция растений : учебник / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец. – СПб. : Лань, 2018. – 480 с.

112. Овчаров, К. Е. Физиология формирования и прорастания семян / К. Е. Овчаров. – М. : Колос, 1976. – Т. 7.

113. Олдендерфер, М. С. Кластерный анализ//Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / М. С. Олдендерфер, Р. К. Блэшфилд. – М. : Финансы и статистика, 1989. – Т. 215. – С. 176.

114. Орлянский, Н. А. Морфологическая характеристика самоопыленных линий кукурузы / Н. А. Орлянский // Направления стабилизации развития и выхода из кризиса АПК в современных условиях : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Воронеж : ВГАУ, 1999. – С. 90–91.

115. Орлянский, Н. А. Селекция и семеноводство зерновой кукурузы на повышение адаптивности в условиях Центрального Черноземья : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / Н. А. Орлянский. – Воронеж, 2004. – 40 с.

116. Орлянский, Н. А. Влажность зерна новых самоопыленных линий кукурузы плазм Айодент и Ланкастер / Н. А. Орлянский, Н. А. Орлянская // Кукуруза и сорго. – 2019. – № 4. – С. 3–12.

117. Орлянский, Н. А. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы европейской кремнистой плазмы / Н. А. Орлянский, Н. А. Орлянская // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 4. – С. 629–635.

118. Пакудин, В. З. Оценка комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы в диаллельных скрещиваниях / В. З. Пакудин // Вопросы селекции зерновых, зернобобовых культур и трав : сб. науч. тр. Краснодарский НИИСХ. – Краснодар, 1977. – С. 125–140.

119. Панфилов, А. Э. Оценка гибридов кукурузы по параметрам адаптивности в условиях Зауралья / А. Э. Панфилов, И. Н. Цымбаленко // Кукуруза и сорго. – 1998. – № 2. – С. 2–4.

120. Панфилов, А. Э. Динамика потери влаги зерном кукурузы ультранних гибридов кукурузы в контрастных условиях произрастания / А. Э. Панфилов, В. С. Сотченко, А. Г. Горбачева // Кукуруза и сорго. – 2018. – № 3. – С. 3–9.

121. Панфилова, О. Н. Влияние отцовских форм на уборочную влажность зерна у простых гибридов кукурузы / О. Н. Панфилова // Вестник Воронежского гос. аграр. ун-та. – 2018а. – № 3. – С. 54–61.

122. Панфилова, О. Н. Создание новых инцухт-линий кукурузы на основе межлинейных популяций по признаку «низкая уборочная влажность зерна» / О. Н. Панфилова, Е. В. Чугунова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 2 (66). – С. 134–140.

123. Паритов, А. Ю. Использование диаллельных скрещиваний для анализа генетической природы гетерозиса / А. Ю. Паритов, М. К. Керефова // Актуальные проблемы генетики. – 2003. – С. 194–195.

124. Паритов, А. Ю. Генетический анализ самоопыленных линий кукурузы по признаку «высота растений» / А. Ю. Паритов, М. К. Керефова, А. А. Айыдова // Вестник Кабардино-Балкарского государственного университета. Сер. Биологические науки. – 2004. – № 6. – С. 14–16.

125. Перевязка, Д. С. Изучение общей комбинационной способности новых раннеспелых и среднеранних автодиплоидных линий кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Д. С. Перевязка, Н. И. Перевязка, А. И. Супрунов // Рисоводство. – 2021. – № 1. – С. 43–48.

126. Петряков, А. П. Селекция высокопродуктивных среднеранних гибридов кукурузы / А. П. Петряков, А. И. Супрунов, П. В. Чуйкин // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2018. – № 135. – С. 69–79.

127. Плотка, В. В. Отбор кремнистых линий S3–S5 по зерновой продуктивности тесткроссных гибридов кукурузы (*Zea mays*) / В. В. Плотка // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 5. – С. 17–20.

128. Продовольственная и сельскохозяйственная организация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.fao.org/faostat.

129. Редькин, Н. Е. Агрехимические особенности и водно-физические свойства черноземов Кубани / Н. Е. Редькин // Тр. / КСХИ. – 1968. – № 19. – С. 47.

130. Российский статистический ежегодник : стат. сб. / Росстат. – М., 2023 – 701 с.

131. Рудичев, В. И. Выявление гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна как перспективное направление в селекции кукурузы / В. И. Рудичев, С. В. Исакова, С. О. Корж // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (с Междунар. участием). – 2018. – С. 278–281.

132. Рундфельдт, Г. Использование эффекта гетерозиса при селекции кукурузы / Г. Рундфельдт // Гибридная кукуруза. – М. : Изд-во иностранной литературы. – 1955. – С. 134–180.

133. Савченко, В. К. Метод оценки комбинационной способности генетически разнокачественных наборов родительских форм / В. К. Савченко. – Минск, 1973.

134. Савченко, В. К. Оценка общей и специфической комбинационной способности полиплоидных форм в системах диаллельных скрещиваний / В. К. Савченко // Генетика. – 1966. – № 1. – С. 29–40.

135. Салфетникова, Е. М. Оценка комбинационной способности инбредных линий кукурузы, полученных из F₂ и беккроссных популяций / Е. М. Салфетникова // Кукуруза и сорго. – 2011. – № 1. – С. 20–23.

136. Санин, Н. М. Особенности формирования урожая зерна гибридов кукурузы / Н. М. Санин, Э. Р. Даутова, Р. Р. Исмагилов // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. – 2021. – С. 278–281.

137. Симакин, А. И. Агрехимическая характеристика кубанских черноземов и удобрения / А. И. Симакин. – Краснодар : Краснодарское книжное изд-во, 1969. – С. 40.

138. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай / А. И. Симакин. – Краснодар : Краснодарское книжное изд-во, 1988. – С. 269.

139. Соколов, Б. П. К вопросу о классификации кукурузы по длине вегетационного периода / Б. П. Соколов, П. П. Домашнев // Кукуруза. – 1962. – № 11. – С. 42–43.

140. Селекционная оценка элитных самоопыленных линий кукурузы из основных гетерозисных групп зародышевой плазмы / В. М. Соколов [и др.] // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – 1999. – С. 92–96.

141. Сорокин, А. С. Уплотнение черноземов правобережья реки Кубань / А. С. Сорокин, Г. С. Куст // Почвоведение. – 2015. – № 1. – С. 71–72.

142. Урожай и уборочная влажность зерна гибридов кукурузы в разных экологических условиях в зависимости от сроков посева / В. С. Сотченко [и др.] // Кормопроизводство. – 2019. – № 4. – С. 26–31.

143. Сотченко, В. С. Скорость потери влаги зерном кукурузы в период созревания в зависимости от генотипа и условий среды / В. С. Сотченко, А. Э. Панфилов // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 54–65.

144. Сотченко, Ю. В. Биологические особенности гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан / Ю. В. Сотченко, Е. Ф. Сотченко, Б. Н. Сотченко // Теория и практика современной аграрной науки. – 2020. – С. 283–287.

145. Селекция раннеспелых гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании / А. И. Супрунов [и др.] // Рисоводство. – 2019. – № 4. – С. 19–24.

146. Селекция раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна при созревании / А. И. Супрунов [и др.] // Политемат. сетевой электр. науч. журнал Кубанского гос. агр. ун-та. – 2016. – № 123. – С. 113–126.

147. Супрунов, А. И. Создание нового исходного материала для селекции различных подвидов кукурузы и его оценка в агроклиматических зонах России : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.05 / А. И. Супрунов. – Краснодар, 2009. – С. 401.

148. Супрунов, А. И. Селекция гибридов кукурузы различных групп спелости с быстрой отдачей влаги зерном при созревании / А. И. Супрунов, Н. В. Парпуренко // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посв. 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы. – 2019а. – С. 159–159.

149. Тарасенко, Б. И. Обработка почвы / Б. И. Тарасенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Краснодар, 1987.

150. Терещенко, А. А. Селекция среднеранних гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании в условиях центральной зоны Краснодарского края / А. А. Терещенко, А. И. Супрунов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 1. – С. 30–32.

151. Тищенко В. Н. Использование кластерного анализа для идентификации и отбора высокопродуктивных генотипов озимой пшеницы в процессе селекции / В. Н. Тищенко, П. М. Панченко. – Минск, 2008.

152. Трофимов, В. А. Генетико-статистический анализ при идентификации зародышевой плазмы кукурузы / В. А. Трофимов, Д. В. Гужва, В. М. Соколов // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 1999. – С. 97–100.

153. Филатов, Г. В. Гетерозис: физиолого-генетическая природа / Г. В. Филатов. – СПб. : Агропромиздат, 1988.

154. Филиппов, Е. Г. Анализ экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя в межстанционном сортоиспытании / Е. Г. Филиппов, А. А. Донцова, Р. Н. Брагин // Зерновое хозяйство России. – 2019. – № 1. – С. 3–5.

155. Филипченко, Ю. А. Генетика мягких пшениц / Ю. А. Филипченко, Т. К. Лепин. – М. : Сельхозгиз, 1934. – 262 с.

156. Хаджинов, М. И. Изучение возможностей использования экзотических рас кукурузы стран Латинской Америки в селекционно-генетических программах нашей страны / М. И. Хаджинов, В. С. Щербак // Новые методы

создания и использования исходных материалов для селекции растений. – 1979. – № 1. – С. 105–113.

157. Хаджинов, М. И. Современное состояние учения о происхождении и эволюции кукурузы / М. И. Хаджинов, В. С. Щербак // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Краснодар, 2009. – С. 13–34.

158. Хорошилов, С. А. Выделение генотипов для создания гибридов кукурузы с пониженной влажностью зерна к уборке / С. А. Хорошилов, А. Н. Воронин, Г. М. Журба // Селекция, семеноводство, технология возделывания кукурузы. – Пятигорск, 2009. – С. 111–117.

159. Цаценко, Л. В. История сельскохозяйственных и ветеринарных наук: генетика / Л. В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – 122 с.

160. Частная селекция полевых культур : учебник / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария, О. А. Буко. – СПб. : Лань, 2016. – 544 с.

161. Чекалин, Н. М. Использование кластерного анализа как метода индивидуального отбора у проса (*Panicum miliaceum* L.) / Н. М. Чекалин, В. Н. Тищенко, В. С. Сидоренко // Сільське господарство. Рослинництво. – 2009. – № 2. – С. 56–58.

162. Чистяков, С. Н. Изучение динамики влагоотдачи зерном у линий и гибридов кукурузы при его созревании / С. Н. Чистяков, А. И. Супрунов, Р. В. Ласкин // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 84. – С. 520–531.

163. Чистяков, С. Н. Создание и оценка исходного материала для селекции на быструю отдачу влаги зерном кукурузы при созревании : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / С. Н. Чистяков. – Краснодар, 2013. – 24 с.

164. Чугунова, Е. В. Об результатах экологического сортоиспытания гибридов кукурузы, по признаку уборочной влажности зерна, по богаре и орошению в условиях Волгоградской области / Е. В. Чугунова, Е. И. Васильева // Кукуруза и сорго. – 2015. – № 4. – С. 14–19.

165. Чумак, М. В. Селекция раннеспелых и среднеспелых гибридов кукурузы в Краснодарском НИИСХ / М. В. Чумак // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – 1999. – С. 13–28.

166. Зародышевая плазма самоопыленных линий кукурузы в селекции на гетерозис / Л. П. Шиманский [и др.] // Молекулярная и прикладная генетика. – 2008. – Т. 8. – С. 58–64.

167. Шмараев, Г. Е. Кукуруза (филогения, классификация, селекция) / Г. Е. Шмараев. – М. : Колос, 1975. – Т. 304.

168. Шмараев, Г. Е. Теоретические основы селекции / Г. Е. Шмараев. – 1999.

169. Щербак, В. С. Расширение генетической основы исходного материала в селекции кукурузы / В. С. Щербак // Селекция кукурузы. – 1984. – № 27. – С. 104–117.

170. Щербак, В. С. Использование в селекциях кукурузы экзотических рас из Латинской Америки / В. С. Щербак, Э. Р. Забирова, А. Б. Худайкулов // Сельскохозяйственная биология. – Краснодар, 1983.

171. Югенхеймер, Р. У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование / Р. У. Югенхеймер. – М. : Колос, 1979. – С. 103.

172. Якимова, А. Е. Проблема совершенствование учета затрат и исчисление себестоимости продукции растениеводства / А. Е. Якимова, Н. В. Акимова // Научные исследования в аграрном секторе экономики: вопросы и достижения. – Орел, 2019. – С. 265–272.

173. Acquaah, G. Principles of plant genetics and breeding / G. Acquaah. – John Wiley & Sons, 2009.

174. Al-Kazaali, A. Responce of corn grain traits to harvesting moisture / Al-N. A. Kazaali, F. Y. Baktash // The Iraqi Journal of Agricultural Science. – 2017. – Т. 48. – P. 12.

175. Anderson, E. The history of common maize varieties in the United States corn belt / E. Anderson, W. L. Brown. – N.Y. Bot. Gard, 1950. – P. 242–267.

176. Handbook of maize: genetics and genomics / J. L. Bennetzen, S. C. Hake [et al.]. – Springer Science & Business Media, 2009.
177. Breeding for quantitative traits in plants / R. Bernardo [et al.]. – Woodbury, MN : Stemma press, 2002. – T. 1. – P. 369.
178. Borrás, L. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects / L. Borrás, G. A. Maddonni, M. E. Otegui // Field Crops Research. – 2003. – T. 82, № 1. – P. 13–26.
179. Bridger, C. A. Mortality in St. Louis, Missouri, during heat waves in 1936, 1953, 1954, 1955, and 1966: Coroner's cases / C. A. Bridger, F. P. Ellis, H. L. Taylor // Environmental Research. – 1976. – T. 12, № 1. – P. 38–48.
180. Brooking, Ian R. Maize ear moisture during grain-filling, and its relation to physiological maturity and grain-drying / Ian R. Brooking // Field Crops Research. – Amsterdam, 1990. – № 23. – P. 55–68.
181. Cardador-Martínez, A. Preliminary Study on the Effect of the Instant Controlled Pressure Drop Technology (DIC) on Drying and Rehydration Kinetics of Maize Kernels (*Zea mays* L.) / A. Cardador-Martínez, J. L. Pech-Almeida, K. Al-laf // Foods. – 2022. – T. 11, № 14. – P. 21–51.
182. Ceccarelli, S. Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes / S. Ceccarelli, E. Avecedo, J. Hamblin // Euphatica. – 1991. – № 56 (2). – P. 169–185.
183. Coulter, J. A. Corn Growth and Development / J. A. Coulter, E. D. Nafziger. – University of Minnesota Extension, 2018.
184. Daynard, T. B. Duration of the grain filling period and its relation to grain yield in corn, *Zea mays* L. / T. B. Daynard, J. W. Tanner, W. G. Duncan // Crop Science. – 1971. – T. 11, № 1. – P. 45–48.
185. Introgression from *Tripsacum* into *Zea* and the origin of maize / J. M. J. De Wet [et al.] // Caryologia. – 1972a. – T. 25, № 1. – P. 25–31.
186. De Wet, J. M. J. Origin of maize: The tripartite hypothesis / J. M. J. De Wet, J. R. Harlan // Euphytica. – 1972. – T. 21, № 2. – P. 271–279.

187. Design and development of capacitance based moisture measurement for grains / A. Tinna, N. Parmar, S. Bagla, D. Goya // *Materials Today: Proceedings*. – 2021. – T. 43. – P. 263–267.
188. Doebley, J. The genetics of maize evolution / J. Doebley // *Annu. Rev. Genet.* – 2004. – T. 38, № 1. – P. 37–59.
189. Duvick, D. N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.) / D. N. Duvick // *Advances in agronomy*. – 2005. – T. 86. – P. 83–145.
190. Dwyer, L. M. A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn / L. M. Dwyer, M. Tollenaar, L. Houwing // *Canadian Journal of plant science*. – 1991. – T. 71, № 2. – P. 505–509.
191. Eberthart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberthart, W. A. Russel // *Crop Science*. – 1966. – T. 6. – P. 36–40.
192. Nondestructive measurement of husk-covered corn kernel layer dynamic moisture content in the field / L. F. Fan, Z. Q. Chai, P. F. Zhao, Z. F. Tian // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2021. – T. 182. – P. 106–113.
193. Galinat, W. C. The origin of corn / W. C. Galinat // *Corn and corn improvement*. – 1988. – T. 18. – P. 1–31.
194. The history and origin of maize / M. M. Goodman [et al.]. – 1965.
195. Hallauer, A. R. Corn breeding / A. R. Hallauer // *Corn and Corn Improvement*. – 3rd ed. Agron., Monogr. – 1988. – T. 18.
196. Hallauer, A. R. Quantitative genetics in maize breeding / A. R. Hallauer, M. J. Carena, J. B. Miranda Filho. – Springer Science & Business Media, 2010. – T. 6.
197. Hartung, R. C. Direct and correlated responses to selection for rate and duration of grain fill in maize / R. C. Hartung, C. G. Poneleit, P. L. Cornelius // *Crop science*. – 1989. – T. 29, № 3. – P. 740–745.
198. Hatfield, J. L. Temperature extremes: Effect on plant growth and development / J. L. Hatfield, J. H. Prueger // *Weather and climate extremes*. – 2015. – T. 10. – P. 4–10.

199. Jafari, A. Evaluation of grain moisture measurement methods suited for developing countries / A. Jafari, M. Tumbleson, K. D. Rausch // *Journal of Stored Products Research*. – 2022. – T. 98. – P. 102–108.

200. Jenkins M. T. Corn improvement / M. T. Jenkins. – 1936.

201. HOPE, a hierarchical, open-ended system for broadening the breeding base of maize / L. W. Kannenberg [et al.] // *Broadening the Genetic Base of Crop Production*. – 2001. – P. 311–329.

202. Kumar, D. Nutritional, Medicinal and Economical importance of Corn: A Mini Review / D. Kumar, A. Narayan Jhariya // *Research Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2013. – № 2 (7) – P. 7–8.

203. Laude, T. P. Diallel analysis among 16 maize populations adapted to the northern US Corn Belt for grain yield and grain quality traits / T. P. Laude, M. J. Carena // *Euphytica*. – 2014. – T. 200, № 1. – P. 29–44.

204. Combined linkage and association mapping reveals QTL and candidate genes for plant and ear height in maize / X. Li [et al.]. // *Frontiers in plant science*. – 2016. – T. 7. – P. 833.

205. Lindstrom, E. W. Concerning the inheritance of green and yellow pigments in maize seedlings / E. W. Lindstrom // *Genetics*. – 1921. – T. 6, № 1. – P. 91.

206. Longley, A. E. Chromosome morphology in maize and its relatives / A. E. Longley // *Botanical Review*. – 1952. – T. 18, № 6. – P. 399–412.

207. Mangelsdorf, P. C. The origin of corn / P. C. Mangelsdorf // *Scientific American*. – 1986. – T. 255, № 2. – P. 80–87.

208. Mehra K. L. Analysis of plant type in sorghum / K. L. Mehra, O. P. Dixit. – 1969.

209. Mikel, M. A. Evolution of North American dent corn from public to proprietary germplasm / M. A. Mikel, J. W. Dudley // *Crop science*. – 2006. – T. 46, № 3. – P. 1193–1205.

210. Molecular and historical aspects of corn belt dent diversity / J. A. Labate [et al.] // *Crop Science*. – 2003. – T. 43, № 1. – P. 80–91.

211. Moser, P. Patent citations – an analysis of quality differences and citing practices in hybrid corn / P. Moser, J. Ohmstedt, P. W. Rhode // *Management Science*. – 2018. – Vol. 64. – P. 1926–1940.

212. Mousavi, S. N. Evaluation of decreasing moisture content of different maize genotypes / S. N. Mousavi, K. Bodnár, J. Nagy // *Acta Agraria Debreceniensis*. – 2018. – № 74. – P. 147–151.

213. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress / N. U. R. Fadhli [et al.] // *Biodiversity Journal of Biological Diversity*. – 2020. – № 8. – P. 3617–3624.

214. Muna, A. Estimation of Combining Ability for Plant and Ear Height in Maize / A. Muna // *Sedeeq College of Agric. – Tikrit University*. – Tikrit. – Iraq, 2011.

215. Combining ability for yield in maize synthetic populations obtained from local populations / L. Muntean [et al.] // *Romanian agricultural research*. – 2014. – T. 31. – P. 3–10.

216. Nielsen, R. L. Field drydown of mature corn grain / R. L. Nielsen // *Corny News Network-Purdue University*. – 2018.

217. Ortez, O. A. Conditions potentially affecting corn ear formation, yield, and abnormal ears: A review / O. A. Ortez, A. J. McMechan, T. Hoegemeyer // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. – 2022. – T. 8, № 2. – P. 201–217.

218. Parvej, M. R. Dynamics of corn dry matter content and grain quality after physiological maturity / M. R. Parvej, C. R. Hurburgh, H. M. Hanna // *Agronomy Journal*. – 2020. – T. 112, № 2. – P. 998–1011.

219. Randolph L. F. New evidence on the origin of maize / L. F. Randolph // *The American Naturalist*. – 1952. – T. 86, № 829. – P. 193–202.

220. Randolph, L. F. The origin of maize / L. F. Randolph // *Indian J. Genet. and Plant Breed.* – 1959. – № 19. – P. 1012.

221. Rench, W. E. Black layer development in corn / W. E. Rench, R. H. Shaw. – 1971.

222. Rood, S. B. Diallel analysis of flowering-time in corn (*Zea mays*) using a corn heat unit transformation / S. B. Rood, D. J. Major // *Canadian Journal of Genetics and Cytology*. – 1980. – T. 22, № 4. – P. 633–640.

223. Serna-Saldivar, S. O. Corn History and Culture / S. O. Serna-Saldivar, S. Garcia-Lara // *Corn (Third Edition). Chemistry and Technology*. – 2019. – P. 1–18.

224. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security / B. Shiferaw [et al.] // *Food security*. – 2011. – T. 3. – P. 307–327.

225. Siemer, E. G. Timing and Correlation of Major Developmental Events in Maize, *Zea mays* L. 1 / E. G. Siemer, E. R. Leng, O. T. Bonnett // *Agronomy Journal*. – 1969. – T. 61, № 1. – P. 14–17.

226. The description and assessment of distances between inbred lines of maize. III. A revised scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines utilizing DNA RFLPs / J. S. C. Smith [et al.] // *Maydica*. – 1991. – T. 36, № 3. – P. 213–226.

227. Tardieu, F. Plant tolerance to water deficit: physical limits and possibilities for progress / F. Tardieu // *Comptes Rendus Geoscience*. – 2005. – T. 337, № 1–2. – P. 57–67.

228. The genetic architecture of the dynamic changes in grain moisture in maize / W. Li, Y. Yu, L. Wang, Y. Luo, Y. Peng // *Plant Biotechnology Journal*. – 2021. – T. 19, № 6. – P. 1195–1205.

229. Time-resolved multiomics analysis of the genetic regulation of maize kernel moisture / J. Qu, S. Xu, X. Gou, H. Zhang, Q. Cheng, X. Wang // *The Crop Journal*. – 2023. – T. 11, № 1. – P. 247–257.

230. Tivy, J. *Agricultural Ecology* / J. Tivy. – New York : Routledge 2 Park Square, 2014. – P. 29.

231. Trifunović, B. Multiple regression analysis of prolificacy and effects on yield in a synthetic population of maize (*Zea mays* L.) / B. Trifunović, G. Stanković, V. Trifunović // *Genetika*. – 2000. – T. 32, № 3. – P. 355–362.

232. Troyer, A. F. Persistent and popular germplasm in seventy centuries of corn evolution / A. F. Troyer // *Corn: Origin, History, and Production*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. – 2004. – P. 133–231.
233. Troyer, F. Temperate corn-background, behavior, and breeding / F. Troyer // *Specialty corns*. – CRC press, 2000. – P. 405–478.
234. Weatherwax, P. The phylogeny of *Zea mays* / P. Weatherwax // *American Midland Naturalist*. – 1935. – T. 16, № 1. – P. 1–71.
235. Races of maize in Mexico / E. J. Wellhausen [et al.] // *Bussey Inst., Harvard Univ.* – Cambridge, 1952.
236. Wellhausen, E. J. Improving American corn with exotic germ plasm / E. J. Wellhausen. – *CIMMYT*, 1956. – № CIS-43.
237. Wilkes, H. G. Genetic erosion in teosinte / H. G. Wilkes // *Plant genetic resources newsletter*. – 1972.
238. Wilkes, H. G. Maize and Its Wild Relatives: Teosinte and *Tripsacum*, wild relatives of maize, figured prominently in the origin of maize / H. G. Wilkes // *Science*. – 1972a. – T. 177, № 4054. – P. 1071–1077.
239. Yau, S. K. Variance of relative yield as an agronomic type of stability measure / S. K. Yau // *Proceeding of the eight Meeting EUCARPIA Section, Biometrics on Plant Breeding*. – 1991. – T. 1, № 6.
240. Genome wide association analysis for yield related traits in maize / T. Zeng [et al.] // *BMC Plant Biology*. – 2022. – T. 22, № 1. – P. 449.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица 1 – Урожайность зерна новых самоопыленных линий в скрещиваниях с тестерными линиями с целью идентификации на принадлежность к гетерозисным группам, 2018 г. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линии	Кр740 (Id)	Кр7685 (Lc)	Кр0815 (Euro)	NS-73 зМ (SS)
Лн008	62,9	49,1	27,1	20,2
Лн0228зМ	43,9	44,8	19,3	18,4
Лн0357	42,2	17,0	30,8	21,9
Лн0600	42,2	41,9	31,1	11,7
Лн0600	42,2	41,9	31,1	11,7
Лн0602	60,5	46,6	37,7	17,6
Лн0603	50,1	47,4	26,0	20,5
Лн0604	46,8	49,3	25,8	29,8
Лн0605	55,0	38,9	59,8	17,8
Лн0607	52,8	31,4	35,6	42,0
Лн0608	51,0	47,6	36,8	33,5
Лн0609	35,0	40,8	52,3	36,6
Лн0613	47,3	48,9	41,7	38,3
Лн0626	41,8	38,7	40,7	44,8
Лн0627	54,4	48,0	43,2	18,6
Лн0634	39,4	50,5	43,1	58,6
Лн0635	69,9	62,3	29,1	28,3
Лн0647	45,8	35,0	29,3	20,0
Лн0653	32,5	20,2	48,9	35,8
Лн0667	49,0	36,8	33,6	54,2
Лн0668	36,8	48,5	17,1	51,4
Лн0677	54,4	21,3	42,1	47,3
Лн0679	23,9	46,6	38,7	30,6
Лн0681	40,5	61,7	45,3	35,7
Лн0685	61,3	22,1	41,3	51,2
Лн0691	48,4	46,1	33,4	42,1
Лн0693	53,8	58,1	34,0	33,4
Лн0694	51,4	30,3	46,1	39,0
Лн0695	42,0	48,6	41,2	19,4
Лн0699	66,8	20,3	49,9	45,8
Лн0701	52,8	45,0	39,0	23,8
Лн0703	61,0	23,1	48,6	51,2
Лн0706	57,2	19,6	40,0	41,9
Лн0711	40,3	36,8	21,4	14,6
Лн0713	56,1	42,8	24,7	22,4
Лн0716	44,1	48,3	42,5	20,1
Лн0717	46,0	19,1	44,5	18,3
Лн0718	45,5	35,1	34,0	28,7
Лн0720	66,2	19,2	42,0	50,3
Лн0722	40,0	27,4	45,6	35,5
Лн0723	42,2	38,1	47,9	58,6
Лн0724	42,5	21,1	23,7	50,8
Лн0725	42,9	30,4	36,9	49,6
Лн0726	43,6	53,8	35,9	35,1
Лн0728	60,5	49,9	43,4	50,8
Лн0729	65,7	56,4	41,2	30,6

Таблица 2 – Данные морфо-биологических признаков новых самоопыленных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линии	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Кол-во зерен в ряду, шт	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г	Кол-во рядов зерен, шт	Масса 1000 зерен, г	Выход зерна, %
Лн008	14,0	3,5	23,5	62,5	42,6	14	197,1	55,8
Лн0228	12,4	3,5	26,5	67,7	48,1	16	171,5	67,4
Лн0357	14,9	4,2	33,0	108,8	88,0	20	203,7	79,0
Лн0600	14,0	3,2	25,5	64,0	44,1	14	159,1	66,7
Лн0602	13,3	3,5	26,6	69,9	50,3	20	165,1	67,9
Лн0603	15,7	3,3	28,6	64,5	44,5	14	210,6	78,6
Лн0604	13,9	3,4	27,6	74,1	54,7	14	192,0	80,3
Лн0605	12,1	3,4	27,6	70,4	51,6	18	156,8	78,5
Лн0607	18,0	3,6	33,0	74,8	55,5	14	196,0	68,9
Лн0608	12,8	3,6	27,2	78,1	58,4	12	252,8	88,9
Лн0609	13,9	3,9	25,2	61,2	41,4	16	215,1	71,1
Лн0613	15,3	3,8	31,6	88,5	69,1	18	174,9	74,3
Лн0626	14,4	3,7	29,8	80,0	61,6	16	168,5	80,1
Лн0627	16,6	3,6	31,8	103,6	83,2	12	250,4	77,4
Лн0633	16,1	3,1	32,8	78,4	58,0	12	203,2	71,6
Лн0634	14,3	3,4	28,1	85,6	64,9	16	197,8	81,5
Лн0635	15,4	3,4	34,6	101,0	81,0	16	187,8	76,4
Лн0647	19,5	3,5	36,8	101,9	82,3	12	238,2	74,1
Лн0653	15,3	3,6	29,7	95,1	75,1	18	213,3	79,1
Лн0660	16,6	3,8	33,9	114,4	96,0	18	214,4	80,5
Лн0667	15,4	3,4	31,9	65,8	48,7	14	182,7	78,6
Лн0668	15,3	3,4	25,7	72,8	51,9	14	201,9	53,7
Лн0677	12,2	3,3	27,3	70,1	49,9	14	181,3	73,1
Лн0679	14,1	3,7	21,1	91,9	71,7	16	225,4	83,7
Лн0681	14,2	3,7	27,3	86,9	67,2	16	223,6	71,5
Лн0685	15,1	3,5	32,0	88,9	68,6	18	189,1	83,4
Лн0691	16,5	3,3	29,0	64,6	45,2	14	224,4	80,5
Лн0693	12,2	5,4	24,2	82,6	62,6	16	167,6	64,8
Лн0694	13,5	3,4	27,1	65,3	46,8	16	175,1	75,6
Лн0695	13,2	4,0	26,4	101,0	81,5	20	201,8	81,2
Лн0699	16,7	3,5	24,6	92,8	72,7	14	328,6	76,7
Лн0701	13,6	3,5	26,4	84,3	64,9	14	218,0	76,9
Лн0703	15,8	3,9	34,0	128,5	108,0	16	227,1	76,6
Лн0706	11,3	2,4	23,0	73,7	55,7	16	217,9	81,2
Лн0711	15,3	3,9	27,8	88,4	67,8	14	257,2	84,1
Лн0713	15,5	3,7	26,7	104,2	83,8	16	237,1	73,4
Лн0716	13,7	4,2	25,9	106,6	86,2	18	278,5	81,2
Лн0717	14,3	3,6	32,6	88,6	69,3	18	186,5	84,0
Лн0718	14,4	3,8	29,7	86,3	66,2	14	224,9	81,6
Лн0720	14,0	3,5	28,4	87,5	67,6	14	231,8	77,0
Лн0722	14,0	3,9	29,6	104,1	83,7	16	254,6	81,4
Лн0723	18,4	3,6	30,7	95,7	75,1	16	228,3	84,5
Лн0724	16,5	3,8	27,7	109,4	88,9	14	284,3	79,5
Лн0725	17,0	3,5	30,5	69,7	49,1	14	184,0	64,6
Лн0726	12,9	3,4	22,6	65,1	45,1	14	176,3	70,0
Лн0728	14,0	4,2	33,3	113,9	94,3	20	192,9	81,2
Лн0729	13,5	3,1	25,2	62,8	43,4	14	151,2	79,5
Лн0731	17,0	4,4	31,0	117,5	95,2	16	272,6	79,5
НСР _{0,5}	2,4	0,7	3,1	6,7	4,9	1,9	5,1	3,8

Таблица 3 – Данные хозяйственно ценных признаков новых самоопыленных линий кукурузы, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Линии	Урожайность зерна, ц/га	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см	Период вегетации, дней
Лн008	8,6	190,2	63,9	48,5
Лн0228зм	14,8	169,6	69,9	48,5
Лн0357	18,7	148,0	45,7	48,5
Лн0600	10,4	155,2	51,3	48,5
Лн0602	12,9	172,8	56,1	52,0
Лн0603	18,3	143,5	45,4	53,0
Лн0604	18,9	162,3	74,2	54,0
Лн0605	13,5	149,4	51,6	52,5
Лн0607	12,4	157,6	55,3	54,0
Лн0608	19,4	135,4	41,8	54,0
Лн0609	9,2	151,0	49,6	53,5
Лн0613	13,9	133,4	41,3	51,0
Лн0626	21,3	132,8	44,3	51,0
Лн0627	20,2	177,5	56,0	49,5
Лн0633	11,9	174,3	64,5	52,5
Лн0634	22,3	190,8	95,7	52,5
Лн0635	20,4	175,6	76,4	48,0
Лн0647	14,0	191,3	47,6	49,0
Лн0653	17,7	156,2	50,3	48,5
Лн0660	16,9	146,7	62,4	57,0
Лн0667	11,2	140,0	47,0	49,5
Лн0668	10,4	184,8	71,7	51,0
Лн0677	11,0	136,0	41,2	49,5
Лн0679	19,1	156,4	42,0	47,5
Лн0681	22,3	177,6	56,3	48,0
Лн0685	23,8	181,1	63,0	51,5
Лн0691	12,7	170,0	70,4	50,5
Лн0693	13,2	151,5	73,5	51,5
Лн0694	8,8	131,6	38,3	51,5
Лн0695	21,3	164,3	54,6	49,5
Лн0699	16,5	184,7	63,4	53,0
Лн0701	14,5	161,1	49,0	50,5
Лн0703	20,8	169,1	62,4	53,5
Лн0706	18,3	167,7	34,5	50,0
Лн0711	21,0	138,2	35,7	53,0
Лн0713	16,0	134,0	42,5	49,5
Лн0716	26,9	176,2	67,5	50,0
Лн0717	21,8	159,1	53,6	50,5
Лн0718	22,8	162,9	70,4	49,0
Лн0720	15,8	135,2	39,2	47,0
Лн0722	23,3	154,9	58,0	57,5
Лн0723	27,5	160,0	61,7	56,0
Лн0724	27,5	182,1	78,8	54,5
Лн0725	15,5	171,9	63,1	49,5
Лн0726	10,2	133,2	34,4	46,5
Лн0728	29,8	157,8	57,6	58,0
Лн0729	13,2	176,5	69,7	50,0
Лн0731	26,8	179,5	51,7	56,0
НСР _{0,5}	2,4	5,2	3,2	2,2

Приложение Б

Таблица 1 – Урожайность зерна тесткроссов кукурузы в различных условиях выращивания.

Гибриды	НЦЗ, 18	НЦЗ, 17	НЦЗ, 16	«Отбор», 17	Ладж- ская, 17	Зерно- град, 17	КБНИИСХ, 17	Среднее
Краснодарский 194 МВ	27,2	51,2	46,5	61,9	45,5	48,6	46,0	46,7
Краснодарский 291 АМВ	39,2	63,0	54,4	65,9	63,9	61,9	63,3	62,0
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0706	14,0	63,7	56,9	79,5	52,0	38,5	47,8	50,3
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0720	23,7	62,7	57,7	78,5	58,1	49,3	50,6	54,4
(Кр714627м × Лн008) × Лн0720	33,5	57,4	56,4	69,3	57,0	40,4	56,0	52,9
(Кр752м × Лн0684) × Лн0613	45,4	71,9	64,5	72,4	62,2	48,9	59,7	60,7
(Кр752м × Лн0684) × Лн0685	23,1	68,6	59,6	50,6	54,9	52,3	48,3	51,0
(Кр752м × Лн0684) × Лн0653	35,3	45,9	56,6	49,1	41,0	55,9	42,9	46,7
(Кр752м × Лн0684) × Лн0647	24,6	38,2	55,6	63,1	61,0	51,5	46,0	48,6
(Лн0711 × Лн008) × Лн0694	44,4	70,4	59,5	63,1	50,0	52,7	55,0	56,4
(Лн0711 × Лн008) × Лн0609	48,3	77,7	59,5	64,1	51,7	47,6	60,2	58,4
(Лн0711 × Лн008) × Лн0685	46,4	74,7	60,1	71,8	61,8	49,0	55,8	59,9
(Кр742м × Лн0716) × Лн0720	32,0	71,6	61,3	66,5	51,0	51,6	55,0	55,6
(Кр742м × Лн0716) × Лн0600	28,9	38,4	54,5	78,9	58,5	43,3	46,8	49,9
(Кр742м × Лн0716) × Лн0605	24,8	60,8	54,4	65,9	60,1	50,8	49,9	52,4
(Кр742м × Лн0716) × Лн0613	24,6	39,2	60,1	67,4	50,5	41,6	42,0	46,5
(Лн0823 × Лн070) × Лн0633	14,0	60,3	56,2	88,1	50,9	45,8	53,1	52,6
(Лн0823 × Лн070) × Лн0699	31,2	60,0	57,9	64,1	52,7	44,0	48,3	51,2
(Лн0823 × Лн070) × Лн0728	35,8	59,2	58,4	61,0	63,8	45,6	47,9	53,1
(Лн0823 × Лн070) × Лн0724	45,6	77,0	61,8	64,8	64,6	49,4	58,1	60,2
(Кр627м × Лн0699) × Лн0613	26,2	70,2	63,4	64,8	57,9	51,1	56,0	55,6
Средние	32,3	61,8	58,2	67,7	55,5	48,1	51,7	—
Повторения	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	
НСР _{0,5}	3,3	4,0	5,8	3,4	3,1	3,3	3,2	3,7

Таблица 2 – Оценка экологической пластичности гибридов кукурузы по признаку «урожайность зерна», 2016–2018 гг. (среднее по семи пунктам).

Гибрид	xi	bi	Sdi ²	Sb	t	B	Комментарии
Краснодарский 194 МВ	46,7	0,8	16,3	0,2	1,1	0,8	Экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0706	50,3	1,8	507,9	0,1	8,9	1,0	Интенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью
Лн0479 × Лн0159) × Лн0720	54,4	1,4	330,8	0,1	4,0	1,0	
(Кр714627м × Лн008) × Лн0720	52,9	1,0	172,1	0,2	0,1	0,9	Очень высокая фенотипическая стабильность
(Кр752м × Лн0684) × Лн0613	60,7	0,9	130,7	0,1	1,0	0,9	Экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма
(Кр752м × Лн0684) × Лн0685	51,0	1,0	236,7	0,3	0,1	0,6	Очень высокая фенотипическая стабильность
(Кр752м × Лн0684) × Лн0653	46,7	0,3	73,5	0,3	2,5	0,1	Экстенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью
(Кр752м × Лн0684) × Лн0647	48,6	0,9	222,1	0,4	0,4	0,4	Экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма
(Лн0711 × Лн008) × Лн0694	56,4	0,6	90,1	0,2	1,9	0,6	Экстенсивная форма с низкой фенотипической стабильностью
(Лн0711 × Лн008) × Лн0609	58,4	0,7	134,9	0,3	1,2	0,4	
(Лн0711 × Лн008) × Лн0685	59,9	0,8	136,4	0,2	0,9	0,8	Экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма
(Кр742м × Лн0716) × Лн0720	55,6	1,1	200,1	0,2	0,4	0,9	Очень высокая фенотипическая стабильность
(Кр742м × Лн0716) × Лн0600	49,9	1,1	312,7	0,4	0,2	0,5	
(Кр742м × Лн0716) × Лн0605	52,4	1,1	217,2	0,1	1,0	0,9	Интенсивная фенотипически высоко стабильная форма
(Кр742м × Лн0716) × Лн0613	46,5	1,0	242,7	0,3	0,1	0,6	Очень высокая фенотипическая стабильность
(Лн0823 × Лн070) × Лн0633	52,6	1,8	574,3	0,2	3,5	0,9	Интенсивная форма с очень низкой фенотипической стабильностью
(Лн0823 × Лн070) × Лн0699	51,2	1,0	150,1	0,1	0,5	1,0	Очень высокая фенотипическая стабильность
(Лн0823 × Лн070) × Лн0728	53,1	0,8	125,0	0,2	1,1	0,8	Экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма
(Лн0823 × Лн070) × Лн0724	60,2	0,8	132,2	0,2	1,0	0,6	Экстенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью
(Кр627м × Лн0699) × Лн0626	62,5	0,9	145,8	0,2	0,7	0,8	Экстенсивная фенотипически высоко стабильная форма
(Кр627м × Лн0699) × Лн0613	55,6	1,2	250,1	0,2	1,2	0,9	Интенсивная форма с пониженной фенотипической стабильностью
НСР _{0,5}	2,7						-

Примечания: B – коэффициент адекватности; bi – коэффициент регрессии (пластичность); Sdi² – генотипическая стабильность; Sb – ошибка коэффициента регрессии; t – критерий значимости отклонения от 1

Таблица 3 – Результаты испытаний всего набора тесткроссов в зависимости от года изучения (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га			Убор. влажн., %			Селекц. индекс		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Краснодарский 194 МВ	46,5	51,2	27,1	22,9	21,9	19,0	2,0	2,3	1,4
Краснодарский 291АМВ	50,7	72,5	45,4	32,4	26,8	26,9	1,6	2,7	1,7
(Кр714627м × Лн008) × Лн0706	41,4	35,5	33,4	27,9	15,2	14,6	1,5	2,3	2,3
(Кр714627м × Лн008) × Лн0720	56,4	57,4	33,5	32,0	20,0	18,1	1,8	2,9	1,8
(Кр714627м × Лн008) × Лн0627	48,3	46,8	30,0	31,0	18,0	25,1	1,6	2,6	1,2
(Кр714627м × Лн008) × Лн0667	54,4	49,6	33,1	22,2	17,5	20,2	2,5	2,8	1,6
(Кр714627м × Лн008) × Лн0668	39,8	36,3	22,0	25,3	17,6	16,1	1,6	2,1	1,4
(Кр714627м × Лн008) × Лн0677	47,1	45,8	24,7	25,5	20,0	16,5	1,8	2,3	1,5
(Кр714627м × Лн008) × Лн0679	53,0	44,8	17,2	17,7	14,7	17,7	3,0	3,0	1,0
(Кр714627м × Лн008) × Лн0602	55,9	48,7	14,7	22,3	17,0	20,2	2,5	2,9	0,7
(Кр714627м × Лн008) × Лн0681	49,5	47,6	19,8	24,6	19,3	23,3	2,0	2,5	0,8
(Кр714627м × Лн008) × Лн0695	38,6	49,2	13,7	22,5	19,5	16,6	1,7	2,5	0,8
(Кр714627м × Лн008) × Лн0729	46,0	50,0	14,7	32,9	22,1	25,0	1,4	2,3	0,6
(Кр714627м × Лн008) × Лн0693	54,1	43,7	30,7	26,0	16,7	21,2	2,1	2,6	1,4
(Кр714627м × Лн008) × Лн0713	56,2	59,6	14,8	25,0	19,3	21,2	2,2	3,1	0,7
(Кр714627м × Лн008) × Лн0701	34,4	44,8	12,6	29,4	19,5	21,2	1,2	2,3	0,6
(Кр714627м × Лн008) × Лн0731	49,7	45,9	11,5	29,4	19,7	21,0	1,7	2,3	0,5
(Кр714627м × Лн008) × Лн0718	46,4	43,2	17,2	26,4	15,4	21,8	1,8	2,8	0,8
(Кр714627м × Лн008) × Лн008	52,0	36,6	10,4	28,3	15,1	21,2	1,8	2,4	0,5
(Кр714627м × Лн008) × Лн0613	54,3	43,8	21,3	22,0	17,4	17,2	2,5	2,5	1,2
(Кр714627м × Лн008) × Лн0357	42,8	36,9	10,4	30,8	16,5	20,6	1,4	2,2	0,5
(Кр714627м × Лн008) × Лн0726	44,5	38,9	12,7	21,0	16,0	13,7	2,1	2,4	0,9
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0706	56,9	63,7	14,0	19,1	12,3	11,3	3,0	5,2	1,2
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0720	56,1	62,2	16,3	21,6	16,0	15,5	2,6	3,9	1,1
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0627	50,3	61,8	14,6	27,1	15,6	24,4	1,9	4,0	0,6
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0667	51,3	52,5	14,3	19,4	13,9	14,0	2,6	3,8	1,0
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0668	43,1	58,5	15,7	25,1	18,5	15,3	1,7	3,2	1,0
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0677	44,0	42,0	24,4	20,5	15,3	14,5	2,1	2,8	1,7
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0679	46,7	43,0	16,1	15,4	14,7	13,1	3,0	2,9	1,2
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0602	56,8	54,2	32,8	18,4	14,4	18,2	3,1	3,8	1,8
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0681	48,3	57,8	33,1	21,7	16,5	18,2	2,2	3,5	1,8
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0695	45,1	52,5	20,7	19,9	14,0	13,1	2,3	3,7	1,6
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0729	50,4	53,4	39,6	19,9	14,8	18,3	2,5	3,6	2,2
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0693	48,8	61,4	14,6	18,5	15,2	17,8	2,6	4,0	0,8
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0713	51,3	53,0	21,9	20,6	16,5	18,0	2,5	3,2	1,2
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0701	43,5	49,4	14,9	25,3	18,9	18,4	1,7	2,6	0,8
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0731	36,6	47,8	16,6	28,6	14,7	15,2	1,3	3,2	1,1
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0718	48,1	66,3	15,3	18,4	13,1	13,7	2,6	5,0	1,1
(Лн0159 × Лн0614) × Лн008	53,0	52,9	14,2	23,7	15,6	19,3	2,2	3,4	0,7
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0613	37,2	42,1	13,6	19,0	13,1	13,2	2,0	3,2	1,0
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0357	48,7	46,6	12,9	20,2	14,4	13,0	2,4	3,2	1,0
(Лн0159 × Лн0614) × Лн0726	44,0	47,1	14,5	17,1	13,6	12,3	2,6	3,5	1,2

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га			Убор. Влажн., %			Селекц. индекс		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0706	49,7	46,9	28,5	20,5	15,0	14,7	2,4	3,1	1,9
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0720	57,7	62,7	23,7	20,7	17,7	23,8	2,8	3,5	1,0
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0627	44,6	42,1	21,9	25,8	21,3	22,6	1,7	2,0	1,0
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0667	52,5	56,7	24,7	25,2	16,8	18,8	2,1	3,4	1,3
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0668	44,6	46,0	24,8	29,7	21,0	18,2	1,5	2,2	1,4
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0677	42,9	59,3	18,0	20,3	18,0	13,0	2,1	3,3	1,4
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0679	46,9	54,5	27,6	19,9	15,7	15,5	2,4	3,5	1,8
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0602	51,6	51,9	22,4	27,4	16,9	18,3	1,9	3,1	1,2
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0681	39,3	51,0	18,4	21,7	18,4	21,6	1,8	2,8	0,8
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0695	47,6	52,4	24,5	28,8	19,7	20,2	1,7	2,7	1,2
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0729	44,9	42,3	19,4	23,0	18,7	20,6	2,0	2,3	0,9
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0693	53,9	63,4	21,4	26,8	18,6	16,6	2,0	3,4	1,3
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0713	55,7	69,6	44,7	25,1	18,3	17,1	2,2	3,8	2,6
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0701	43,0	36,4	15,3	24,3	20,3	20,4	1,8	1,8	0,8
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0731	40,4	51,1	16,3	31,2	17,9	16,7	1,3	2,9	1,0
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0718	52,4	47,5	16,1	22,9	17,4	17,4	2,3	2,7	0,9
(Лн0479 × Лн0159) × Лн008	56,3	71,7	44,5	22,8	17,4	22,2	2,5	4,1	2,0
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0613	48,3	41,0	13,3	20,2	17,4	14,3	2,4	2,4	0,9
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0357	42,6	65,3	17,6	21,7	18,0	16,8	2,0	3,6	1,0
(Лн0479 × Лн0159) × Лн0726	52,6	49,9	19,6	17,7	17,4	13,6	3,0	2,9	1,4
(Кр752м × Лн0684) × Лн0720	57,6	45,6	39,4	21,8	19,5	15,9	2,6	2,3	2,5
(Кр752м × Лн0684) × Лн0633	41,2	58,3	10,5	21,8	19,5	20,9	1,9	3,0	0,5
(Кр752м × Лн0684) × Лн0634	54,6	59,3	37,8	26,3	19,0	15,4	2,1	3,1	2,5
(Кр752м × Лн0684) × Лн0635	42,2	48,2	21,2	25,8	20,2	19,6	1,6	2,4	1,1
(Кр752м × Лн0684) × Лн0608	55,6	44,8	32,7	27,9	21,8	26,7	2,0	2,1	1,2
(Кр752м × Лн0684) × Лн0691	41,3	45,0	14,0	28,7	20,8	22,9	1,4	2,2	0,6
(Кр752м × Лн0684) × Лн0694	45,5	46,2	13,3	34,2	25,2	24,8	1,3	1,8	0,5
(Кр752м × Лн0684) × Лн0600	54,6	35,7	7,5	28,3	18,6	18,5	1,9	1,9	0,4
(Кр752м × Лн0684) × Лн0603	42,0	39,4	14,2	22,3	17,8	16,4	1,9	2,2	0,9
(Кр752м × Лн0684) × Лн0604	47,0	47,2	9,6	22,5	17,6	17,6	2,1	2,7	0,5
(Кр752м × Лн0684) × Лн0605	62,8	39,2	36,1	21,0	17,7	17,8	3,0	2,2	2,0
(Кр752м × Лн0684) × Лн0607	49,3	39,0	12,9	26,9	20,9	22,5	1,8	1,9	0,6
(Кр752м × Лн0684) × Лн0609	44,8	36,8	21,1	24,7	19,8	17,3	1,8	1,9	1,2
(Кр752м × Лн0684) × Лн0613	64,5	71,9	45,4	21,1	15,7	16,2	3,1	4,6	2,8
(Кр752м × Лн0684) × Лн0685	59,6	68,6	23,1	29,4	21,5	22,1	2,0	3,2	1,0
(Кр752м × Лн0684) × Лн0653	56,6	45,9	35,3	21,8	19,4	23,3	2,6	2,4	1,5
(Кр752м × Лн0684) × Лн0647	55,6	38,2	24,6	21,4	18,8	25,3	2,6	2,0	1,0
(Кр752м × Лн0684) × Лн0660	42,9	33,1	14,6	21,0	18,1	16,8	2,0	1,8	0,9
(Кр752м × Лн0684) × Лн0703	46,5	47,3	19,6	27,1	21,1	18,8	1,7	2,2	1,0
(Кр752м × Лн0684) × Лн0716	37,3	39,2	16,1	25,8	18,9	16,2	1,4	2,1	1,0
(Кр752м × Лн0684) × Лн0725	47,4	47,6	11,8	25,2	19,5	17,6	1,9	2,4	0,7
(Лн0711 × Лн008) × Лн0720	55,6	47,0	33,9	30,4	18,3	22,6	1,8	2,6	1,5
(Лн0711 × Лн008) × Лн0633	43,0	53,5	19,1	23,6	17,5	22,3	1,8	3,1	0,9
(Лн0711 × Лн008) × Лн0634	60,0	61,4	38,8	25,8	18,4	17,2	2,3	3,3	2,3

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га			Уборочная влажность, %			Селекционный индекс		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
(Лн0711 × Лн008) × Лн0635	45,4	45,4	21,6	29,7	21,0	19,1	1,5	2,2	1,1
(Лн0711 × Лн008) × Лн0608	56,6	66,3	35,5	31,2	20,5	24,7	1,8	3,2	1,4
(Лн0711 × Лн008) × Лн0691	50,9	42,8	22,0	30,7	25,8	21,1	1,7	1,7	1,0
(Лн0711 × Лн008) × Лн0694	59,5	70,4	44,4	30,7	23,9	25,5	1,9	2,9	1,7
(Лн0711 × Лн008) × Лн0600	51,8	38,4	15,0	30,7	22,2	21,2	1,7	1,7	0,7
(Лн0711 × Лн008) × Лн0603	49,9	60,1	22,4	26,9	18,2	16,6	1,9	3,3	1,3
(Лн0711 × Лн008) × Лн0604	46,4	51,2	17,8	27,7	19,0	21,8	1,7	2,7	0,8
(Лн0711 × Лн008) × Лн0605	58,8	61,8	36,6	29,3	18,0	18,3	2,0	3,4	2,0
(Лн0711 × Лн008) × Лн0607	43,5	55,5	19,4	28,6	22,0	21,0	1,5	2,5	0,9
(Лн0711 × Лн008) × Лн0609	59,5	77,7	48,3	27,2	20,4	18,9	2,2	3,8	2,6
(Лн0711 × Лн008) × Лн0613	48,6	66,5	29,1	26,6	17,1	20,8	1,8	3,9	1,4
(Лн0711 × Лн008) × Лн0685	60,1	74,7	46,4	30,1	23,6	22,4	2,0	3,2	2,1
(Лн0711 × Лн008) × Лн0653	51,5	65,1	12,6	29,3	19,7	18,2	1,8	3,3	0,7
(Лн0711 × Лн008) × Лн0647	53,3	71,6	35,4	28,3	16,2	16,7	1,9	4,4	2,1
(Лн0711 × Лн008) × Лн0660	49,9	47,5	22,5	25,7	18,4	20,7	1,9	2,6	1,1
(Лн0711 × Лн008) × Лн0703	50,7	72,5	45,4	30,4	23,0	23,6	1,7	3,2	1,9
(Лн0711 × Лн008) × Лн0716	43,4	47,7	16,5	28,8	21,2	19,5	1,5	2,3	0,8
(Лн0711 × Лн008) × Лн0725	45,2	42,3	7,4	30,0	19,3	18,9	1,5	2,2	0,4
(Кр742м × Лн0716) × Лн0720	61,3	71,6	34,5	28,1	20,4	24,0	2,2	3,5	1,4
(Кр742м × Лн0716) × Лн0633	42,4	40,8	23,0	25,2	19,7	19,4	1,7	2,1	1,2
(Кр742м × Лн0716) × Лн0634	56,9	57,8	17,1	29,8	20,2	16,9	1,9	2,9	1,0
(Кр742м × Лн0716) × Лн0635	53,0	57,9	20,0	24,6	20,9	21,7	2,2	2,8	0,9
(Кр742м × Лн0716) × Лн0608	52,6	54,3	34,5	29,2	24,1	24,1	1,8	2,3	1,4
(Кр742м × Лн0716) × Лн0691	54,0	46,3	22,0	29,4	19,7	27,5	1,8	2,3	0,8
(Кр742м × Лн0716) × Лн0694	37,7	35,6	14,2	30,0	27,8	27,5	1,3	1,3	0,5
(Кр742м × Лн0716) × Лн0600	54,5	38,4	28,9	29,9	21,9	23,6	1,8	1,8	1,2
(Кр742м × Лн0716) × Лн0603	49,5	46,2	33,1	20,6	17,8	17,8	2,4	2,6	1,9
(Кр742м × Лн0716) × Лн0604	42,9	45,1	22,5	25,9	18,9	18,8	1,7	2,4	1,2
(Кр742м × Лн0716) × Лн0605	57,2	60,8	24,8	26,1	19,6	18,0	2,2	3,1	1,4
(Кр742м × Лн0716) × Лн0607	46,1	46,1	21,7	26,5	24,4	23,2	1,7	1,9	0,9
(Кр742м × Лн0716) × Лн0609	38,0	35,2	20,0	25,7	20,8	18,2	1,5	1,7	1,1
(Кр742м × Лн0716) × Лн0613	60,1	39,2	24,6	22,9	21,1	23,0	2,6	1,9	1,1
(Кр742м × Лн0716) × Лн0685	53,6	62,5	18,7	29,5	25,0	23,6	1,8	2,5	0,8
(Кр742м × Лн0716) × Лн0653	44,3	40,8	24,9	28,3	24,3	20,4	1,6	1,7	1,2
(Кр742м × Лн0716) × Лн0647	36,4	25,8	10,1	28,6	19,5	16,3	1,3	1,3	0,6
(Кр742м × Лн0716) × Лн0660	51,5	28,0	19,3	20,2	17,7	17,4	2,5	1,6	1,1
(Кр742м × Лн0716) × Лн0703	44,1	31,0	23,9	31,5	24,6	21,2	1,4	1,3	1,1
(Кр742м × Лн0716) × Лн0716	53,3	44,9	37,2	30,7	20,2	24,7	1,7	2,2	1,5
(Кр742м × Лн0716) × Лн0725	45,2	35,6	11,7	22,7	21,9	16,8	2,0	1,6	0,7
(Лн0823 × Лн070) × Лн0626	59,9	81,3	47,2	22,8	19,8	19,5	2,6	4,1	2,4
(Лн0823 × Лн070) × Лн0633	56,2	60,3	42,7	22,7	21,4	20,5	2,5	2,8	2,1
(Лн0823 × Лн070) × Лн0634	47,5	75,2	48,3	23,2	17,2	16,1	2,0	4,4	3,0
(Лн0823 × Лн070) × Лн0635	45,5	51,8	9,5	28,8	20,9	18,0	1,6	2,5	0,5
(Лн0823 × Лн070) × Лн0607	47,5	58,2	25,5	29,0	23,6	20,1	1,6	2,5	1,3

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га			Уборочная. влажн., %			Селекционный индекс		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
(Лн0823 × Лн070) × Лн0604	43,1	63,3	17,7	25,0	19,1	20,2	1,7	3,3	0,9
(Лн0823 × Лн070) × Лн0613	48,8	62,4	41,4	24,7	18,9	19,2	2,0	3,3	2,2
(Лн0823 × Лн070) × Лн0685	53,4	66,3	22,1	29,4	25,0	27,9	1,8	2,7	0,8
(Лн0823 × Лн070) × Лн0699	57,9	60,0	31,2	30,1	24,7	27,4	1,9	2,4	1,1
(Лн0823 × Лн070) × Лн0653	43,7	56,7	13,9	26,4	22,2	19,6	1,7	2,6	0,7
(Лн0823 × Лн070) × Лн0660	44,8	52,1	17,7	25,9	20,4	23,3	1,7	2,6	0,8
(Лн0823 × Лн070) × Лн0728	58,4	59,2	35,8	31,7	25,2	23,7	1,8	2,4	1,5
(Лн0823 × Лн070) × Лн0722	57,1	55,6	21,1	34,0	26,0	26,3	1,7	2,1	0,8
(Лн0823 × Лн070) × Лн0723	55,3	68,9	13,9	30,1	22,9	26,1	1,8	3,0	0,5
(Лн0823 × Лн070) × Лн0711	51,7	60,5	40,6	29,1	22,2	20,6	1,8	2,7	2,0
(Лн0823 × Лн070) × Лн0717	48,6	45,9	11,5	28,7	24,9	22,5	1,7	1,8	0,5
(Лн0823 × Лн070) × Лн0724	61,8	77,0	45,6	31,6	23,9	23,1	2,0	3,2	2,0
(Лн0823 × Лн070) × Лн0228	46,2	66,5	14,9	24,2	18,8	15,9	1,9	3,5	0,9
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0626	48,5	51,4	35,3	26,3	18,9	20,6	1,8	2,7	1,7
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0633	51,9	46,1	37,0	26,1	21,0	24,2	2,0	2,2	1,5
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0634	42,4	35,0	36,5	28,8	20,8	28,0	1,5	1,7	1,3
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0635	41,5	39,7	13,0	28,7	22,2	22,6	1,4	1,8	0,6
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0607	46,4	48,3	18,2	36,0	25,5	28,4	1,3	1,9	0,6
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0604	49,0	54,1	20,0	29,3	19,8	23,6	1,7	2,7	0,8
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0613	51,8	43,7	38,2	29,9	18,4	22,6	1,7	2,4	1,7
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0685	50,7	35,6	24,8	34,8	26,5	29,0	1,5	1,3	0,9
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0699	53,0	32,9	20,4	32,7	31,6	30,0	1,6	1,0	0,7
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0653	47,8	46,3	21,0	28,7	24,3	26,9	1,7	1,9	0,8
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0660	52,4	44,8	18,4	29,1	23,7	29,1	1,8	1,9	0,6
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0728	47,9	35,0	9,6	30,1	29,9	29,0	1,6	1,2	0,3
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0722	32,6	39,4	10,0	42,8	30,7	30,3	0,8	1,3	0,3
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0723	46,3	46,2	10,5	30,5	28,7	28,6	1,5	1,6	0,4
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0711	51,7	49,4	33,3	34,7	26,8	28,5	1,5	1,8	1,2
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0717	44,9	49,2	10,3	33,9	26,9	28,0	1,3	1,8	0,4
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0724	48,6	54,0	12,5	42,5	25,6	28,7	1,1	2,1	0,4
(Лн0627 × Лн0728) × Лн0228	47,5	50,8	21,4	24,0	21,1	19,7	2,0	2,4	1,1
(Кр627м × Лн0699) × Лн0626	60,9	77,7	48,3	24,9	25,0	19,2	2,4	3,1	2,5
(Кр627м × Лн0699) × Лн0633	58,2	52,8	37,1	22,4	21,8	24,9	2,6	2,4	1,5
(Кр627м × Лн0699) × Лн0634	46,1	38,8	21,7	27,4	20,4	18,4	1,7	1,9	1,2
(Кр627м × Лн0699) × Лн0635	48,8	46,0	32,7	26,5	23,8	20,6	1,8	1,9	1,6
(Кр627м × Лн0699) × Лн0607	49,7	39,2	21,6	29,6	26,6	20,9	1,7	1,5	1,0
(Кр627м × Лн0699) × Лн0604	48,9	35,6	22,0	26,1	21,9	21,0	1,9	1,6	1,1
(Кр627м × Лн0699) × Лн0613	63,4	70,2	38,7	23,7	21,6	23,2	2,7	3,2	1,7
(Кр627м × Лн0699) × Лн0685	58,4	35,9	13,2	29,8	24,5	29,8	2,0	1,5	0,4
(Кр627м × Лн0699) × Лн0699	17,0	14,4	6,9	41,5	27,7	28,2	0,4	0,5	0,2
(Кр627м × Лн0699) × Лн0653	44,4	38,9	17,0	29,1	24,0	19,8	1,5	1,6	0,9
(Кр627м × Лн0699) × Лн0660	57,4	42,9	24,5	29,0	25,4	20,9	2,0	1,7	1,2
(Кр627м × Лн0699) × Лн0728	42,7	39,8	17,1	40,3	30,2	29,5	1,1	1,3	0,6
(Кр627м × Лн0699) × Лн0722	41,6	22,2	14,9	43,5	28,3	28,8	1,0	0,8	0,5

Гибрид	Урожайность зерна, ц/га			Уборочная. влажн., %			Селекционный индекс		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
(Кр627м × Лн0699) × Лн0723	32,9	26,0	13,2	40,6	27,7	28,2	0,8	0,9	0,5
(Кр627м × Лн0699) × Лн0711	54,8	58,4	35,3	31,3	24,7	25,1	1,7	2,4	1,4
(Кр627м × Лн0699) × Лн0717	39,2	47,5	37,6	33,3	26,4	27,0	1,2	1,8	1,4
(Кр627м × Лн0699) × Лн0724	41,8	32,7	19,4	41,4	31,1	25,0	1,0	1,1	0,8
(Кр627м × Лн0699) × Лн0228	46,9	49,0	22,8	27,4	21,3	17,4	1,7	2,3	1,3
НСР _{0,5}	6,5	6,2	2,6	6,5	6,2	2,6	-		

Приложение В

Таблица 1 – Данные морфо-биологических признаков гибридов кукурузы от ДС, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибрид	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Число зерен в ряду, шт	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г	Число рядов зерен, шт
Краснодарский 194МВ	21,1	4,3	40,1	184,1	159,7	18
Краснодарский 291АМВ	19,5	4,3	37,6	190,0	158,1	18
Лн003 × Лн008	18,4	4,0	27,9	119,5	95,3	16
Лн003 × Лн0228	16,1	4,0	35,1	106,0	81,6	16
Лн003 × Лн0685	16,2	3,8	27,9	73,8	55,3	14
Лн003 × Лн004	17,0	4,1	30,4	114,0	137,2	16
Лн008 × Лн0685	19,6	4,1	27,8	138,7	110,1	16
Лн008 × Лн004	17,4	3,7	28,6	103,4	77,8	16
Лн0228 × Лн0685	16,4	4,4	37,9	158,9	132,4	18
Лн0228 × Лн004	16,3	3,9	36,4	118,2	91,8	18
Лн0228 × Лн008	19,0	4,3	41,0	146,4	118,8	18
Лн0357 × Лн0228	17,5	4,3	40,4	163,6	135,7	18
Лн0357 × Лн0685	19,5	4,6	37,2	187,8	158,0	18
Лн0357 × Лн0647	20,2	4,3	36,3	170,4	147,8	18
Лн0357 × Лн0614	20,8	4,4	41,4	184,9	159,5	20
Лн0357 × Лн003	18,3	4,0	35,7	128,4	104,0	18
Лн0357 × Лн004	17,0	4,0	24,1	108,3	77,9	18
Лн0357 × Лн008	19,4	4,1	35,8	152,6	123,3	18
Лн0685 × Лн004	19,1	3,9	33,6	113,2	92,7	14
Лн0681 × Лн0357	18,2	4,3	29,5	135,8	109,3	18
Лн0681 × Лн0685	17,8	4,4	39,0	184,2	154,3	18
Лн0681 × Лн0647	18,6	3,9	36,5	142,8	116,4	14
Лн0681 × Лн0614	19,1	3,8	37,5	129,1	102,5	14
Лн0681 × Лн003	16,9	4,6	35,7	175,9	148,3	18
Лн0681 × Лн004	20,1	4,0	28,6	134,5	108,2	16
Лн0681 × Лн008	18,7	4,3	42,3	164,8	137,4	16

Гибрид	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Число зерен в ряду, шт	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г	Число рядов зерен, шт
Лн0681 × Лн0228	16,9	4,3	35,1	163,2	137,4	16
Лн0647 × Лн0228	19,7	3,8	34,6	122,2	95,7	16
Лн0647 × Лн0685	19,7	4,1	39,3	174,1	138,8	14
Лн0647 × Лн003	19,0	4,1	33,0	134,7	107,5	16
Лн0647 × Лн004	20,3	3,8	35,0	110,3	80,6	14
Лн0647 × Лн008	21,6	4,0	42,8	162,8	124,9	14
Лн0614 × Лн0228	17,6	4,0	32,7	116,2	94,5	18
Лн0614 × Лн0685	19,1	4,3	36,2	170,5	141,6	18
Лн0614 × Лн0647	21,0	4,0	39,5	176,0	146,6	16
Лн0614 × Лн0718	19,5	3,8	31,6	143,9	117,4	16
Лн0614 × Лн003	19,7	4,4	38,0	171,8	142,2	18
Лн0614 × Лн004	18,4	3,7	29,0	114,6	85,8	14
Лн0614 × Лн008	18,1	3,8	34,4	135,3	105,3	18
Лн0687 × Лн0228	20,0	4,7	42,7	187,5	156,6	16
Лн0687 × Лн0685	16,3	4,5	30,7	147,8	121,1	18
Лн0687 × Лн0647	15,9	4,5	37,8	190,9	166,9	16
Лн0687 × Лн0614	20,7	4,2	35,2	159,8	133,0	18
Лн0687 × Лн0718	16,0	4,1	30,8	126,7	104,0	14
Лн0687 × Лн003	19,9	4,6	43,8	203,7	176,6	16
Лн0687 × Лн004	17,0	4,3	29,1	135,5	109,3	14
Лн0687 × Лн008	19,8	4,6	32,4	157,1	123,5	18
Лн0687 × Лн0357	18,5	4,4	37,8	163,2	138,1	16
Лн0687 × Лн0681	19,2	4,7	34,3	179,3	160,8	18
Лн0718 × Лн0228	19,2	4,1	37,3	149,4	123,3	16
Лн0718 × Лн0357	19,6	4,5	42,4	170,6	143,5	16
Лн0718 × Лн0685	16,0	4,2	34,1	142,5	112,1	18
Лн0718 × Лн003	15,9	4,3	32,0	114,1	89,3	16
Лн0718 × Лн004	18,8	4,3	34,2	141,6	115,4	16
Лн0718 × Лн008	21,4	4,6	40,4	205,3	174,4	18
Лн0718 × Лн0681	19,8	4,4	40,8	191,7	160,2	18
Лн0718 × Лн0647	21,1	4,7	38,3	154,4	124,8	20
Лн0720 × Лн0228	16,9	4,3	40,3	145,2	120,0	16
Лн0720 × Лн0357	18,8	4,6	38,7	186,5	158,1	18
Лн0720 × Лн0685	20,2	4,3	35,8	181,2	147,1	16
Лн0720 × Лн0718	17,0	4,5	32,4	154,6	125,3	16
Лн0720 × Лн003	18,6	4,5	38,3	172,6	140,0	16
Лн0720 × Лн004	16,5	3,9	31,8	118,3	93,0	16

Продолжение таблицы 1

Гибрид	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Число зерен в ряду, шт	Масса початка, г	Масса зерна с початка, г	Число рядов зерен, шт
Лн0720 × Лн008	18,2	4,1	33,8	136,7	102,2	16
Лн0720 × Лн0681	16,4	4,1	35,1	139,0	111,1	16
Лн0720 × Лн0614	18,8	4,1	38,7	161,8	132,5	16
Лн0720 × Лн0647	18,1	4,2	36,8	154,6	130,2	16
Лн0720 × Лн0687	18,2	4,0	32,5	100,4	72,2	14
Лн0480 × Лн0685	19,1	4,2	37,9	151,6	123,5	16
Лн0480 × Лн0647	19,7	4,6	40,0	205,7	175,5	18
Лн0480 × Лн0718	21,1	4,5	40,5	206,5	179,9	18
Лн0480 × Лн004	15,7	4,1	24,6	114,0	90,2	16
Лн0480 × Лн008	17,2	4,5	32,0	138,2	112,7	16
Лн0480 × Лн0720	16,0	4,5	32,6	154,9	128,2	20
Лн0480 × Лн0614	17,9	4,4	28,2	144,2	113,9	16
Лн0480 × Лн003	17,7	4,0	37,2	136,1	112,0	14
Лн0480 × Лн0228	16,6	4,1	31,1	123,1	99,4	16
Лн0480 × Лн0357	16,8	4,2	34,0	140,1	111,7	16
Лн0480 × Лн0681	15,8	4,4	36,2	137,3	115,6	18
Лн0480 × Лн0687	19,1	4,6	40,0	187,3	156,1	14
НСР _{0,5}	2,9	1,1	3,1	5,5	4,8	1,2

Таблица 2 – Данные хозяйственно ценных признаков гибридов кукурузы от ДС, 2017–2018 гг. (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»).

Гибриды	Урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность зерна, %	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см
Краснодарский 194 МВ	44,4	20,7	217,2	81,7
Краснодарский 291АМВ	54,0	26,2	210,6	80,7
Лн003 × Лн008	27,8	17,6	205,3	80,1
Лн003 × Лн0228	29,8	16,4	218,2	83,7
Лн003 × Лн0685	29,3	23,5	195,3	68,9
Лн003 × Лн004	33,6	15,7	204,7	74,7
Лн008 × Лн0685	29,7	21,5	207,5	70,6
Лн008 × Лн004	29,1	17,8	208,2	80,0
Лн0228 × Лн0685	29,7	19,3	222,1	83,8
Лн0228 × Лн004	25,3	16,4	204,5	82,9
Лн0228 × Лн008	28,9	15,0	212,9	85,3
Лн0357 × Лн0228	26,0	18,4	204,7	75,1
Лн0357 × Лн0685	60,4	25,1	202,4	77,1
Лн0357 × Лн0647	33,6	17,3	206,1	78,8

Гибриды	Урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность зерна, %	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см
Лн0357 × Лн0614	48,3	18,4	204,0	75,7
Лн0357 × Лн003	23,2	16,6	209,3	81,9
Лн0357 × Лн004	30,0	14,4	203,3	69,5
Лн0357 × Лн008	35,3	19,0	206,0	75,3
Лн0685 × Лн004	39,6	20,7	198,9	77,3
Лн0681 × Лн0357	34,2	21,6	205,5	76,2
Лн0681 × Лн0685	41,0	19,5	191,1	73,9
Лн0681 × Лн0647	41,2	13,0	232,9	77,8
Лн0681 × Лн0614	42,8	15,1	218,8	80,4
Лн0681 × Лн003	62,5	21,5	209,9	65,8
Лн0681 × Лн004	40,4	19,6	214,7	76,8
Лн0681 × Лн008	59,8	18,2	200,5	62,4
Лн0681 × Лн0228	65,4	18,0	216,6	94,7
Лн0647 × Лн0228	27,2	12,6	224,1	71,2
Лн0647 × Лн0685	32,4	21,1	252,6	76,4
Лн0647 × Лн003	33,0	19,8	219,1	68,0
Лн0647 × Лн004	29,5	12,0	221,2	71,2
Лн0647 × Лн008	33,2	13,7	241,1	67,1
Лн0614 × Лн0228	26,6	12,5	216,3	87,7
Лн0614 × Лн0685	37,8	16,9	210,1	84,6
Лн0614 × Лн0647	31,7	12,9	212,2	83,7
Лн0614 × Лн0718	30,0	13,2	195,4	77,3
Лн0614 × Лн003	24,5	12,7	205,8	78,4
Лн0614 × Лн004	29,2	14,0	199,6	73,0
Лн0614 × Лн008	35,2	16,0	204,5	68,3
Лн0687 × Лн0228	38,3	24,5	207,9	69,0
Лн0687 × Лн0685	26,1	17,8	198,9	71,5
Лн0687 × Лн0647	41,1	27,4	196,6	71,0
Лн0687 × Лн0614	34,4	13,4	214,8	84,4
Лн0687 × Лн0718	28,2	15,2	195,4	64,3
Лн0687 × Лн003	42,5	20,3	208,7	84,1
Лн0687 × Лн004	61,3	17,6	196,3	71,1
Лн0687 × Лн008	41,7	19,2	223,5	86,1
Лн0687 × Лн0357	62,0	19,7	202,0	61,9
Лн0687 × Лн0681	35,6	20,2	207,7	83,0
Лн0718 × Лн0228	24,8	13,6	214,6	88,0
Лн0718 × Лн0357	28,1	15,5	203,1	76,7

Продолжение таблицы 2

Гибриды	Урожайность зерна, ц/га	Уборочная влажность зерна, %	Высота растений, см	Высота прикрепления початка, см
Лн0718 × Лн0685	27,7	20,0	206,6	80,1
Лн0718 × Лн003	21,0	14,5	215,8	80,3
Лн0718 × Лн004	28,2	15,8	215,7	79,7
Лн0718 × Лн008	35,0	16,7	220,0	74,0
Лн0718 × Лн0681	58,9	17,9	217,8	81,5
Лн0718 × Лн0647	45,7	24,4	216,5	88,7
Лн0720 × Лн0228	32,1	15,5	201,2	79,0
Лн0720 × Лн0357	62,6	18,9	210,0	80,1
Лн0720 × Лн0685	38,0	22,0	195,2	69,8
Лн0720 × Лн0718	46,0	15,5	206,1	88,4
Лн0720 × Лн003	43,4	17,8	219,6	82,7
Лн0720 × Лн004	31,6	17,6	215,7	72,3
Лн0720 × Лн008	31,5	18,7	202,6	78,2
Лн0720 × Лн0681	34,6	17,3	211,3	80,7
Лн0720 × Лн0614	38,1	16,0	198,3	75,0
Лн0720 × Лн0647	59,0	18,7	203,3	87,2
Лн0720 × Лн0687	47,9	23,5	199,5	71,6
Лн0480 × Лн0685	45,7	21,8	205,3	76,7
Лн0480 × Лн0647	63,0	17,8	209,1	81,5
Лн0480 × Лн0718	64,4	23,9	219,6	87,9
Лн0480 × Лн004	34,7	19,8	190,6	63,8
Лн0480 × Лн008	36,5	21,0	219,9	82,9
Лн0480 × Лн0720	44,8	23,7	199,5	76,4
Лн0480 × Лн0614	34,3	12,5	186,0	71,4
Лн0480 × Лн003	40,1	19,0	213,4	63,5
Лн0480 × Лн0228	46,4	18,5	206,1	79,2
Лн0480 × Лн0357	56,8	18,0	197,9	48,8
Лн0480 × Лн0681	57,1	17,7	205,4	69,6
Лн0480 × Лн0687	56,0	18,6	221,8	79,7
НСР _{0,5}	3,2	3,1	5,6	4,1

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора
по научной работе

ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»

О.Ф. Колесникова

« 2 » октября 2024 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

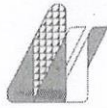
Настоящим актом подтверждаю, что селекционный материал, используемый Новичихиным Андреем Петровичем в написании кандидатской диссертации на тему «Оценка новых инбредных линий кукурузы и получение на их основе высокопродуктивных раннеспелых гибридов», находится в рабочей коллекции и включен в селекционную программу отдела селекции и семеноводства кукурузы.

В 2025 году запланирована передача родительских форм новых перспективных гибридов, выделившихся в диссертационной работе, в первичное семеноводство: (Кр752м x Лн0684) x Лн0613, (Лн0479 x Лн0159) x Лн008, (Лн0823 x Лн070) x Лн0626 и (Кр627м x Лн0699) x Лн0626. Новые линии, Лн0613, Лн008, Лн0626, входящие в состав данных гибридов, в 2019 – 2023 годах участвовали в селекционных программах по созданию стерильных и фертильных аналогов.

В 2022 году, Новичихиным А. П. получены новые автодиплоидные линии, исходным материалом для которых послужили простые гибриды от ДС: Лн0228 x Лн0681, Лн0718 x Лн0720. Полученные на основе данных автодиплоидных линий тесткроссы, с 2023 года, проходят испытания в контрольном питомнике отдела.

Главный научный сотрудник
отдела селекции и
семеноводства кукурузы

А. И. Супрунов



Общество с ограниченной ответственностью
«НПО «Семеноводство Кубани»

352344, Краснодарский край, Усть-Лабинский р-н, ст. Некрасовская, ул. Чапаева дом 17 помещение 21
тел./факс: (861-35) 7-10-10, e-mail: sekretar_NPO@progressagro.com

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ООО «НПО «Семеноводство Кубани»

Н. А. Газаров

« 08 октября » 20 24 г.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Настоящим актом подтверждаю, что в 2022, 2023 году в реестр ФГБУ «Госсорткомиссия» внесены гибриды, оригинатором которых является ООО «НПО «Семеноводство Кубани»: Ладожский 202, Ладожский 251, ЛД 2003, ЛД 5888.

Гибриды выращивались на площадях:

Наименование гибрида	2023 г.	2024 г.
Ладожский 202	3270 га	4800 га
Ладожский 251	2400 га	5500 га
ЛД 2003	3100 га	3700 га

Районы выращивания гибридов: Центрально – Черноземный регион, Центральный регион, Средневолжский регион. Ладожский 202 в 2024 году – Республика Беларусь.

В создании данных гибридов принимал участие Новичихин Андрей Петрович.

При создании данных гибридов были применены методики, описанные в диссертационной работе Новичихина А. П. «Оценка новых инбредных линий кукурузы и получение на их основе высокопродуктивных раннеспелых гибридов»: оценка основных селекционных признаков новых самоопыленных линий, анализ общей и специфической комбинационных способностей новых самоопыленных линий по урожайности и уборочной влажности зерна, оценка экологической пластичности и стабильности гибридов кукурузы.

Главный селекционер
ООО «НПО «Семеноводство Кубани»



Р.В. Ласкин

Выписка из реестра ФГБУ "ГОССОРТКОМИССИЯ" на 11:30 18.10.2023

ЛАДОЖСКИЙ 202

Общая информация

- Культура: Кукуруза (*Zea mays* L.)
- Группа: Зернокарманные
- Код сорта: 8057254
- Описание: Среднеранний простой гибрид.
Включен в Госреестр по Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Нижневолжскому (8), и Дальневосточному (12) регионам на зерно, и Средневолжскому (7), Уральскому (9) и Западно-Сибирскому (10) регионам на силос.
Антоциановая окраска влагалища первого листа слабая. Форма верхушки первого листа от округлой до тупой. Угол между листовой пластинкой и стеблем средний. Положение листа сильно изогнутое. Антоциановая окраска корней у стебля отсутствует или очень слабая. Время цветения метёлки раннее. Антоциановая окраска основания метёлки отсутствует или очень слабая, колосковой чешуи - отсутствует или очень слабая, пыльников - отсутствует или очень слабая. Плотность колосков - редкие. Угол между главной осью и боковыми веточками средний. Положение боковых веточек слегка изогнутое. Количество первичных боковых веточек - мало. Время появления шёлка початка раннее. Антоциановая окраска шёлка отсутствует, влагалища листа - отсутствует или очень слабая. Длина главной оси выше нижней боковой ветви - очень длинная, выше верхней боковой ветви - средняя. Длина боковых ветвей средняя. Высота растения - очень высокое. Отношение высоты прикрепления верхнего початка к высоте растения большое. Ширина листовой пластинки - средняя. Форма початка слабokonическая. Длина початка - длинная, ножки початка - средняя. Диаметр початка - средний. Тип зерна промежуточный, ближе к зубовидному. Окраска верхней части зерна желтая, нижней - желтая. Антоциановая окраска стержня сильная.
Средняя урожайность в Центральном регионе на зерно составила 98,4 ц/га (+16,8 ц/га), максимальная - 136 ц/га (Рязанская область, Новодеревенский ГСУ, 2020 г.).
Вегетационный период 127 дней. Влажность зерна 20,3 %.
Средняя урожайность в Волго-Вятском регионе на зерно составила 69,9 ц/га (+8,1 ц/га), максимальная - 79,5 ц/га (Нижегородская область, Б.Болдинский ГСУ, 2021 г.).
Вегетационный период 131 день. Влажность зерна 37,7 %.
Средняя урожайность в Нижневолжском регионе на зерно составила 39,8 ц/га (+2,9 ц/га), максимальная - 78,8 ц/га (Саратовская область, Самойловский ГСУ, 2020 г.).
Вегетационный период 95 дней. Влажность зерна 17,5 %.
Средняя урожайность в Средневолжском регионе на силос составила 135,3 ц/га (+24,2 ц/га), максимальная - 408,4 ц/га (Р.Мордовия, Старо-Синдровский ГСУ, 2020 г.).
Вегетационный период 98 дней. Сухое вещество 38,2 %.

Средняя урожайность в Уральском регионе на силос составила 65,1 ц/га (+4,3 ц/га), максимальная - 122,8 ц/га (Курганская область, Куртамышский зерновой ГСУ, 2020 г.).
Вегетационный период 84 дня. Сухое вещество 29,8 %.

Средняя урожайность в Западно-Сибирском регионе на силос составила 67,5 ц/га (+4,5 ц/га), максимальная - 134,9 ц/га (Томская область, Томская ГСС, 2020 г.).

Вегетационный период 94 дня. Сухое вещество 31,4%.

- Автор(ы): ЛАСКИН РОМАН ВАЛЕРЬЕВИЧ; КОЛЬЦОВА ОКСАНА АЛЕКСЕЕВНА; НОВИЧИХИН АНДРЕЙ ПЕТРОВИЧ
- Характеристики:
 - Направление использования: универсальные(ый)
 - Срок созревания (гр. спелости): среднеранний

Допуск

- Номер заявки на допуск: 78319
- Заявители: ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ'
- Дата регистрации заявки на допуск: 24 июня 2019г.
- Год включения в реестр допущенных: 2022
- Регион(ы): Центральный (3), Волго-Вятский (4), ЦЧО (5), Нижневолжский (8), Дальневосточный (12)
- Регион(ы) на раннюю продукцию: ЦЧО (5), Средневолжский (7), Уральский (9), Западно-Сибирский (10)
- Оригинатор(ы): ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ' (352320, КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, УСТЬ-ЛАБИНСКИЙ Р-Н, СТ. ЛАДОЖСКАЯ, УЛ. КОНШИНЫХ, 1Г)

Выписка из реестра ФГБУ "ГОССОРТКОМИССИЯ" на 11:31 18.10.2023

ЛАДОЖСКИЙ 251

Общая информация

- Культура: Кукуруза (*Zea mays* L.)
- Группа: Зернокормовые
- Код сорта: 8057253
- Описание: Среднеранний простой гибрид.

Включён в Госреестр по Центрально-Черноземному (5) региону на силос и Средневолжскому (7), Нижневолжскому (8) и Дальневосточному (12) регионам на зерно и силос.

Антоциановая окраска влагалища первого листа средняя. Форма верхушки первого листа от округлой до тупой. Угол между листовой пластинкой и стеблем средний. Положение листа слегка изогнутое. Антоциановая окраска корней у стебля отсутствует или очень слабая. Время цветения метёлки раннее. Антоциановая окраска основания метёлки отсутствует или очень слабая, колосковой чешуи - отсутствует или очень слабая, пыльников - отсутствует или очень слабая. Плотность колосков - средняя. Угол между главной осью и боковыми веточками средний. Положение боковых веточек слегка изогнутое. Количество первичных боковых веточек - мало. Время появления шёлка початка раннее. Антоциановая окраска шёлка слабая, влагалища листа - отсутствует или очень слабая. Длина главной оси выше нижней боковой ветви - очень длинная, выше верхней боковой ветви - средняя. Длина боковых ветвей средняя. Высота растения - высокое. Отношение высоты прикрепления верхнего початка к высоте растения большое. Ширина листовой пластинки - средняя. Форма початка слабоконическая. Длина початка - средняя, ножки початка - средняя. Диаметр початка - тонкий. Тип зерна промежуточный, ближе к зубовидному. Окраска верхней части зерна желтая, нижней - желтая. Антоциановая окраска стержня сильная. Средняя урожайность по Средневолжскому региону на зерно составила 73,8 ц/га (+3,5 ц/га), максимальная - 149,2 ц/га (Р.Мордовия, Старо-Синдровский ГСУ, 2020 г.).

Вегетационный период 108 дней. Влажность зерна 27,7 %.

Средняя урожайность по Нижневолжскому региону на зерно составила 40,9 ц/га (+4 ц/га), максимальная - 87,6 ц/га (Саратовская область, Самойловский ГСУ, 2020 г.).

Вегетационный период 98 дней. Влажность зерна 17,8 %.

Средняя урожайность по Дальневосточному региону на зерно составила 71,6 ц/га (+3,2 ц/га), максимальная - 126,7 ц/га (Хабаровский край, Вяземский ГСУ, 2021 г.).

Вегетационный период 113 дней. Влажность зерна 28,4 %.

Средняя урожайность по Центрально-Черноземному региону на силос составила 172,8 ц/га (+25 ц/га), максимальная - 400 ц/га (Липецкая область, Липецкая ГСИС, 2020 г.).

Вегетационный период 92 дня. Сухое вещество 34,4 %.

Средняя урожайность по Средневолжскому региону на силос составила 133,4 ц/га (22,3 ц/га), максимальная - 428,8 ц/га (Р.Мордовия, Старо-Синдровский ГСУ, 2020 г.).

Вегетационный период 98 дней. Сухое вещество 37,2%.

Средняя урожайность по Нижневолжскому региону на силос составила 78 ц/га (+6,3 ц/га), максимальная - 137 ц/га (Саратовская область, Самойловский ГСУ, 2020 г.).

Вегетационный период 83 дня, Сухое вещество 36,7 %.

Средняя урожайность по Дальневосточному региону на силос составила 136,2 ц/га (+19,4 ц/га), максимальная - 270 ц/га (Амурская область, Тамбовский ГСУ, 2021 г.).

Вегетационный период 89 дней. Сухое вещество 31,6 %.

- Автор(ы): ЛАСКИН РОМАН ВАЛЕРЬЕВИЧ; КОЛЬЦОВА ОКСАНА АЛЕКСЕЕВНА; НОВИЧИХИН АНДРЕЙ ПЕТРОВИЧ
- Характеристики:
 - Направление использования: универсальные(ый)
 - Срок созревания (гр. спелости): среднеранний

Допуск

- Номер заявки на допуск: 78318
- Заявители: ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ'
- Дата регистрации заявки на допуск: 24 июня 2019г.
- Год включения в реестр допущенных: 2022
- Регион(ы): Северо-Кавказский (6), Средневолжский (7), Нижневолжский (8), Дальневосточный (12)
- Регион(ы) на раннюю продукцию: ЦЧО (5), Северо-Кавказский (6), Средневолжский (7), Нижневолжский (8), Дальневосточный (12)
- Оригинатор(ы): ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ' (352320, КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, УСТЬ-ЛАБИНСКИЙ Р-Н, СТ. ЛАДОЖСКАЯ, УЛ. КОНШИНЫХ, 1Г)

Выписка из реестра ФГБУ "ГОССОРТКОМИССИЯ" на 11:31 18.10.2023

ЛД 2003

Общая информация

- Культура: Кукуруза (*Zea mays* L.)
- Группа: Зернокарманные
- Код сорта: 7953142
- Описание: Среднеранний простой модифицированный гибрид.
Включен в Госреестр по Центральному (3), Центрально-Черноземному (5), Средневолжскому (7), Нижневолжскому (8) и Уральскому (9) регионам на зерно и силос, по Западно-Сибирскому (10) и Дальневосточному (12) регионам на силос. Антоциановая окраска влагалища первого листа слабая-средняя, форма верхушки округлая. Лист средней ширины, слегка изогнутый, угол между пластинкой и стеблем средний, антоциановая окраска отсутствует или очень слабая. Искривленность стеблей отсутствует или очень слабая. Антоциановая окраска корней у стебля отсутствует или очень слабая. Время цветения метелки раннее, антоциановая окраска колосковой чешуи очень слабая-слабая, у основания - отсутствует или очень слабая. Плотность колосков средняя. Угол между главной осью и боковыми веточками средний. Боковые веточки слегка изогнутые, средние-длинные. Количество первичных боковых веточек среднее. Время появления шелка раннее-среднее, антоциановая окраска слабая. Главная ось метелки выше нижней боковой ветви средняя-длинная, выше верхней боковой ветви длинная. Растение очень высокое. Отношение высоты прикрепления верхнего початка к высоте растения малое-среднее. Початок средней длины, тонкий-средний, слабоконический, ножка короткая. Количество рядов зерен средне-много. Тип зерна промежуточный, ближе к зубовидному. Окраска верхней и нижней части зерна желто-оранжевая. Интенсивность антоциановой окраски стержня початка сильная. Средняя урожайность зерна по Центральному региону составила 53,6 ц/га, максимальная - 55 ц/га (Рязанская область, Александрово-Невский ГСУ, 2022 г.).
Вегетационный период 116 дней. Предуборочная влажность зерна 22,3%. Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы составила 143,2 ц/га, максимальная - 380 ц/га (Брянская область, Стародубский ГСУ, 2022 г.). Вегетационный период 107 дней. Содержание сухого вещества 30,1%.
Средняя урожайность зерна по Центрально-Черноземному региону составила 67,2 ц/га, максимальная - 116,5 ц/га (Воронежская область, Борисоглебский ГСУ, 2022 г.).
Вегетационный период 111 дней. Предуборочная влажность зерна 24,6%. Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы составила 142 ц/га, максимальная - 175,5 ц/га (Тамбовская область, Авдеевский ГСУ, 2022 г.).
Вегетационный период 88 дней. Содержание сухого вещества 35,3%.
Средняя урожайность зерна по Средневолжскому региону составила 68,1 ц/га,

максимальная - 104 ц/га (Пензенская область, Бековский ГСУ, 2021 г.). Вегетационный период 106 дней. Предуборочная влажность зерна 27,7%. Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы составила 125,9 ц/га, максимальная - 322,6 ц/га (Республика Мордовия, Старо-Синдровский ГСУ, 2021 г.). Вегетационный период 94 дня. Содержание сухого вещества 36,6%.

Средняя урожайность зерна по Нижневолжскому региону составила 50,3 ц/га, максимальная - 100,2 ц/га (Саратовская область, Пугачевский ГСУ, 2022 г.).

Вегетационный период 97 дней. Предуборочная влажность зерна 19,5%. Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы составила 98,6 ц/га, максимальная - 163,1 ц/га (Саратовская область, Пугачевский ГСУ, 2022 г.).

Вегетационный период 80 дней. Содержание сухого вещества 37%.

Средняя урожайность зерна по Уральскому региону составила 33,2 ц/га, максимальная - 54,3 ц/га (Оренбургская область, Илекский ГСУ, 2022 г.). Вегетационный период 109 дней. Предуборочная влажность зерна 27,2%. Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы составила 68,9 ц/га, максимальная - 109,9 ц/га (Курганская область, Куртамышский ГСУ, 2022 г.). Вегетационный период 80 дней.

Содержание сухого вещества 29,5%.

Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы по Западно-Сибирскому региону составила 79,2 ц/га, максимальная - 141,8 ц/га (Новосибирская область, Баганский ГСУ, 2022 г.). Вегетационный период 94 дня. Содержание сухого вещества 24%.

Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы по Дальневосточному региону составила 147,3 ц/га, максимальная - 212,6 ц/га (Хабаровский край, Амурский ГСУ, 2022 г.). Вегетационный период 88 дней. Содержание сухого вещества 28,9%.

- Автор(ы): ЛАСКИН РОМАН ВАЛЕРЬЕВИЧ; КОЛЬЦОВА ОКСАНА АЛЕКСЕЕВНА; НОВИЧИХИН АНДРЕЙ ПЕТРОВИЧ
- Характеристики:
 - Направление использования: универсальные(ый)
 - Срок созревания (гр. спелости): среднеранний

Допуск

- Номер заявки на допуск: 81054
- Заявители: ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ'
- Дата регистрации заявки на допуск: 18 июня 2020г.
- Год включения в реестр допущенных: 2023
- Регион(ы): Центральный (3), ЦЧО (5), Средневолжский (7), Нижневолжский (8), Уральский (9)
- Регион(ы) на раннюю продукцию: Центральный (3), ЦЧО (5), Средневолжский (7), Нижневолжский (8), Уральский (9), Западно-Сибирский (10), Дальневосточный (12)
- Оригинатор(ы): ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ' (352320, КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, УСТЬ-ЛАБИНСКИЙ Р-Н, СТ. ЛАДОЖСКАЯ, УЛ. КОНШИНЫХ, 1Г)

Выписка из реестра ФГБУ "ГОССОРТКОМИССИЯ" на 11:32 18.10.2023

ЛД 5888

Общая информация

- Культура: Кукуруза (*Zea mays* L.)
- Группа: Зернокармальные
- Код сорта: 7953143
- Описание: Позднеспелый простой гибрид.
Включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (б) региону на зерно и силос.
Антоциановая окраска влагалища первого листа слабая, форма верхушки округлая. Лист широкий, изогнутый, угол между пластинкой и стеблем средний-большой, антоциановая окраска отсутствует или очень слабая. Искривленность стеблей отсутствует или очень слабая. Антоциановая окраска корней у стебля очень слабая-слабая. Время цветения метелки позднее, антоциановая окраска колосковой чешуи и ее основания очень слабая-слабая. Колоски средние-плотные. Угол между главной осью и боковыми веточками средний. Боковые веточки изогнутые, длинные. Количество первичных боковых веточек среднее. Время появления шелка среднее-позднее, антоциановая окраска очень слабая. Главная ось метелки выше нижней боковой ветви длинная-очень длинная, выше верхней боковой ветви длинная. Растение высокое. Отношение высоты прикрепления верхнего початка к высоте растения малое-среднее. Початок средний-длинный, толстый, цилиндрический, длина ножки средняя-длинная. Количество рядов зерен много. Тип зерна зубовидный. Окраска верхней и нижней части зерна желто-оранжевая. Интенсивность антоциановой окраски стержня початка средняя-сильная.
Средняя урожайность зерна по Северо-Кавказскому региону составила 69,2 ц/га, максимальная - 109,4 ц/га (Ставропольский край, Новоалександровский ГСУ, 2021 г.).
Вегетационный период 117 дней. Предуборочная влажность зерна 24,2%. Средняя нормализованная урожайность сухого вещества силосной массы составила 193,2 ц/га, максимальная - 334,1 ц/га (Республика Адыгея, Гиагинский ГСУ, 2021 г.).
Вегетационный период 92 дня. Содержание сухого вещества 37,7%.
- Автор(ы): ЛАСКИН РОМАН ВАЛЕРЬЕВИЧ; КОЛЬЦОВА ОКСАНА АЛЕКСЕЕВНА; НОВИЧИХИН АНДРЕЙ ПЕТРОВИЧ
- Характеристики:
 - Направление использования: универсальные(ый)
 - Срок созревания (гр. спелости): поздний (позднеспелый)

Допуск

- Номер заявки на допуск: 81055
- Заявители: ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ'

- Дата регистрации заявки на допуск: 18 июня 2020г.
- Год включения в реестр допущенных: 2023
- Регион(ы): Северо-Кавказский (6)
- Регион(ы) на раннюю продукцию: Северо-Кавказский (6)
- Оригинатор(ы): ООО 'НПО 'СЕМЕНОВОДСТВО КУБАНИ' (352320, КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, УСТЬ-ЛАБИНСКИЙ Р-Н, СТ. ЛАДОЖСКАЯ, УЛ. КОНШИНЫХ, 1Г)