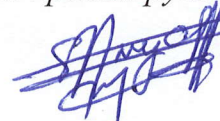


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И.Т. ТРУБИЛИНА»

*На правах рукописи*



Нижимбере Жилбер

**СЕЛЕКЦИЯ СРЕДНЕСПЕЛЫХ  
И ПОЗДНЕСПЕЛЫХ СОРТОЛИНЕЙНЫХ  
БЕЛОЗЕРНЫХ И ЖЕЛТОЗЕРНЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ**

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель, доктор с.-х. наук,  
доцент Супрунов Анатолий Иванович

Краснодар - 2023

|  |    |
|--|----|
| СОДЕРЖАНИЕ .....   | C  |
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 4  |
| ГЛАВА 1. МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКИ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ<br>КУКУРУЗЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ<br>(ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ) .....   | 9  |
| 1.1. Применение классического метода при создании линий в селекции<br>гибридов кукурузы.....   | 9  |
| 1.2. Технология создания автодиплоидных линий кукурузы.....  | 10 |
| 1.3. Гетерозис и его использование в селекции кукурузы .....   | 15 |
| 1.4. Комбинационная способность и ее применение в процессе селекции<br>кукурузы .....  | 18 |
| 1.5. Цитоплазматическая мужская стерильность в селекции и семеноводстве<br>кукурузы .....  | 21 |
| 1.6. Экологическая пластичность и стабильность гибридов кукурузы.....  | 23 |
| 1.7. Показатели засухоустойчивости в селекции кукурузы.....  | 27 |
| 1.8. Взаимосвязь между элементами структуры урожая кукурузы.....   | 32 |
| ГЛАВА 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ, УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ<br>ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДИКА ОПЫТА.....   | 36 |
| 2.1. Почвенно-климатические характеристики в годы проведения<br>исследований.....  | 36 |
| ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....  | 41 |
| 3.1. Морфобиологические признаки новых среднеспелых линий кукурузы   | 41 |
| 3.2. Морфобиологические признаки новых среднеспелых гибридов<br>кукурузы .....   | 43 |
| 3.3. Морфобиологические признаки новых позднеспелых белозерных и<br>жертозерных сортолинейных гибридов кукурузы .....                | 65 |
| 3.4. Зерновая продуктивность новых среднеспелых гибридов кукурузы в<br>условиях центральной зоны Краснодарского края .....           | 72 |
| 3.5. Зерновая продуктивность новых позднеспелых белозерных и<br>желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы в условиях Бурунди ..... | 75 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.6. Анализ общей и специфической комбинационной способности новых среднеспелых линий кукурузы.....  | 77  |
| 3.7. Оценка новых среднеспелых линий кукурузы по реакции на цитоплазматическую мужскую стерильность М – типа.....                              | 81  |
| 3.8. Экологическая пластичность и стабильность новых среднеспелых и позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы..... | 83  |
| ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ СРЕДНЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ.....  | 92  |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 95  |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....   | 100 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ.....  | 111 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Кукуруза - это злак, который играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности в большинстве стран мира. Ежегодный прирост населения сопровождается увеличением потребности в зерне кукурузы, что в свою очередь требует создания наиболее продуктивных сортов и гибридов кукурузы.

Чтобы достичь этого, селекционер должен создать новый исходный материал для получения гибридов, а также изучить его в различных агроэкологических зонах. Сегодня сельское хозяйство сталкивается с множеством проблем изменения климата, начиная от повышения температуры воздуха, засухи и изменения влажности воздуха. Все это является стрессом для кукурузы.

Селекция новых высокопродуктивных среднеспелых гибридов кукурузы, обладающих большим потенциалом зерновой и силосной продуктивности является важной народно-хозяйственной задачей.

В этой области создание исходного материала, изученного современными методами селекции, является ключом к достижению высоких результатов. Это позволяет создавать гибриды, которые не только высокопродуктивны, но и приспособлены к данным климатическим условиям.

Селекция позднеспелых сортолинейных гибридов кукурузы, обладающих высоким потенциалом зерновой продуктивности для стран Восточной Африки является важной задачей в решении продовольственной безопасности Африканского континента.

**Степень разработанности темы.** Основная цель любого селекционного проекта - создать высокоурожайные гибриды и сорта с хорошей зерновой продуктивностью, пластичностью и стабильностью. По площади возделывания товарной кукурузы и количеству гибридов кукурузы Краснодарский край является одним из основных регионов России. Значительную лепту в решении продовольственной безопасности страны по данному направлению вносит

ФГБНУ «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко»(НЦЗ им. П.П. Лукьяненко). В последние годы институтом были созданы гибриды, относящиеся к разным группам спелости. 63 гибридов кукурузы внесены в Государственный реестр селекционных достижений и районированы во всех зонах кукурузосеяния Российской Федерации, Киргизии и Республики Беларусь [10]. Все эти достижения - заслуга квалифицированных селекционеров, работающих в этом центре.

**Цель исследований** - создание высокопродуктивных среднеспелых гибридов кукурузы для выращивания в условиях Краснодарского Края и позднеспелых белозерых и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы для условий Восточной Африки.

**Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:**

1. изучить морфобиологические признаки новых среднеспелых линий и позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы;
2. изучить зерновую продуктивность новых среднеспелых и позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы;
3. определить общую и специфическую комбинационную способность новых среднеспелых линий кукурузы;
4. изучить реакцию новых среднеспелых линий кукурузы на ЦМС-М типа;
5. оценить экологическую пластичность и стабильность новых позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы в условиях Бурунди ;
6. изучить экономическую эффективность внедрения новых среднеспелых гибридов кукурузы в условиях Краснодарского края.

**Научная новизна.** Впервые в условиях центральной зоны Краснодарского края была проведена работа по селекции новых среднеспелых гибридов кукурузы, на основе новых линий полученных с использованием метода

гаплоидии. Были созданы высокоурожайные позднеспелые сортолинейные желтозерные и белозерные гибриды кукурузы из линий и сортообразов из Африки и генетической коллекции центра. Созданные сортолинейные желтозерные и белозерные гибриды кукурузы были испытаны в условиях Восточной Африки. С участием автодиплоидных линий и тестеров были отобраны линии с хорошей комбинационной способностью для использования в качестве будущих родителей в гибридном производстве.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** С участием новых автодиплоидных линий и тестеров были созданы высокоурожайные гибриды кукурузы, которые были изучены в условиях центральной зоны Краснодарского Края. Линейный материал будет использоваться в НЦЗ им. П. П. Лукьяненко для дальнейшей селекционной работы. Созданы высокоурожайные желтозерные и белозерные сортолинейные гибриды кукурузы для Восточной Африки.

**Степень достоверности и апробация работы.** Получен значительный объем данных, в результате полевых и лабораторных экспериментов за четыре года исследования, использованы различные экспериментальные методы в полевых условиях, проведена всесторонняя статистическая обработка, использованная для анализа собранных данных, которые подтверждают достоверность работы.

Результаты исследований были представлены на заседании методического совета кафедры генетики, селекции и семеноводства Кубанского государственного аграрного университета, на XLV Международной научно-практической конференции « Российская наука в современном мире » (Москва, 2022), в рамках Международной научно-практической конференции «Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур» (Краснодар, 24-26 мая 2022).

**Методология и методы исследований.** При планировании и выполнении нашей работы была использована литература по теории и практике при оценке нового исходного материала в селекции новых гибридов кукурузы. Данные

информационные ресурсы составили научные статьи, монографии и другие материалы.

Использовались как лабораторные, так и полевые методы, которые соответствуют требованиям, принятым в сельскохозяйственной сфере.

Полученные экспериментальные данные обработаны с помощью методов корреляционного, регрессионного и однофакторного дисперсионного анализа в изложении Б.А. Доспехова (1985). Комбинационную способность исходного материала определяли в системе топкроссных скрещиваний по методу В. К., Савченко(1966). Статистическую обработку данных проводили путём расчётов в Microsoft Excel и GEA-R, одного из пакетов программ, используемых в селекции и семеноводстве [39] и S.A. Eberhart, W.A. Russell(1966).

#### **Положения диссертационной работы, выносимые на защиту:**

1. Характеристика новых среднеспелых автодиплоидных линий кукурузы;
2. Характеристика новых среднеспелых и позднеспелых белозерных и желтозерных гибридов кукурузы по основным хозяйственно-ценным признакам;
3. Зерновая продуктивность новых среднеспелых, позднеспелых белозерных и желтозерных гибридов кукурузы;
4. Комбинационная способность новых среднеспелых линий кукурузы;
5. Реакция новых самоопыленных линий кукурузы на цитоплазматическую мужскую стерильность М - типа;
6. Экологическая пластичность новых среднеспелых и позднеспелых белозерных и желтозерных гибридов кукурузы по урожайности зерна;
7. Экономическая эффективность внедрения новых среднеспелых гибридов кукурузы в условиях Краснодарского края.

**Пуликации.** По результатам проведенных исследований было опубликовано 6 научных работ, 3 из них которых -в соответствии с требованиями ВАК РФ.

**Личный вклад автора.** Диссертационная работа выполнена лично автором, который принимал непосредственное участие в проведении научных экспериментов: постановке полевых опытов, получении первичных данных, их обработке и интерпритации. Автор благодарит научного руководителя, доктора сельскохозяйственных наук, заведующего отделом селекции и семеноводства кукурузы НЦЗ им. П.П. Лукьяненко, профессора кафедры генетики, селекции и семеноводства А.И. Супрунова за неоценимую помощь, советы и вклад в подготовку научных публикаций, написание и оформление текста диссертации.

**Структура и объем работы.** Диссертация изложена на 117 страницах. Работа состоит из 4 глав и приложения. Результаты исследований представлены в 25 таблицах и 31 рисунке. Список литературы состоит из 109 источников, 77 из которых относятся к работам иностранных авторов.



# **ГЛАВА 1. МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКИ ЛИНИЙ И ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

## **1.1. Применение классического метода при создании линий в селекции гибридов кукурузы**

Создание гибридов кукурузы (гибридизация) - впервые было проведено группой профессиональных селекционеров в США в начале 1900-х годов [76]. Проще говоря, гибрид кукурузы является результатом скрещивания одного растения кукурузы с другим генетически неродственным растением. Растение, несущее семя, называется материнским или семенным родителем, в то время как растение, дающее пыльцу для оплодотворения женского пола, называется отцовским или пыльцевым родителем. Другими словами, отцовская форма скрещивается с материнской формой для получения гибридных семян. Это семя имеет уникальный генетический состав от родителей и дает растение с особыми характеристиками.

Селекционеры производят отцовскую и материнскую форму каждого гибрида для получения потомства с определенными характеристиками, такими как урожайность зерна, устойчивость к болезням и вредителям, пищевая ценность и т. д. Именно эти уникальные гибридные семена фермеры будут сеять на своих полях [80].

Селекция гибридов кукурузы стала основной движущей силой успеха семеноводческих систем во всем мире, в основном благодаря хорошей адаптации и превосходной урожайности гибридов. В результате гибридной селекции была развита достаточная инфраструктура, в основном для производства семян, и были улучшены звенья цепочки поставок зерна [46].

Коммерческое производство гибридов кукурузы подтвердило полезность получения инбредных линий; однако поставка новых линий всегда была основным ограничением по времени в программах разведения [102].

В течение двадцатого века создание инбредных линий кукурузы зависело почти исключительно от шести-восьми поколений повторяющегося

самоопыления и селекции для достижения желаемого уровня гомозиготности [63]. Принцип основан на цикле селекции из естественных или искусственно созданных популяций, представляющих новые качества. У этого цикла двойная цель. С одной стороны, это вопрос идентификации растения, несущего интересующие признаки и, с другой стороны, фиксации этих признаков путем последовательного самоопыления до полной гомозиготности генотипов. Для этого требуется не менее 8-10 поколений самоопыления. Затем получают новые линии, содержащие желаемые признаки.

На протяжении этой фазы отбор будущих родителей гибридов осуществляется постепенно и на двух уровнях: 1) индивидуума на предмет «собственного значения», 2) его потомства при скрещивании с линией или простым гибридом, получается комплементарная генетическая группа (общий тестер), способная демонстрировать хорошую жизнеспособность гибридов.

Несмотря на использование межсезонных поколений, которые сейчас прочно закрепились в логистике заводчиков, инбредные линии традиционно производились селекционерами и исследователями путем самоопыления гетерозиготных генотипов от 5 до 6 поколений. Этот метод дорогостоящий и требует много времени.

## **1.2. Технология создания автодиплоидных линий кукурузы**

Гаплоидные растения кукурузы впервые были описаны Рэндольфом [90]. Спонтанное присутствие гаплоидных растений в популяции кукурузы известно давно. Их низкая частота встречаемости у разного потомства, которая колеблется от 0,5 до 2%, исключает использование системы селекции. Чейз сообщил о 0,1% спонтанной индукции гаплоидов у кукурузы и указал, что гаплоиды можно использовать для селекция линий в процессе гибридной селекции [ 47].

Это явление также может быть вызвано *in vitro* или *in vivo*, и были протестированы различные методы для индукции развития гаплоидов.

В сегодняшнюю эпоху двойная гаплоидная технология предлагает самый быстрый и эффективный способ производства полностью гомозиготных линий

для программ селекции кукурузы. Это позволяет воспроизводить гомозиготные инбредные линии за один год против 3-4 лет инбридинга с использованием обычного метода периодического отбора с использованием сезонных питомников.

Остаточная гетерозиготность общих инбредных линий может иногда задерживать регистрацию сорта растений, в то время как полная гомозиготность двойных гаплоидных линий делает их очень удобными для регистрации / защиты сорта, поскольку они соответствуют критериям отличимости, однородности и стабильности. Развитие гаплоидного растения, гаплоидизация, может иметь два источника: ядро зародышевого мешка, следовательно, женское, мы говорим о гиногенезе, и ядро пыльцевого зерна, следовательно мужское, мы говорим об андрогенезе.

Сообщения о гиногенезе *in vitro* у кукурузы относятся к 1982 и соответствует культуре неоплодотворенных яйцеклеток. Он успешно применяется к ряду культивируемых видов: ячменя [69], пшеницы, риса [44]. Для кукурузы получение гаплоидных растений с помощью этого метода представляется затруднительным [90].

Культивирование пыльников или культура микроспор на стадии, предшествующей первому митозу пыльцы, или культура отдельных микроспор позволяла гаплоидное производство линий кукурузы. С тех пор многие лаборатории проявили интерес к развитию этого метода, но прогресс ограничен из-за сильного ответа генотип-зависимых пыльников при культивировании кукурузы *in vitro*.

Гаплоидные растения обычно стерильны. Первым шагом в развитии линии ДН является удвоение хромосом гаплоидных клеток ( $n$ ), приводящее к диплоидным клеткам с идентичными наборами хромосом ( $2n$ ). Следовательно, успешная программа ДН должна иметь надежные и эффективные средства производства гаплоидов [102].

Успехи продуцирования двойных гаплоидов связаны с различными факторами, такими как стадия развития частей цветка, питательная среда, генотип, условия роста родителей-доноров и обнаружение гаплоидов [33].

Для восстановления их фертильности необходимо восстановить диплоидное состояние материнских клеток микроспор (мужские гаметофиты) и макроспор (женские гаметы). Это диплоидизация. Эта операция проводится во время деления клеток, обычно с использованием «митоблокирующих» или митокластических агентов, таких как колхицин. Во время митоза в присутствии колхицина ингибируется образование хроматического веретена, по которому мигрируют хромосомы двух будущих клеток. Образуется одна клетка, объединяющая продукты митоза, поэтому в ней вдвое больше хромосом. Две серии  $n + n$  идентичны зиготе.

Таким образом, удвоенный гаплоид (HD) является гомозиготным *sensu stricto*, и фиксированная линия, получается в одном поколении полового размножения. Прасанна и др. (2012) описали, что, хотя колхицин является наиболее часто используемым ингибитором митоза, есть много других типов, которые можно использовать и которые менее токсичны, включая гербициды, такие как пронамид, АРМ, трифлуралин и оризалин. Эти альтернативы, вероятно, не стали стандартизированными из-за противоречивых результатов. Например, было показано, что эти гербициды являются эффективными удвоителями хромосом [88].

Однако скорость спонтанной индукции гаплоидов изначально была слишком низкой и не удовлетворяла потребности заводчиков. Гораздо более высокая скорость индукции (до 2,3%) была получена при скрещивании с инбредной линией Stock6. С тех пор показатели индукции еще больше увеличились за счет разработки новых индукторов.

Гаплоиды можно отличить от диплоидов на основе фенотипических маркеров или различий в характеристиках растений на взрослой стадии [107,108]. Melchinger и др. указали, что идентификация гаплоидов на стадии посевного материала или раннего прорастания лучше подходит для

крупномасштабного производства линий ДН, так как удвоение хромосом с помощью митотических ингибиторов, применяется на ранней стадии прорастания [82].

Когда индуктор скрещивают с растением-донором кукурузы, потомство разделяется на диплоидный ( $2n$ ) и гаплоидный ( $n$ ) классы. Однако гаплоиды все еще содержат нормальный триплоидный эндосперм, что обеспечивает правильное прорастание. Цветовой маркер антоциана R1-nj (навахо) широко используется для идентификации гаплоидов, и все используемые в настоящее время гаплоидные индукторы имеют ген R1-nj [109]. Т.о., и эндосперм, и зародыш диплоидных зерен обнаруживают эту пигментацию, тогда как гаплоидные семена обнаруживают пигментацию только в эндосперме, при этом зародыш остается белым [60].

С появлением Stock 6 и после десятилетий усовершенствований индукторы с более высокой степенью индукции гаплоидов сделали материнскую систему удвоенных гаплоидов *in vivo* пригодной для крупномасштабного производства кукурузы [77].

Исследовательские программы создали улучшенные индукторы материнских гаплоидов *in vivo* на основе Stock 6, включая RWS, KEMS, WS14 и MHI, среди многих других с более высокими показателями индукции гаплоидов. Эти индукторы (используемые как родитель-отец) скрещиваются с генотипом или популяцией донора (используются как родитель-мать), что в настоящее время приводит в среднем к 8% гаплоидному потомству [101].

Ванус и др. (2017) использовали другой маркер антоцианов, наблюдаемый как красное/пурпурное окрашивание корней, P11 (Фиолетовый1), поскольку гаплоид показывает бесцветные или белые корни, тогда как диплоиды показывают красные/пурпурные корни [102]. Однако, в зависимости от генетического фона исходного генотипа, генетический фон гаплоидный индуктор и факторы окружающей среды, экспрессия цветового маркера R1-nj может значительно варьировать [72, 64].

Чайкам и др. (2015) также сообщили, что полное подавление R1-nj генами доминирующих ингибиторов окраски (C1-I) часто встречается (~ 30%) [45]. Таким образом, важно связать маркер с другими методами, такими как морфологические (длина семян, ширина и толщина в мм) и молекулярные маркеры [60]. Лю и др. (2016) сообщили, о наличии других методов, таких как определение содержания масла (ядерный магнитный резонанс-ЯМР), спектроскопия в ближней инфракрасной области и определение веса зерен для определения гаплоидов и диплоидов зрелых ядер, и предположили, что содержание масла является наиболее надежным и точным при хранении. У эмбриона гаплоидные ядра будут содержать меньше масла по сравнению с диплоидными ядрами [77].

Важно отметить, что технология удвоения гаплоидов стала важным способом, используемым в современных селекционных программах по всему миру для получения большого количества качественного селекционного материала кукурузы. В России практическое использование метода гаплоиндукции в производстве гибридов кукурузы было начато в отделе селекции и семеноводства кукурузы ФГБНУ "НЦЗ им. П.П. Лукьяненко", где впервые была разработана и внедрена технология массового создания дигаплоидных линий кукурузы на основе собственных гаплоиндукторных линий, созданных селекционной группой под руководством М.В. Чумака [8].

Благодаря эффективным гаплоиндукторам ЗМК и их модификациям (ЗМК-1У, ЗМК-3, ЗМК-5), созданных Шацкой О.А. на основе маркерных генов цвета зерна R1-nj, которые характеризуются высокой частотой гаплоиндукции (10-15%) в НЦЗ им. П.П. Лукьяненко ежегодно создавалось 400-1000 дигаплоидных линий кукурузы [30,29,31].

На сегодняшний день в Государственном реестре селекционных достижений зарегистрировано 13 гибридов кукурузы, созданных на основе дигаплоидных линий и относящихся к различным группам спелости [31]. Применение метода гаплоиндукции в селекционных программах отдела

кукурузы этого центра также позволило за двадцать пять лет селекционной работы создать восемьдесят стерильных аналогов тридцати линий кукурузы на основе ЦМС типа М и С [1].

### **1.3. Гетерозис и его использование в селекции кукурузы**

Гетерозис относится к наиболее важным биологическим явлениям. Его коммерческое использование значительно повысило валовый сбор урожая сельскохозяйственных культур и скота. Первые сообщения об этом явлении появились более 100 лет назад, заложив основу для современной селекции гибридов не только кукурузы, но и других культур, имеющих экономическую ценность. Это послужило толчком для изучения генетических механизмов этого уникального явления и разработки теоретической модели [105].

Первое использование гетерозиса в сельскохозяйственной практике было осуществлено на кукурузе (*Zea mays*). Термин гетерозис был введен Шуллером. Гетерозис определяется как разница между гибридным значением одного признака и средним значением двух родителей для одного и того же признака [54]. В 1920 году начались исследования по этому феномену. В 1924 году были проданы первые партии семян гибридной кукурузы, и в ее производстве начался активный переход от открытых опыляемых сортов к гибридам [54].

Гетерозис (сила гибрида) - это увеличение размера, роста, плодовитости и урожайности потомства по сравнению с родителями. Халлауэр и Миранда (1988) показали, что гетерозис зависит от генетической дивергенции двух родительских разновидностей; также генетическая дивергенция родителей была выведена из гетеротических паттернов, проявляющихся в серии перекрестных комбинаций [85]. Гетерозис - это явление, при котором гибрид  $F_1$  двух генетически непохожих родителей демонстрирует превосходство над средним родителем по количеству измеримых признаков. Он работает как основной инструмент для улучшения производства сельскохозяйственных культур в виде гибридов  $F_1$ .

Селекционеры широко использовали гетерозис для повышения урожайности многих культур. Следовательно, генетические исследования могут обеспечить основу для использования ценных гибридных комбинаций в будущих программах селекции и их коммерческого использования. Кукуруза (*Zea mays*) была одной из первых культур, которая извлекла выгоду из силы гетерозиса путем выведения дочерних гибридов ( $F_1$ ), демонстрирующих превосходную силу роста растений и урожайность зерна [69].

Производители гибридной кукурузы успешно выращивают кукурузу в различных областях. Некоторые исследователи сообщили о наличии гетерозиса в значительных количествах для урожая зерна и его различных компонентов в различных популяциях кукурузы  $F_1$ .

Tollenaar и др. (2004) оценили гетерозис у гибридов кукурузы и их родительских инбредных линий по урожайности зерна и его компонентам и сообщили о гетерозисе в 167% по урожайности зерна и 85% по другим признакам и 53% по индексу урожая. Гетерозис у кукурузы в основном влияет на следующие признаки: высота растения, положение початка, размер листьев, интенсивность образования хлорофилла, размер и сила корневой системы, устойчивость к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям, размер и количество зерен, ширина и длина початка, размер и разветвленность метелки, а также пыльцеобразовательная способность.

Инбредные растения могут расти несколько медленнее, чем соответствующие гибриды, но раннее и позднее цветение является обычным количественным, а не гетеротическим признаком, при этом раннеспелость полностью или частично доминирует. Цвет растения и ядра показывает типичное менделевское качественное или количественное поведение.

Степень гетерозиса в отдельных случаях может быть самой разной. Например, аборигенная кукуруза Южной Америки обычно демонстрирует очень выраженное уменьшение размера початка первого инбредного поколения, в то время как высота растения может не пострадать в такой же степени.



Гетерозис относится к феномену, при котором гибридное потомство  $F_1$  демонстрирует фенотипические характеристики, которые превосходят средние значения для двух родителей (средний-родительский гетерозис) или лучшие из двух родителей (лучший родительский гетерозис). Хотя гетерозис со средним родителем интересен с научной точки зрения, он имеет относительно небольшое экономическое значение [108].

Лучший родительский гетерозис является основной причиной широкого использования гибридов у многих сельскохозяйственных видов, и мы сосредоточим наше обсуждение на этом явлении. Уровень гетерозиса может быть определен количественно по конкретным признакам. «Гетерозис как таковой» для определенного признака количественно определяется как фенотип гибрида минус фенотип лучшего родителя; в последствии «процент гетерозиса» рассчитывается как гетерозис как таковой, деленный на лучший из родительских фенотипов. Часто родители гетеротического потомства являются инбредными. В этом случае количественная оценка гетерозиса отражает как жизнеспособность гибридов, так и восстановление от депрессии инбридинга [108].

Тайна гетерозиса исследовалась более века, но лежащий в основе механизм остается недостаточно понятным. Одной из гипотез гетерозиса является модель «доминирования», предполагающая, что сила гибрида  $F_1$  является результатом доминирующего дополнения многих рецессивных, слегка вредоносных аллелей в разных локусах в родительских геномах [47].

Эта гипотеза была подтверждена Янгом и его соавторами путем полногеномной идентификации вредных мутаций и доказала, что доминантная комплементация вредных аллелей способствует формированию гетерозиса [108].

Вторая гипотеза гетерозиса - преобладание, что гетерозиготность в отдельном локусе вызывает превосходящий фенотип по сравнению с любым гомозиготным состояниями. Существует несколько генов, поддерживающих доминирование в сельскохозяйственных культурах [90]. Развитие молекулярных маркеров и технологий секвенирования следующего поколения позволило провести

масштабные исследования картирования в геномном масштабе всех основных сельскохозяйственных культур. Эти анализы, основанные на разделении популяций, очень часто происходящих только от двух родителей, позволили проанализировать генетическую архитектуру гетерозиса, в основном сосредоточившись на урожайности зерна [98].

#### **1.4. Комбинационная способность и ее применение в процессе селекции кукурузы**

В программах селекции кукурузы селекционеры всегда сталкиваются с проблемой, как определить, а не как получить лучшие инбредные линии, которые демонстрируют лучшую способность комбинирования. Первоначально наиболее часто используемой процедурой было тестирование  $n(n-1)/2$  комбинаций  $n$  инбредных линий, но эта процедура стала трудоемкой, поскольку количество линий с годами увеличивалось. Другой подход заключался в использовании «общего тестера» для оценки набора инбредных линий. Однако, выбор подходящего тестера остается основным предметом обсуждения при оценке инбредных линий и улучшении популяции.

Селекционеры также сталкиваются с дилемой проведения комбинированного теста на ранней стадии или в конце производственного процесса получения инбредной линии. Для некоторых инбредных линий этот тест необходимо проводить заранее, чтобы продолжить работу с наиболее перспективными линиями. Другие, однако, утверждают, что раннее тестирование дороже, чем тестирование в конце процесса инбридинга для линий, которые прошли искусственный отбор.

Инбредные линии можно использовать не только в качестве строительных материалов для создания новых гибридов кукурузы с высоким гетерозисом, но и для улучшения признаков гибридов [6, 21]. Понятие комбинации является очень важным в селекции растений и животных, особенно полезным в контексте "тестовых" процедур, в которых желательно изучить и сравнить признаки линий в гибридной комбинации. Специалисты по селекции в настоящее время различают два

типа комбинационной способности – общую (ОКС) и специфическую (СКС). Это разделение было впервые предложено американскими учеными Г.Ф. Спрагом и Л.А. Тайтумом в 1942 году [98].

По словам этих ученых, термин «общая комбинационная способность» используется для обозначения средней производительности линии в гибридной комбинации, в то время как термин «специфическая комбинирующая способность» используется для обозначения случаев, в которых определенные комбинации работают относительно лучше или хуже, чем можно было бы ожидать, исходя из средней производительности рассматриваемых линий.

На общую комбинационную способность (ОКС) в основном влияют аддитивные генные эффекты. Термин «аддитивный» означает, что конкретный фенотип кодируется более чем одним геном. Следовательно, несколько генов способствуют выражению такого фенотипического признака. Эффекты аддитивных генов не связаны ни с какой формой доминирования. Следовательно, гетерозиготная особь всегда предполагает промежуточный фенотип по отношению к родителям. Например, скрещивание высокого растения с коротким приведет к получению растения средней высоты.

Со статистической точки зрения, ОКС является основным эффектом, а СКС - эффектом взаимодействия [4]. Специфическая способность комбинирования обычно используется для селекции гибридов с лучшими характеристиками, и, в отличие от ОКС, на СКС влияют неаддитивные генные эффекты.

Неаддитивные генные эффекты являются результатом взаимодействия между доминированием и эпистатическим действием генов.

Слепер и Полман [100] утверждали, что уровень доминирования у потомства может варьироваться от частичного до сверхдоминирования по отношению к среднему значению его родителей. Однако общая дисперсия в популяции в основном зависит от генетической дисперсии, дисперсии окружающей среды или генотипа из-за взаимодействия с окружающей средой. Из приведенных выше определений очевидно, что объединяющая способность линий по основным характеристикам

оценивается путем изучения набора сконструированных потомков в хорошем дизайне испытаний, сопровождаемого статистическим анализом.

Кроме того, отбор родителей на способность к объединению проводится путем выращивания и оценки потомства [78].

С развитием биометрической генетики было предложено несколько методов для оценки комбинационной способности. Из них можно отметить метод топ-кросса, предложенный Дэвисом [56], метод поликросса, предложенный Тисдалом и другими, и триаллельное скрещивание Роулингса и Кокерхэма [169].

В рамках программ по селекции кукурузы важно оценить общую комбинационную способность (ОКС) и специфическую комбинационную способность (СКС) для выявления выдающихся инбредных линий с хорошей специфической комбинационной способностью. Анализ также предоставляет информацию о типе действия гена, контролирующего количественные признаки, тем самым помогая селекционерам выбрать подходящие родительские линии [35, 59].

Рохас и Спраг [98] заявили, что ценность инбредной линии в коммерческом производстве гибридной кукурузы определяется двумя факторами: характеристикой самой линии в отношении урожайности, пыльцеобразовательной способности, устойчивости к болезням и т.д. и поведение линии в гибридных комбинациях. С годами концепция комбинационной способности приобретает все большее значение не только для кукурузы, но и для других культур.

Правильная селекционная программа дает возможность производить высокоурожайные сорта и гибриды различных культур. Однако, для разработки значимой селекционной программы необходима информация о характере действий генов, контролирующих урожайность, и признаков, влияющих на урожай. Знание генетической архитектуры персонажей необходимо для принятия соответствующей процедуры разведения. Такие знания побуждают селекционеров вырабатывать новые коммерческие сорта сельскохозяйственных культур.

Информация о вариациях, связанных с генетическими различиями, а также о взаимосвязи между различными количественными признаками имеет

фундаментальное значение для программы улучшения сельскохозяйственных культур. Исследования комбинационной способности более надежны, поскольку они предоставляют полезную информацию для выбора родителей с точки зрения продуктивности гибрида. Это помогает понять природу действия генов конкретного родителя. Эта информация также полезна селекционеру для выбора пар родителей в гибридных комбинациях.

### **1.5. Цитоплазматическая мужская стерильность в селекции и семеноводстве кукурузы**

Растения не способные производить функциональные пыльцевые зерна, называются стерильными с мужской стерильностью. Мужское бесплодие может быть обусловлено ядерными или цитоплазматическими генами. Если признак стерильности наследуется неменделирующим образом, он обозначается как цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС).

Типы ЦМС у кукурузы были первоначально идентифицированы на основе различных моделей восстановления фертильности в полевых исследованиях. Кукуруза (*Zea mays* L.) имеет три основные типа цитоплазмы с мужской стерильностью: два типа ЦМС были обнаружены ранее ; это ЦМС -Т (Техас) и ЦМС -S (USDA). Третья основная категория, ЦМС-С (Charua), была определена Беккетом [49].

Системы ЦМС в сельскохозяйственных культурах были использованы с целью полной реализации явления гетерозиса. Цитоплазматическая мужская стерильность широко практикуется в гибридизации и семеноводстве кукурузы. Цитоплазматическая мужская стерильность называется цитоплазматической мужской стерильностью, поскольку она передается потомству на протяжении многих поколений только по материнской линии.

У кукурузы мужская стерильность представлена фенотипически отсутствием мужских пыльников на метелке или наличием нежизнеспособной пыльцы в пыльниках.

В селекции кукурузы используется более 130 различных источников ЦМС [10,4], в том числе тexasский (Т), боливийский (Б), как один из аналогов тexasского типа, молдавский (М) и си (С), обнаруженные в бразильском сорте *Charrua* [3], были широко использованы в практической селекции.

Три комплементарных доминантных гена, взаимодействующих с митохондриями, Rf1 и Rf2 у ЦМС Т-типа, Rf1 и Rfvar у В-типа, Rf3 у М-типа и Rf4, Rf5 и Rf6 у С-типа, определяют цитоплазматический тип материнского растения [49, 4]. В настоящее время в практической селекции используются ЦМС М- и С-типа.

Цитоплазматическая мужская стерильность Техаса (ЦМС-Т или Т цитоплазма) кукурузы интенсивно изучается с момента ее открытия в 1940-х годах. Это наиболее экологически стабильная система для производства гибридных зерен кукурузы, и поэтому она доминировала в семеноводстве кукурузы в США и других странах на протяжении 1960-х годов.

У кукурузы ЦМС-Т мужское бесплодие характеризуется отсутствием выпячивания пыльников и прерыванием пыльцы, неспособностью пыльцы развиваться. ЦМС-Т кукурузы широко изучался, в первую очередь из-за его широкого использования в производстве гибридных семян его уникальной восприимчивости к болезням. В течение почти двух десятилетий, 1950-х и 1960-х, ЦМС -Т использовался в производстве гибридов, чтобы избежать ручного или механического удаления метелок. Он был популярен среди семеноводов, поскольку являлся надежным и стабильным источником ЦМС для производства семян. В 1969 и 1970 годах грибковое заболевание, известное как южный ожог листьев кукурузы, которое вызывается расой Т *Bipolaris maydis* (ранее известное как *Helminthosporium maydis* race Т), имело масштабы эпидемии в Южном и кукурузном поясе США [138].

Производство коммерческих семян гибридов кукурузы требует использования трех линий: линии А (родительская форма F), обладающей цитоплазматической мужской стерильностью; линии В (поддерживающая линию А), изогенная по отношению к линии А, но несущая нормальную (N) цитоплазму и, следовательно, являющаяся мужской фертильностью; и линии R, несущей необходимый

восстановитель генов фертильности (обозначенная Rf) и служащей мужским родителем F. Линия A образуется путем обратного скрещивания линии с мужской фертильностью с другой линией, несущей ЦМС. У одного или обоих этих родителей должен отсутствовать необходимый ядерный ген Rf [103].

Это создает новую пару линий A и B. Линия R формируется путем обратного скрещивания генов Rf с желаемым мужским родителем гибрида F. В промышленных масштабах семена F получают путем выращивания чередующихся рядов (4-6) линии A ЦМС -Т, мужской стерильной, женской фертильности, с одним или двумя рядами линии R с мужской фертильностью. Гибридные семена F собирают с линии A [103].

### **1.6. Экологическая пластичность и стабильность гибридов кукурузы**

Одной из основных задач селекции кукурузы всегда было повышение урожайности семян как способ увеличения продуктивности. Лучшее знание генетического детерминизма урожайности семян может помочь селекционерам контролировать генетический прогресс урожая [41]. Однако, урожай кукурузы определяется генотипом и воздействием окружающей среды, а также взаимодействием «генотип – среда» [541, 42].

В селекции растений очень важны эффекты взаимодействия «генотип-среда», параметры пластичности и стабильности, потому что каждый сорт обладает присущей способностью реагировать на изменения окружающей среды [94].

Таким образом, идентификация генотипов с высоким продуктивным потенциалом, широкой пластичностью и стабильностью является одной из основных целей селекционных программ кукурузы [54].

Основным недостатком при выборе генотипов с высокой урожайностью в различных средах является взаимодействие «генотип – среда». Сильное взаимодействие может затруднить селекцию, поскольку генотипы, которые хорошо работают в одной среде, могут не работать так же хорошо в другой.

Следовательно, селекционная ценность должна оцениваться в разных средах, чтобы снизить вероятность получения неверных результатов селекции или рекомендаций. Следовательно, помимо высокой урожайности, новые гибриды

должны обладать стабильностью урожайности и приспособляемостью или особой пригодностью для целевых регионов. В этом отношении большой вклад внесли исследования параметров пластичности и стабильности, предоставив информацию о поведении каждого генотипа в различных условиях окружающей среды [57].

Кукуруза, как и многие другие полевые культуры, обычно демонстрирует значительные различия в производительности при использовании в различных условиях. Этот феномен известен как взаимодействие «генотип – среда». Это взаимодействие очень важно при анализе результатов серии сортовых экспериментов с точки зрения оценки стабильности и адаптивности генотипов.

Следовательно, это взаимодействие необходимо оценивать до внедрения новых сортов, которые разрабатываются для широкого коммерческого использования, а также при внедрении хорошо известных сортов в новые условия окружающей среды.

По словам Дювика [47], новые отобранные гибриды нацелены на поддержание высокого и стабильного урожая в широком диапазоне сред. Эти новые гибриды можно успешно идентифицировать при тестировании в различных средах.

Пластичность этих гибридов - долгосрочная процедура, требующая тестирования во многих местах, чтобы быть рекомендованными для конкретных областей [88]. Как сообщает Ян и его соавторы [35], в нескольких экологических испытаниях каждый генотип представляет урожай, на который влияют среда, генотип и их взаимодействие.

Поведение гибридов кукурузы в ответ на производственные и экологические факторы можно описать с точки зрения адаптивности или надежности урожая. Кукуруза производится в различных экологических условиях. Агроэкологические факторы можно разделить на две основные группы: климатические факторы (температура, свет, осадки, относительная влажность воздуха) и эдафические факторы (связанные с почвой). Несогласованные генотипические реакции на факторы окружающей среды, такие как температура, влажность почвы, тип почвы



или уровень плодородия от места к месту и из года в год, являются функцией взаимодействия «генотип – среда» [47].

Это явление также упоминалось в многочисленных отчетах как причина генетической нестабильности и плохой продуктивности некоторых высокоурожайных сортов [35]. Поэтому селекционеры обычно рассматривают взаимодействие генотипа с окружающей средой как один из основных факторов, влияющих на эффективные рекомендации по сорту.

Значения индекса наследуемости компонентов урожая кукурузы были представлены Халлауэром и Мирандой [63], которые обнаружили, что количество рядов питомников было компонентом урожайности, наименее подверженным влиянию условий окружающей среды.

Было обнаружено, что процент выхода зерна с початка (соотношение массы зерна и початков) был стабильным показателем гибрида, который не был изменен местоположением. Влияние факторов среды на индекс урожая исследовали Вульчинков и др. (1995) [103], которые обнаружили, что год оказывает наибольшее влияние. Другие авторы также сообщили, что на урожайность зерна и массу тысячи зерен влияла среда, которая изменялась не только по месту, но и по году.

Дорнеску (1979) обнаружил, что место и год имеют существенное влияние на проявление гетерозиса. Среди компонентов урожайности длина початка была изучена Павличичем (1973) и оказалась более зависимой от температуры и влажности, чем от генотипа. Таким образом, анализ его вклада в испытания на нескольких участках важен при оценке различных сортов, прежде чем они будут рекомендованы фермерам, живущим в различных агроэкологических зонах [35]. Метод Эберхарта и Рассела (1966) использует параметры «коэффициент регрессии» ( $\beta_{1i}$ ) для оценки адаптивности генотипа и «отклонение регрессии» ( $\sigma^2_{di}$ ) для оценки стабильности, которая указывает на предсказуемость генотипов к изменениям в окружающей среде [93].

Рекомендации по сортам кукурузы, основанные на методе Эберхарта и Рассела, успешно применялись рядом авторов [95, 93, 85, 88]. Например, селекция

превосходного гибрида с раннеспелой способностью и высокой урожайностью, следовательно, возможен только при наличии информации о взаимодействии «генотип – среда».

Тестирование в нескольких средах (ТНС) является критическим этапом селекции гибридов перед коммерческим выпуском превосходных гибридов. ТНС проводится для анализа взаимодействия гибрида - среда и селекции стабильных гибридов для широкой среды или для селекции адаптивных гибридов для конкретной среды. Оценка урожая в различных агроклиматических условиях и году во время мультиэкологических испытаний влияет на фенотипическую стабильность конкретных генотипов.

В тестах НТС, проводимых на протяжении нескольких лет, важно оценивать генетический прогресс (ГП). Один из способов оценить ГП - это измерить эффективность предыдущих и текущих сортов в одном и том же тесте или те, которые оцениваются генотипическими методами в разных исследованиях. На эти смещенные средние влияют различные условия окружающей среды и эксперименты, которые могут скрывать истинное значение фактического ГП.

Селекция генотипа с высокой урожайностью в различных средах затруднена из-за сложных ответов культуры, о чем свидетельствует несоответствие ее ранга в разных местах. Следовательно, идентификация причинных факторов среды взаимодействия генотипов важна для определения целей разведения, идеального местоположения теста среды многолокации и выбора региональных адаптивных генотипов.

Среди последних методов - анализ АММІ (основные аддитивные эффекты и мультипликативное взаимодействие) [76]. Это позволяет более детально оценить взаимодействие генотипа с окружающей средой и дает возможность легкой графической интерпретации результатов. Применение этого анализа для оценки сортов кукурузы можно найти в работе Миранда и др. (2009) [85].

По мнению последних авторов, метод АММІ относительно прост, позволяя изучать фенотипическую стабильность и генотипическое поведение сортов, а также

делать выводы о степени расхождения между оцениваемыми сортами. Помимо этих методов использовался метод смешанных моделей.

Подход на основе смешанных моделей для анализа тестовых экспериментов в различных средах получил широкое распространение. Метод рассматривает ошибки, коррелированные в пределах местоположения, предоставляет генетические значения, уже не учитывающие нестабильность, и позволяет производить выбор по трем атрибутам одновременно (урожайность, стабильность и адаптивность). Мендес и его соавторы [11] использовали этот метод для оценки 45 сортов кукурузы в 49 средах. Автор пришел к выводу, что благодаря характеристикам метода он подходит для использования в программах селекции кукурузы.

Традиционные методы изучения адаптивности и стабильности были успешно использованы при рекомендации сортов кукурузы. Однако работы с использованием более современных методов, таких как АММІ и смешанные модели, при оценке гибридов кукурузы немногочисленны и требуют дальнейшего изучения.

### **1.7. Показатели засухоустойчивости в селекции кукурузы**

Кукуруза (*Zea mays* L.) - один из важнейших зерновых культур в мире, но глобальное изменение климата по-разному сказывается на производстве кукурузы. У кукурузы мужские и женские цветки расположены на одном растении кукурузы (однодомное); но они расположены на разных участках растения. Цветение, подготовка к цветению и размножение очень чувствительны к экстремальным климатическим факторам [88].

Среди абиотических факторов засуха является одним из основных факторов окружающей среды, ограничивающим урожайность сельскохозяйственных культур [65] за счет изменения роста, физиологии и метаболизма растений [70] в основном во многих развивающихся странах засушливых и полусушливых регионов мира [81]. Урожайность зерна кукурузы определяется многими факторами, такими как высота растения, старение листьев, пыльцеобразовательная способность, интервал цветения- метелок и початков и количество початка на растение. Недостаток воды -

одна из основных причин снижения урожайности кукурузы, от которой страдает большинство возделываемых регионов мира.

Когда нехватка воды происходит до цветения, это оказывает чрезвычайно вредное влияние на цветение, таким образом, выход рылец из початка задерживается и вызывает удлинение интервала цветения-початка [74]. У кукурузы основным эффектом водного стресса является задержка цветения початка, что приводит к увеличению интервала цветения- початка, что является важной причиной неурожая [84] и неполного или нулевого озернения, а также снижения или нулевого развития зерен.

Засуха - самая серьезная причина снижения урожайности сельскохозяйственного производства во всем мире. Снижение урожайности зерна, вызванное засухой, колеблется от 10 до 76% в зависимости от серьезности и стадии возникновения. Традиционная засушливая селекция создала значительные сложности при выращивании кукурузы и привела к снижению урожайности. Когда во время цветения применялся водный стресс, и наблюдалось увеличение на 73 кг/га год при легком стрессе [100]. Этот сценарий требует включения в зародышевую плазму кукурузы признаков засухоустойчивости и устойчивости к жаре, чтобы компенсировать прогнозируемые потери урожая и поддерживать урожайность кукурузы на уязвимых участках.

Один из возможных способов обеспечить будущие потребности в продовольствии растущего населения мира должен включать более эффективное использование воды за счет выращивания устойчивых к засухе сортов, которым требуется меньшее количество воды и большая устойчивость сельскохозяйственных культур к засухе [48].

За счет внедрения гибридов кукурузы, которые более устойчивы к водному стрессу, можно снизить риск, связанный с доступностью воды, повысить стабильность урожайности и, таким образом, стабилизировать производство кукурузы во всем мире. Несколько больший прирост урожая зерна в условиях засухи было отмечено Арболедой-Риверой и Комптоном (1974), когда массовый отбор

проводился в засушливый период, а не в сезон дождей. Они также отметили большой прирост урожайности в условиях хорошего полива от урожая, сделанного в сезон дождей. Инициатива по созданию засухоустойчивой кукурузы для Африки - один из таких проектов, который сосредоточен на разработке зародышевой плазмы кукурузы, устойчивой к засухе. Разработка улучшенной зародышевой плазмы для удовлетворения потребностей будущих поколений в свете изменения климата и роста населения является наиболее важной, особенно когда более 1/4 земли в мире является засушливой и около 1/3 обрабатываемых земель в мире находится в условиях нехватки воды.

В этом случае урожай можно увеличить в условиях стресса засухи, манипулируя «адаптивными характеристиками», ограничивающими урожай в условиях стресса. Размер метелки является одной из таких черт, поскольку пыльцеобразующая способность действует как конкурентная опора при стрессе, а более крупная метелка оказывает высокое апикальное доминирование за счет развития початка, что снижает урожай зерна [81]. Селекция в условиях засухи по сравнению с селекцией в не стрессовых условиях часто считалась менее эффективной из-за снижения наследуемости урожайности зерна в стрессовых условиях [41].

Селекция на предотвращение вреда от засухи за счет более раннего созревания может сыграть решающую роль в том, будет ли кукуруза приносить какой-либо урожай, особенно в районах с очень коротким вегетационным периодом.

Однако при достаточном количестве осадков урожайность обычно положительно коррелирует с поздним созреванием у определенных однолетних культур, таких как кукуруза, сорго и подсолнечник, поэтому отбор на ранний срок, чтобы избежать дефицита почвенной влаги, часто означает более низкую урожайность в годы адекватного водоснабжения.

Вероятно, наиболее широко используемая стратегия - это отбор урожая в нестрессовых условиях, а затем оценка этого селекции на многих участках с переменной доступностью влаги. Этот подход основан на предположении, что гены

засухоустойчивости присутствуют в элитном высокоурожайном материале даже после того, как количество генотипов было сужено до нескольких генотипов, оцениваемых при случайном стрессе, и что отбор в оптимальных условиях выращивания может также повысить продуктивность в гибридах [40].

Третий подход - проверить зародышевую плазму на урожайность и / или родственные признаки в стрессовых условиях засухи [52]. За счет внедрения гибридов кукурузы, которые более устойчивы к водному стрессу, можно снизить риск, связанный с доступностью воды, повысить стабильность урожайности и, таким образом, стабилизировать производство кукурузы во всем мире.

Несколько больший прирост урожая зерна в условиях засухи был отмечен Арболеда-Ривера и Комптон (1974), когда массовый отбор проводился в засушливый период, а не в сезон дождей. Они также отметили больший прирост урожайности в условиях хорошего полива от урожая, сделанного в сезон дождей.

Путем оценки кукурузы в условиях водного стресса во время цветения можно определить генотипы кукурузы, способные поддерживать короткий интервал цветения - початков и обеспечивать урожай зерна выше среднего. Этот подход обычно используется СИММУТ для улучшения и развития засухоустойчивых популяций кукурузы, инбредных линий и гибридов.

Другие критерии выбора, в дополнение к урожайности зерна и интервалу цветения- початков, могут включать количество початков на растение, внешний вид початка (визуальная оценка качества), дату цветения, скручивание листьев, скорость старения листьев и размер метелки.

В связи с этим были проведены многочисленные исследования, направленные на улучшение урожайности в условиях водного стресса, которые привели к значительным достижениям.

В последние годы для основных продовольственных культур было предложено и проанализировано несколько методов оценки и критериев селекции, основанных на статистическом анализе, для оценки реакции генотипов сельскохозяйственных культур на водный стресс (таблица 1), большинство из

которых связано с урожайностью зерна [55, 56, 98, 75]. Таким образом, было выбрано несколько критериев отбора по засухоустойчивости.

Таблица 1. Критерии выбора засухоустойчивости

| Критерии селекции                      | формула                                 | Авторы                        |
|--|---|-------------------------------|
| DSI (Индекс восприимчивости к засухе)  | $DSI = (1 - GYd/GYw)/(1 - GYmd/GYmw)$   | Фишер и Маурер (1978) [56]    |
| TOL (Стрессоустойчивость)              | $TOL = GYw - GYd$                       | Розиэль и Хэмблин (1981) [92] |
| MP (Средняя продуктивность)            | $MP = (GYw + GYd)/2$                    | Розиэль и Хэмблин (1981) [92] |
| CD (Коеф. засухоустойчивости)          | $CD = GYd/GYw$                          | Блюм (1984) [51]              |
| DI (Индекс засухоустойчивости)         | $DI = GYd \times (GYd/GYw)/GYmd$        | Лан (1998) [75]               |
| GMP (Среднее геометрическое)           | $GMP = (GYd \times GYw)^{1/2}$          | Фернандес (1992) [51]         |
| STI (Индекс стрессоустойчивости)       | $STI = (GYw/GYmw)(GYd/GYmd)(GYmd/GYmw)$ | Фернандес (1992) [55]         |
| YRR (Коэффициент снижения урожайности) | $YRR = 1 - (GYmd/GYmw)$                 | Голестани и Асад (1998) [62]  |

Где  $GYd$  - средняя урожайность сорта в стрессовых условиях,  $GYw$  - средняя урожайность того же сорта в нестрессовых условиях,  $GYmd$  - средняя урожайность всех сортов в стрессовых условиях, а  $GYmw$  - средняя урожайность всех сортов в нестрессовых условиях.

Действительно, еще в 1978 году Фишер и Маурер определили индекс восприимчивости к засухе для оценки засухоустойчивости яровой пшеницы [56], а затем Розиэль и Хамблин (1981)[92] предложили уравнения в качестве критерия селекции для определения устойчивости к стрессу на основе средней урожайности (MP) и стрессоустойчивость (TOL) в стрессовой и нестрессовой среде.

До 1984 г. формула коэффициента засухоустойчивости (CD), предложенная Блюмом (1984) [40], часто использовалась для оценки стрессоустойчивых генотипов из-за ее простого и удобного расчета. Впоследствии Лан (1998) [75] и Фернандес (1992) [51] определили новые индексы засухоустойчивости (DI) и индексы

стрессоустойчивости (STI), которые были общепринятыми для определения генотипов, обеспечивающих высокую урожайность как в стрессовых, так и в нестрессовых условиях.

Очевидно, что по сравнению с критериальным коэффициентом засухоустойчивости (CD), индекс засухоустойчивости (DI) и индекс стрессоустойчивости (STI) учитывают не только способность генотипов хорошо расти в стрессовых условиях, но и хорошие показатели в нестрессовых средах. Таким образом, они определяют материалы, которые совместимы со стрессовыми и оптимальными условиями, чтобы получить сорта, которые могут выдерживать длительные интервалы между поливами или, возможно, не поливать на чувствительных стадиях роста [106].

Сложность урожайности зерна, вызванная значительным взаимодействием генотип-сезон и генотип-местоположение, затрудняет выбор стрессоустойчивых генотипов, а вариации в потенциале урожайности могут возникать из-за факторов, связанных с адаптацией, а не с засухоустойчивостью как таковой. Для объективной оценки генотипов и повышения точности селекции необходимо измерять вторичные признаки, а также урожай зерна.

У кукурузы вторичные признаки, связанные с засухоустойчивостью, включают колосья на растении, интервал цветения-початка, скручивание листьев, размер метелки и сохранение зеленого цвета; все они могут быть использованы для предварительной оценки и также генетически связаны с урожайностью зерна в условиях засухи, а также являются генетически изменчивыми и высоко наследуемыми [67].

### **1.8. взаимосвязь между элементами структуры урожая кукурузы**

Рассмотрение биоморфологических признаков в селекции является одним из основных способов получения высококачественных гибридов кукурузы. Существующие связи между признаками оцениваются с помощью фенотипических, генотипических и экологических корреляций. Фенотипическая корреляция имеет генетические и экологические причины, в то время как



генетические корреляции представляют ассоциации наследственного характера, поэтому они могут быть использованы для управления селекционными программами. В селекционных программах очень важно определить значимость признаков, которые прямо или косвенно влияют на урожайность зерна.

Однако признаки, представляющие интерес для селекционеров, являются сложными и возникают в результате взаимодействия ряда компонентов. Любое изменение в конкретном признаке может привести к изменениям в другом признаке.

Понимание взаимосвязи между урожайностью и ее компонентами имеет первостепенное значение для наилучшего использования этих взаимосвязей в селекции [96]. Знание ассоциации компонентов урожая и их признаков, а также связь между компонентами урожая позволяют повысить эффективность селекции кукурузы [89].

Анализ корреляции и коэффициента пути может помочь при определении признаков, которые могут быть использованы для улучшения такого сложного признака, как урожайность. Хотя коэффициенты корреляции используются для количественной оценки величины и направления факторов, влияющих на детерминацию сложных признаков, они не позволяют делать выводы о причинах и выводить тип взаимодействия, управляющий парой признаков.

Такие исследования сами по себе не позволяют сделать выводы о прямых и косвенных влияниях на такой важный признак, как урожайность. Поэтому исследования, касающиеся последствий коэффициента корреляции, проводятся с помощью анализа путей.

Метод анализа пути, разработанный Райтом (1929), все чаще используется для определения наилучших критериев селекции в биологических и агрономических научно-исследовательских работах [104]. Он позволяет четко интерпретировать прямое влияние одной переменной на другую, а также влияние других переменных на эту связь.

Следовательно, можно детально узнать влияние признаков, участвующих в ранее заданной схеме, а также обосновать существование положительных и

отрицательных корреляций, высокой и низкой величины, между изучаемыми признаками [94]. Он дает возможность разделить корреляции на прямые и косвенные эффекты, а также провести различие между корреляцией и причинно-следственной связью.

Оценки коэффициента пути полезны для понимания вклада и роли, которые играют различные признаки растений в формировании модели роста и поведения сельскохозяйственных культур в определенной среде [44]. Анализ путей был использован в работе по улучшению сахарной кукурузы [50] и попкорна. Для улучшения результатов селекции желательно иметь положительные значимые корреляции между урожайностью и агрономическими характеристиками, которые способствуют повышению урожайности. Масса початка и урожай зерна имеют высокую и положительную корреляцию, что означает, что отбор на более тяжелые початки кукурузы будет способствовать повышению урожая зерна.

Эль-Шуни и др. (2005) указали, что первичный отбор по признакам, которые положительно коррелируют с урожайностью, таким как высота растений и масса початка, длина и диаметр початка, способствует высокому потенциалу урожайности одного растения у кукурузы. По мнению Круза и других (2004), признаки с высокой положительной корреляцией, но низким прямым эффектом, показывают, что лучшей стратегией должна быть одновременная селекция признаков с выделением признаков, косвенные эффекты которых значительны.

Исключительно важно выявить признаки, оказывающие более сильное прямое влияние на благоприятное направление селекции, среди признаков с высокой корреляцией с основной переменной для селекционных целей. для целей селекции, чтобы ответная реакция, коррелирующая через косвенный отбор была эффективной.

Исследования Октем (2008) показали, что масса одного початка и длина початка оказывают сильное положительное влияние на урожайность зерна[86].

Количество рядов зерен имело положительный прямой эффект на зерно у гибридов кукурузы одного скрещивания.

Исследования Ахмада и Салима (2003) показали, что количество рядов зерен имеет прямое влияние на урожай зерна с одного растения. Компонентом урожая с самым высоким прямым влиянием на урожай зерна из нескольких признаков, изученных Рафиком и др. (2010) у кукурузы, была масса 1000 семян. Другие характеристики, такие как количество рядов зерен и длина початка, также имеют прямое влияние. Было установлено, что диаметр початка, а затем длина початка оказывают наибольшее косвенное влияние на урожайность зерна.

В процессе селекции сельскохозяйственных растений очень важно применение соответствующих критериев селекции. Однако, на значимость выявленных взаимосвязей между урожайностью и компонентами урожая могут влиять различные факторы, такие как разнообразие наблюдаемой гермоплазмы, признаки, включенные в анализ, условия, в которых изучается материал, и статистический подход, применяемый для определения характера самих взаимосвязей [74].

## ГЛАВА 2. ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ, УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И МЕТОДИКА ОПЫТА

### 2.1. Почвенно-климатические характеристики в годы проведения исследований

В центральной части Краснодарского края проводились исследования по созданию и испытанию новых среднеспелых гибридов кукурузы. Почвы в регионе представляют собой выщелоченный черноземный суглинок с низким содержанием гумуса.

Гранулометрический состав почвенного профиля однороден, с частицами глины 64-72 % и частицами ила 3,8-4 %. Содержание глинистых частиц в этой почве колеблется в пределах 64-72 %. Метеорологические данные за вегетационный период показывают, что в 2019 году выпало 329,5 мм осадков, а в 2020 году - 189,6 мм; в 2021 году - 316,4 мм, а в 2022 году - 235 мм.

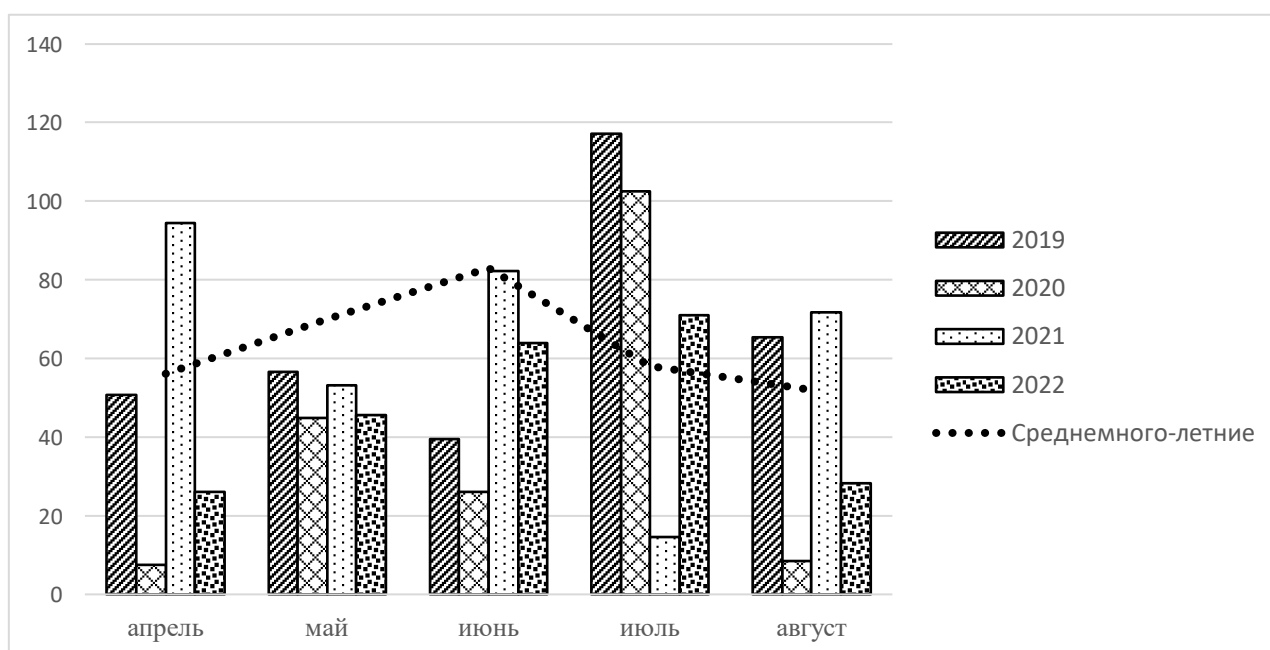


Рисунок 1. Количество осадков за вегетационный год по данным метеопоста НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (2019-2022 гг.)

Из рисунка видно, что количество осадков в течение вегетационного периода было ниже среднего многолетнего значения в мае и июне во все три исследуемых года.

В 2019 году в апреле, мае и июне выпало меньше осадков, чем по среднемуголетним показателем.

В этом году много осадков выпало в июле (117,3 мм) и августе (65,4 мм).

Осадков в 2020 году было недостаточно осадков во все месяцы вегетационного периода, за исключением июля, где количество осадков было выше среднего многолетнего значения. В апреле и августе выпало минимальное количество осадков.

В 2021 году в апреле, июне и августе количество осадков было больше среднего многолетнего значения по всем месяцам, в то время как в остальные месяцы вегетационного периода количество осадков было в среднем ниже многолетнего значения.

В 2022 году в июле выпало относительно много осадков по сравнению со средним многолетним значением, ожидаемым в этом месяце, в то время как все остальные месяцы характеризовались количеством осадков ниже среднего многолетнего значения по данным месяцам.

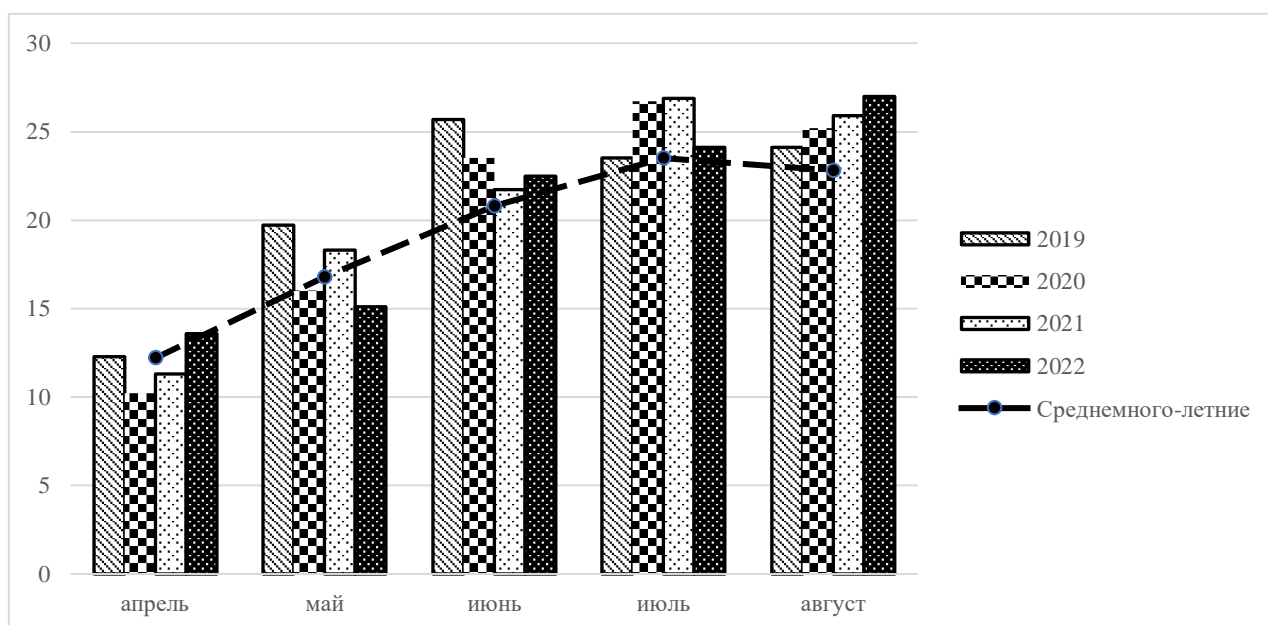


Рисунок 2. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный год по данным метеопоста НЦЗ им. П.П. Лукьяненко (2019-2022 гг.)

Данные среднесуточной температуры воздуха на этом рисунке показывают, что для 2019 года многолетняя среднесуточная температура была выше многолетней суточной температуры. Высокие температуры в этом году наблюдались в мае и июне.

В 2020 году в июне, июле и августе среднесуточная температура была выше среднего многолетнего значения. В 2022 году, за исключением мая, для которого характерна среднесуточная температура немного ниже средней многолетней, остальные месяцы характеризуются высокими температурами по сравнению со средней многолетней. Исследования по испытанию новых позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы были проведены в Восточной Африке, в Бурунди в периоде 2020-2021 гг. Испытания новых позднеспелых сортолинейных гибридов кукурузы проводились в трех агроэкологических зонах.

Таблица 2. Агроэкологические зоны и основные климатические характеристики, Бурунди.

| Экологическая зона    | Среднегодовые осадки, мм | Средняя температура, °C | Средняя высота над уровнем моря, м |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Конго-Нильский хребет | 1800                     | 22°C                    | 2200                               |
| Центральные лотки     | 1400                     | 19,5°C                  | 1400                               |
| Впадина Кумосо        | 1325                     | 21,5°C                  | 1250                               |

Данные агроэкологические зоны расположены на высоте от 1250 до 2200 м над уровнем моря, а температура воздуха находится в пределах от 19,5 до 22°C. В них выпадает в среднем от 1325 до 1800 мм осадков.

Почвы хребта Конго-Нил характеризуются отсутствием гумусового горизонта, кислой природой с высокой токсичностью алюминия. Почвы центральных плато отличаются неоднородным плодородием. Это богатые аллювиальные почвы, плохо дренируемые и подверженные эрозии из-за отсутствия защиты на холмах. Почва во впадинах Кумосо является красной в высокогорных участках и желтой на склонах, в то время как каолисолы встречаются у долин. Долины также содержат тропические коричневые почвы. Почвы, как правило, постоянно эксплуатируются, что приводит к их бедности питательными веществами [108]. Дождливый сезон составляет 9 месяцев, а сухой три месяца [89].

## 2.2. Материал и методика проведения исследований

При создании новых среднеспелых гибридов кукурузы было использовано двенадцать новых автодиплоидных линий кукурузы гетерозисной группы iodent: 1533/2, 1533/7, 1533/14, 1533/16, 1533/19, 1533/25, 1533/38, 1533/40, 1533/52, 1533/53, 1533/54, 1533/70.

Для оценки комбинационной способности новых среднеспелых линий кукурузы были привлечены 3 тестера: линии Кр 16 МВ, Кр 070 МВ и КР 1330/6 МВ гетерозисной группы Lankaster.

Было создано 36 гибридных комбинаций с использованием новых линий и тестеров. В 2019-2020 годах морфобиологические признаки новых среднеспелых линий изучались в селекционном питомнике НЦЗ, а зерновая продуктивность новых среднеспелых гибридов была изучена в контрольном питомнике НЦЗ. Площадь делянок составляла 9,8 м<sup>2</sup>, повторность была трехкратной. Уборка урожая проводилась с помощью машины Wintersteiger Quantum.

С целью создания новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы, были использованы сортообразцы из Уганды: СТ3/2/СМ2395①, МЛ/4/5/НЛ/2136②, КО1403/1368-7-1/СМЛ444③, 100/99СМЛ444/543④, ММЛ97/543⑤, 313/318312СМЛ/88NmL⑥, популяции Бурунди 1 и Бурунди 2 и белозерная популяция из Анголы.

Для создания позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы были привлечены сортообразцы из генетической коллекции центра: К-1, К-2, К-3, К-4, К-5, К-6, К-7, К-8, К-9, К-10 и желтозерная популяция из Анголы.

С участием линий и популяции было создано 8 белозерных сортолинейных и 10 желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы.

Морфобиологические признаки и урожайность зерна сортолинейных гибридов кукурузы были изучены в 2020-2021 годах на опытных станциях Института сельскохозяйственных наук в разных пунктах Бурунди. Местный сорт Isega был использован в качестве стандарта для белозерных сортолинейных гибридов кукурузы. Сорт Espoir был использован в качестве стандарта для желтозерных сортолинейных гибридов.

Экспериментальные данные обрабатывали с помощью корреляционного, регрессионного и однофакторного дисперсионного анализа по Доспехову (1985) [7]. Комбинационную способность исходного материала определяли в системе скрещивания топкросс по методу Савченко [22]. Экологическую пластичность и стабильность новых гибридов кукурузы оценивали по методу, разработанному S.A. Eberhart и W.A. Russell [49]. Статистическая обработка данных проводилась путем расчетов в Microsoft Excel и GEA-R, одним из пакетов программ, используемых в селекции и семеноводстве [37].



## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1. Морфобиологические признаки новых среднеспелых линий кукурузы

При селекции новых гибридов кукурузы очень важно изучение морфологических признаков. Высота растений и высота прикрепления - очень важные признаки. Высота растений не только облегчает уборку кукурузы, но и влияет на полегаемость растений. Полегаемость растений приводит к снижению урожайности, а также к ухудшению качества кукурузы и продуктов из нее.

В нашей работе данные признаки изучались с 2019 по 2020 год. Результаты представлены на рисунке 3.

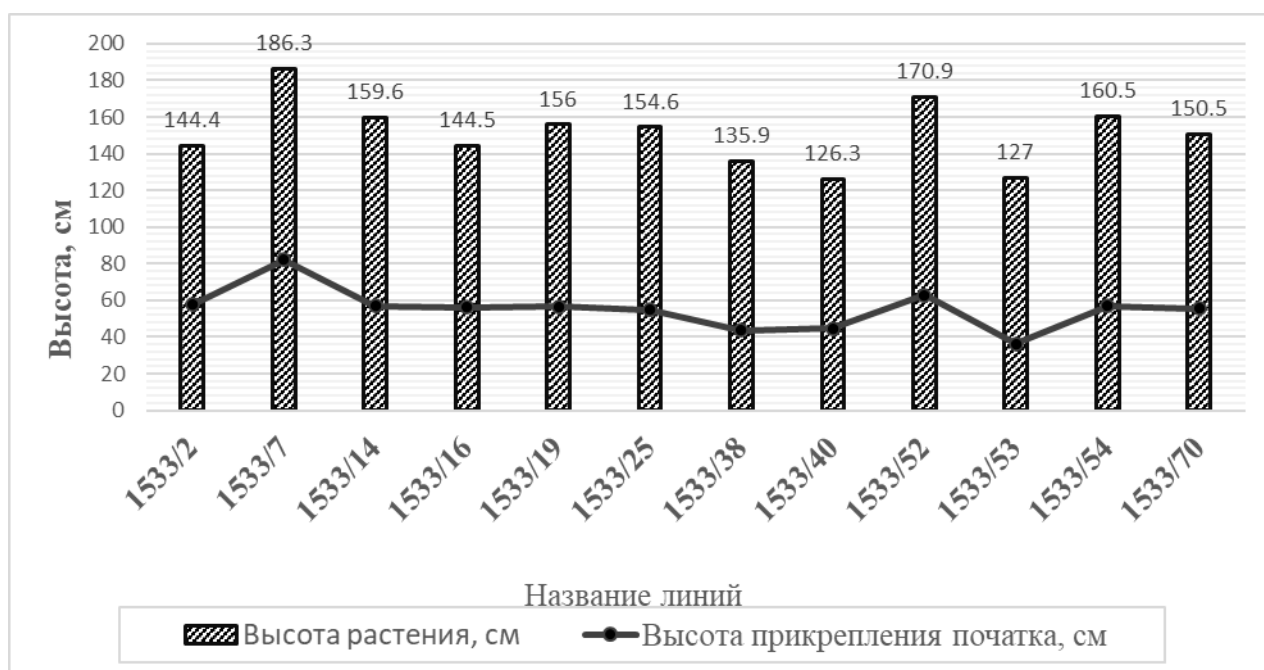


Рисунок 3. Высота растений и высота прикрепления початка новых среднеспелых линий кукурузы, Краснодар, 2019-2020 гг.

Результаты, представленные на рисунке, показывают, что новые автодиплоидные линии в целом характеризовались высотой растений в пределах от 126,3 до 186,3 см. Минимальная высота отмечена у линии 1533/40, а максимальная - у линии 1533/7. Большинство линий имели высоту менее 150 м. Высота прикрепления початка зависит от высоты растения. При большой высоте растения початки также крепятся на большой высоте. В нашем исследовании максимальная высота

прикрепления початка была обнаружена у линии 1533/7 (82,1 см), а минимальная высота прикрепления початка у линии 1533/53 (36,2 см).

Урожайность зерна является функцией элементов структуры урожая. Элементами урожайности первого порядка являются количество початков на растении, количество зерен в початке и масса 1000 зерен. Эти компоненты иногда называют первичными компонентами, они оказывают прямое влияние на конечный урожай, а также косвенное влияние через более поздние компоненты урожая [53].

Элементами урожайности, которые можно считать компонентами второго порядка или вторичными, - это те, которые оказывают косвенное влияние на урожайность через их влияние на компоненты первого порядка. В таблице 3 представлены результаты изучения новых автодиплоидных линий кукурузы по элементам структуры урожая.

Таблица 3. Элементы структуры урожая новых автодиплоидных линий кукурузы, Краснодар, 2019-2020 гг.

| Название линий   | Длина початка, см | Диаметр початка, см | Кол-во рядов, шт | Кол-во зерен на ряд, шт | Масса 1000 зерен, г |
|------------------|-------------------|---------------------|------------------|-------------------------|---------------------|
| 1533/2           | 17,5              | 3,7                 | 14,8             | 27,2                    | 280                 |
| 1533/7           | 16,6              | 4,1                 | 13,8             | 24,1                    | 340                 |
| 1533/14          | 15,8              | 3,6                 | 13,2             | 23,8                    | 360                 |
| 1533/16          | 14,4              | 3,3                 | 14,2             | 29,1                    | 360                 |
| 1533/19          | 14,5              | 3,7                 | 14,0             | 20,9                    | 380                 |
| 1533/25          | 15,9              | 3,2                 | 12,8             | 19,9                    | 320                 |
| 1533/35          | 16,7              | 3,3                 | 13,6             | 26,6                    | 240                 |
| 1533/38          | 13,3              | 3,5                 | 15,2             | 23,9                    | 260                 |
| 1533/40          | 11,1              | 3,2                 | 14,0             | 16,4                    | 280                 |
| 1533/52          | 14,3              | 3,5                 | 13,2             | 22,0                    | 300                 |
| 1533/53          | 16,2              | 3,6                 | 13,0             | 21,1                    | 340                 |
| 1533/54          | 17,3              | 3,7                 | 12,3             | 25,3                    | 340                 |
| 1533/68          | 13,7              | 3,0                 | 12,3             | 22,8                    | 260                 |
| 1533/70          | 15,6              | 4,3                 | 13,9             | 28,3                    | 320                 |
| Среднее по опыту | 15,2              | 3,5                 | 13,6             | 23,7                    | 312,9               |

Результаты, представленные в таблице, показывают, что початки новых линий кукурузы характеризуются средней длиной 15,2 см и диаметром 3,5 см. Количество рядов у них составляет 13,6, количество зерен в ряду - 23,7, а масса 1000 зерен - 312,9 г.

### 3.2. Морфобиологические признаки новых среднеспелых гибридов кукурузы

Изучение морфологических характеристик имеет большое значение в процессе селекции гибридов кукурузы.

Число листьев - это общее количество листьев, образовавшихся на растении кукурузы во время вегетации. Помимо агрономических технологий, на число листьев кукурузы в итоге в основном влияют климатические факторы [21]. Данный признак был изучен у новых среднеспелых гибридов. В таблице 4 показаны результаты изменчивости этого признака в период с 2020 по 2022 год.

Таблица 4. Число листьев у новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, среднее за 2020-2021 гг..

| Линия     | Тестер   |           |           | Среднее |
|-----------|----------|-----------|-----------|---------|
|           | Кр 16 МВ | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2    | 18,1     | 18,5      | 18,0      | 18,2    |
| 1533/7    | 19,0     | 19,6      | 19,4      | 19,3    |
| 1533/14   | 16,9     | 17,8      | 17,0      | 17,2    |
| 1533/16   | 18,1     | 18,2      | 18,1      | 18,1    |
| 1533/19   | 18,0     | 19,1      | 18,7      | 18,6    |
| 1533/25   | 17,7     | 18,0      | 17,6      | 17,8    |
| 1533/38   | 18,0     | 17,7      | 18,0      | 17,9    |
| 1533/40   | 18,4     | 18,2      | 17,5      | 18,0    |
| 1533/52   | 18,8     | 18,7      | 17,1      | 18,2    |
| 1533/53   | 17,8     | 18,1      | 17,2      | 17,7    |
| 1533/54   | 17,1     | 18,2      | 17,9      | 17,7    |
| 1533/70   | 17,7     | 17,4      | 17,2      | 17,4    |
| Хср, см.  | 18,0     | 18,3      | 17,8      | 18,0    |
| Хmin, см. | 16,9     | 17,4      | 17,0      | 17,1    |
| Хmax, см. | 19,0     | 19,6      | 19,4      | 19,3    |
| S         | 0,6      | 0,6       | 0,7       | 0,6     |
| CV, %     | 3,4      | 3,3       | 4,0       | 3,6     |

Результаты в этой таблице показывают, что количество листьев у гибридов, созданных с участием автодиплоидных линий и тестера Кр 16 МВ, находились в пределах от 16,9 до 19,0 листьев (CV= 3,4 %). Минимальное количество листьев отмечено у гибрида 1533/14 X Кр 16 МВ, а максимальное - у гибрида 1533/7 X Кр 16 МВ.

У гибридов, полученных при комбинации автодиплоидных линий и тестера Кр 070 МВ, количество листьев находилось в пределах от 17,4 до 19,6 (CV = 3,3 %). Минимальное количество листьев наблюдалось у гибрида 1533/70 X Кр 070 МВ, а максимальное - у гибрида 1533/7 X Кр 070 МВ.

У гибридов, созданных из линий и тестера 1330/6 МВ, количество листьев варьировалось от 17 до 19,4 (CV= 4 %). Минимальное количество листьев было обнаружено у гибрида 1533/14 X 1330/6 МВ, в то время как максимальное количество листьев было обнаружено у гибрида 1533/7 X 1330/6 МВ.

В целом, высокое среднее количество листьев было отмечено у гибридов, созданных с участием линии 1533/7 с тестерами, в то время как низкое среднее количество было обнаружено у гибридов, созданных с участием линии 1533/14. Новые среднеспелые гибриды характеризуются  $18 \pm 0,6$  листьями. Результаты распределения новых гибридов кукурузы по количеству листьев представлены на рисунке 5.

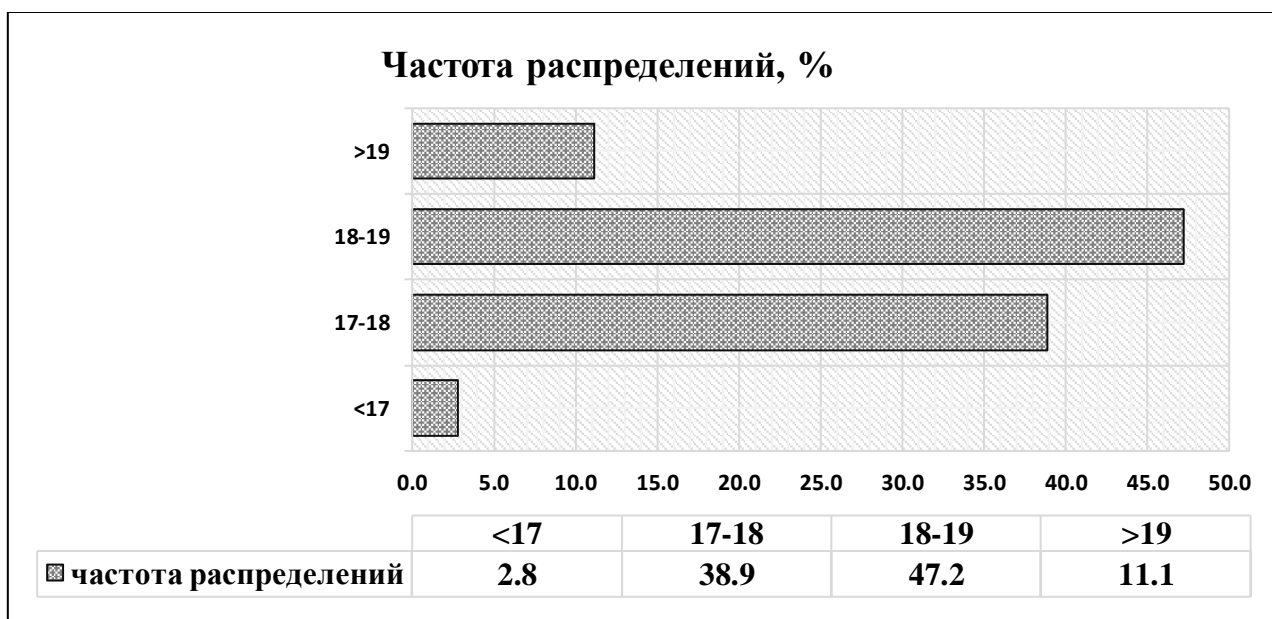


Рисунок 5 - Распределения новых гибридов кукурузы по количеству листьев среднее за 2020-2021 гг.

Результаты, представленные на рисунке, показывают, что только 2,8 % новых среднеспелых гибридов имели меньше 17 листьев, 38,2 % - от 17 до 18 листьев, 47,2 % - от 18 до 19 листьев и только 11,1 % имели более 19 листьев.

Результаты в целом показывают, что более 86 % гибридов кукурузы в данном исследовании имели количество листьев от 17 до 19 листьев.

**Высота растений.** Результаты исследований ряда селекционеров показали, что существует определенная связь между высотой растений и многими другими признаками, влияющими на продуктивность гибридов кукурузы. Поскольку существует прямая связь с высотой расположением початков, высокая высота растений также затрудняет уборку кукурузы, особенно при ручной уборке.

Результаты по высоте растений позволили нам сравнить гибриды на основе линий и тестеров, которые участвовали в их создании. В таблице 5 представлены результаты изучения новых среднеспелых гибридов кукурузы по этому признаку.

Таблица 5. Высота растений новых среднеспелых гибридов, Краснодар, 2020-2021 гг..

| Линия                  | Тестер   |           |           | Среднее |
|------------------------|----------|-----------|-----------|---------|
|                        | Кр 16 МВ | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2                 | 198,8    | 184,0     | 179,4     | 187,4   |
| 1533/7                 | 218,6    | 203,5     | 207,1     | 209,7   |
| 1533/14                | 190,6    | 186,7     | 166,3     | 181,2   |
| 1533/16                | 193,1    | 205,6     | 153,8     | 184,2   |
| 1533/19                | 203,5    | 202,5     | 167,8     | 191,3   |
| 1533/25                | 192,1    | 203,5     | 170,2     | 188,6   |
| 1533/38                | 181,3    | 187,7     | 184,6     | 184,5   |
| 1533/40                | 195,6    | 202,0     | 181,5     | 193,0   |
| 1533/52                | 200,3    | 215,0     | 185,8     | 200,4   |
| 1533/53                | 208,4    | 195,6     | 190,0     | 198,0   |
| 1533/54                | 201,6    | 209,0     | 200,5     | 203,7   |
| 1533/70                | 195,4    | 177,7     | 196,0     | 189,7   |
| Х <sub>ср</sub> , см.  | 198,3    | 197,7     | 181,9     | 192,6   |
| Х <sub>min</sub> , см. | 181,3    | 177,7     | 153,8     | 170,9   |
| Х <sub>max</sub> , см. | 218,6    | 215,0     | 207,1     | 213,6   |
| S                      | 9,5      | 11,3      | 15,5      | 12,1    |
| CV, %                  | 4,8      | 5,7       | 8,5       | 6,3     |

Высота растений гибридов кукурузы, полученных в результате комбинации между автодиплоидными линиями и тестером Кр 16 МВ, варьировала от 181,3 до 218,6 см (CV = 4,8 %). Минимальная высота растений отмечена у гибрида, сформированного с участием линии 1533/38, а максимальная - у гибрида, созданного

с участием линии 1533/7. У гибридов, полученных с тестером Кр 070 МВ, высота колебалась от 177,7 до 215 см ( $CV = 5,7\%$ ). Минимальная высота для гибридов кукурузы этой комбинации была отмечена у гибрида, созданного с участием линии 1533/70, а максимальная - у гибрида, созданного с участием линии 1533/52.

Что касается высоты растений гибридов кукурузы, созданных на основе комбинации линий с тестером 1330/6 МВ, то она варьировала от 153,8 до 207,1 см ( $CV = 8,5\%$ ). Минимальная высота была обнаружена у гибрида, полученного с использованием линии 1533/16, в то время как максимальная высота была обнаружена у гибрида, полученного в результате использования тестера и линии 1533/7. Несмотря на то, что высота растений у новых среднеспелых гибридов кукурузы варьировала незначительно, мы провели исследование распределения гибридов кукурузы по высоте растений (рис. 6).

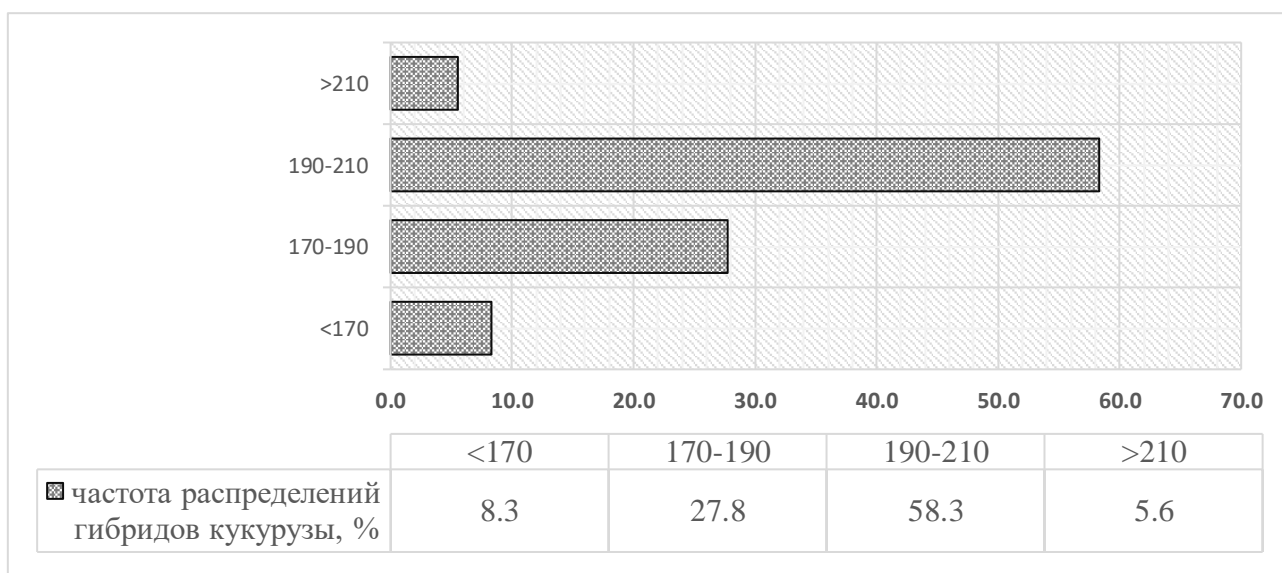


Рисунок 6. Распределения гибридов по высоте растений», среднее за 2020-2021 гг.

Результаты показывают, что 8,3 % гибридов кукурузы имели высоту менее 170 см, 27,8 % - в интервале от 170 до 190 см, 58,3 % - в интервале 190-210 см и только 5,6 % - высоту более 210 см.

В целом, более 86 % новых среднеспелых гибридов кукурузы характеризовались высотой в пределах 170-200 см.

**Высота прикрепления початка.** Высота прикрепления початка также изучалась в данной работе.

В настоящее время уборка кукурузы в сельскохозяйственных предприятиях механизирована, поэтому при создании гибридов также учитывается высота растений. Согласно методике, комбайны устанавливаются на самой низкой высоте прикрепления початка. Это связано с желанием свести к минимуму потери зерна кукурузы во время уборки [26].

Таким образом, оптимальная высота закладки початка составляет 40-80 см от земли, а минимальная - 30-50 см [20]. В таблице 6 приведены результаты изучения новых среднеспелых гибридов кукурузы по высоте прикрепления початка.

Таблица 6. Высота прикрепления початка новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020-2021 гг.

| Линия                  | Тестер   |           |           | Среднее |
|------------------------|----------|-----------|-----------|---------|
|                        | Кр 16 МВ | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2                 | 86,8     | 86,1      | 82,9      | 85,3    |
| 1533/7                 | 101,1    | 98,5      | 94,5      | 98,0    |
| 1533/14                | 70,9     | 86,7      | 73,2      | 76,9    |
| 1533/16                | 78,6     | 93,8      | 68,6      | 80,3    |
| 1533/19                | 81,3     | 95,6      | 75,8      | 84,2    |
| 1533/25                | 76,7     | 88,5      | 73,4      | 79,5    |
| 1533/38                | 77,2     | 77,8      | 78,8      | 77,9    |
| 1533/40                | 78,0     | 88,5      | 79,0      | 81,8    |
| 1533/52                | 80,1     | 102,2     | 80,4      | 87,6    |
| 1533/53                | 83,4     | 92,8      | 83,6      | 86,6    |
| 1533/54                | 88,3     | 97,6      | 84,1      | 90,0    |
| 1533/70                | 78,4     | 67,3      | 74,2      | 73,3    |
| Х <sub>ср</sub> , см.  | 81,7     | 89,6      | 79,0      | 83,5    |
| Х <sub>min</sub> , см. | 70,9     | 67,3      | 68,6      | 68,9    |
| Х <sub>max</sub> , см. | 101,1    | 102,2     | 94,5      | 99,3    |
| S                      | 7,7      | 9,7       | 6,8       | 8,0     |
| CV, %                  | 9,4      | 10,8      | 8,6       | 9,6     |

У гибридов, сформированных с помощью тестера Кр 16 МВ и автодиплоидных линий, участвовавших в создании новых гибридов кукурузы, высота прикрепления початка варьировала от 70,9 до 101,1 см (CV=9,4 %), у новых гибридов, созданных с участием линий с тестером Кр 070 МВ от 67,3 до

102,2 см (CV=10,8 %), тогда как у новых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера 1330/6 МВ, высота варьировала от 68,6 до 94,5 см.

Результаты показали, что новые среднеспелые гибриды, созданные с участием линий и трех тестеров, имеют высоту прикрепления початка - 83,5±8 см.

На рисунке 7 показано распределение новых гибридов кукурузы по этому признаку.

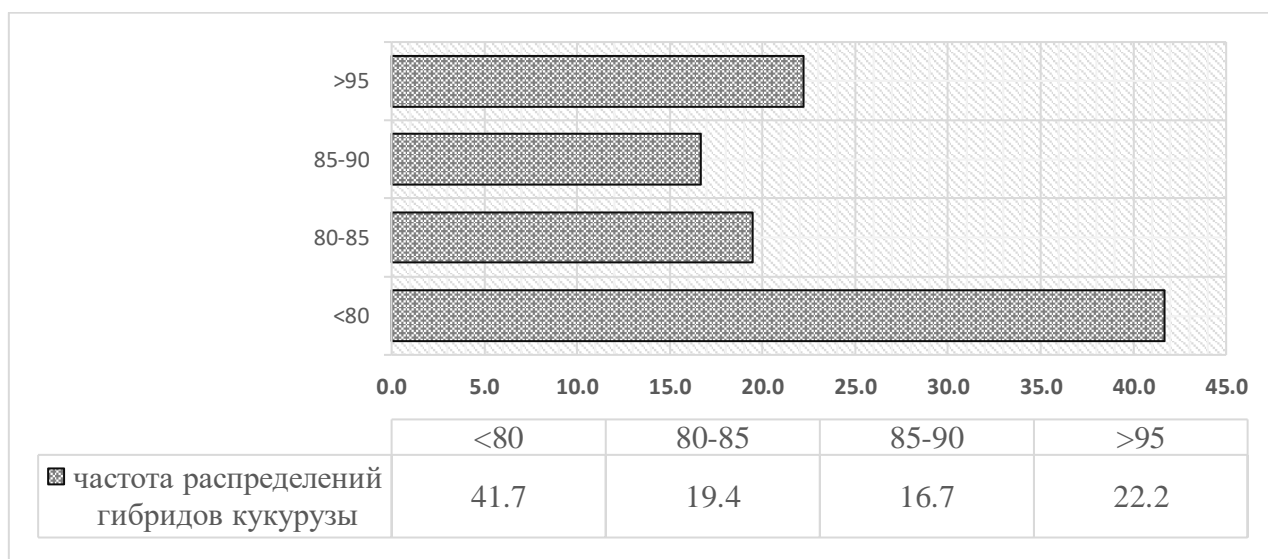


Рисунок 7. Распределения новых среднеспелых гибридов кукурузы по высоте прикрепления початка, среднее за 2020-2021 гг.

Согласно результатам, представленным на рисунке 7, 41,7 % новых среднеспелых гибридов характеризуются высотой прикрепления початков ниже 80 см, 19,4 % гибридов кукурузы имели высоту прикрепления початка 80-85 см, 16,7 % - высоту прикрепления початка 85-90 см, а 22,2 % новых среднеспелых гибридов кукурузы характеризовались высотой прикрепления початка более 95 см.

**Цветения метелки и початка.** Период цветения у кукурузы является важнейшим признаком в селекции.

При выращивании кукурузы засуха сильно влияет на урожайность, когда она наступает в течение двух недель цветения. Это связано с тем, что потребность в воде наиболее высока во время цветения и опыления для обеспечения налива зерна.

Результаты исследователей по этому вопросу показали, что высокие урожаи зерна при различной интенсивности стресса были связаны с более



короткими интервалами между периодами цветения метелки и початка у кукурузы и более ранними сроками цветения, большей высотой растений и прикрепления початка, увеличением количества початков на растении и более поздним старением листьев.

В нашей работе сроки цветения мужских и женских органов у новых среднеспелых гибридов были изучены в течение экспериментального периода, и результаты представлены в таблице 7.

Таблица 7. Количество дней от всходов до цветения метелки и початка новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020-2021 гг

| Линия                  | Тестер, дня от всходов до цветения метелки и початка |            |            |            |            |            |
|------------------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|
|                        | Кр 16 МВ   |            | Кр 070 МВ  |            | 1330/6 МВ  |            |
|                        | Цв. Метел.   | Цв. Почат. | Цв. Метел. | Цв. Почат. | Цв. Метел. | Цв. Почат. |
| 1533/2                 | 52,8   | 53,7       | 54,8       | 55,7       | 53,8       | 55,7       |
| 1533/7                 | 52,8   | 54,7       | 52,8       | 55,7       | 52,8       | 54,7       |
| 1533/14                | 52,8   | 54,7       | 52,8       | 54,7       | 52,8       | 54,7       |
| 1533/16                | 53,8   | 54,7       | 53,8       | 55,7       | 52,8       | 54,7       |
| 1533/19                | 53,8   | 55,7       | 53,8       | 55,7       | 52,8       | 54,7       |
| 1533/25                | 55,8   | 56,7       | 56,8       | 57,7       | 52,8       | 53,7       |
| 1533/38                | 53,8   | 55,7       | 52,8       | 54,7       | 52,8       | 53,7       |
| 1533/40                | 53,8   | 55,7       | 52,8       | 55,7       | 53,8       | 55,7       |
| 1533/52                | 53,8   | 55,7       | 52,8       | 55,7       | 52,8       | 55,7       |
| 1533/53                | 52,8   | 54,7       | 52,8       | 55,7       | 52,8       | 54,7       |
| 1533/54                | 52,8   | 54,7       | 55,8       | 56,7       | 53,8       | 54,7       |
| 1533/70                | 52,8   | 54,7       | 53,8       | 54,7       | 51,8       | 54,7       |
| Х <sub>ср</sub> , см.  | 53,5   | 55,1       | 53,8       | 55,7       | 53,0       | 54,8       |
| Х <sub>min</sub> , см. | 52,8   | 53,7       | 52,8       | 54,7       | 51,8       | 53,7       |
| Х <sub>max</sub> , см. | 55,8   | 56,7       | 56,8       | 57,7       | 53,8       | 55,7       |
| S                      | 0,9  | 0,8        | 1,3        | 0,9        | 0,6        | 0,7        |
| CV, %                  | 1,3  | 1,1        | 1,9        | 1,2        | 0,8        | 0,9        |

Согласно результатам, приведенным в этой таблице, период цветения метелки и початка различается очень незначительно (CV < 10 %).

Количество дней до цветения метелки у среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием линий и тестера Кр 16 МВ, составил  $53,5 \pm 0,9$  дней и  $55,1 \pm 0,8$  дней до цветения початка.

Это число составило  $53,8 \pm 1,3$  дня до цветения метелки и  $55,7 \pm 0,9$  дня для цветения початка у новых гибридов кукурузы, созданных путем скрещивания линий с тестером Кр 070 МВ.

У гибридов кукурузы, полученных в результате комбинации автодиплоидных линий кукурузы и тестера 1330/6 МВ, количество дней до цветения метелки составило  $53 \pm 0,6$  дня, а до цветения початка -  $54,8 \pm 0,7$  дня.

Кластерный анализ часто используется для классификации селекционных образцов кукурузы (*Zea mays* L.) и может применяться селекционерами и генетиками для определения групп образцов, которые потенциально полезны для конкретных селекционных или генетических целей.

Основной целью использования метода кластеризации в селекционных испытаниях является группировка селекционных образцов кукурузы в несколько однородных групп таким образом, чтобы образцы внутри группы имели схожий признак на всех участках.

Многомерный анализ на основе анализа главных компонент в основном используется для оценки степени генетического разнообразия среди зародышевой плазмы.

Анализ главных компонент (РСА) делит общую дисперсию на различные факторы. Классификация генотипов в соответствии с их агрономическими характеристиками с использованием многомерных методов может сократить время и расходы на улучшение сельскохозяйственных культур.

В нашей работе этот метод был использован для группировки новых гибридов кукурузы по их сходству по отдельным признакам, изученным в данном исследовании.

На рисунке 8 показаны результаты иерархической классификации 36 новых изучаемых среднеспелых гибридов кукурузы в четыре группы по методу Варда.

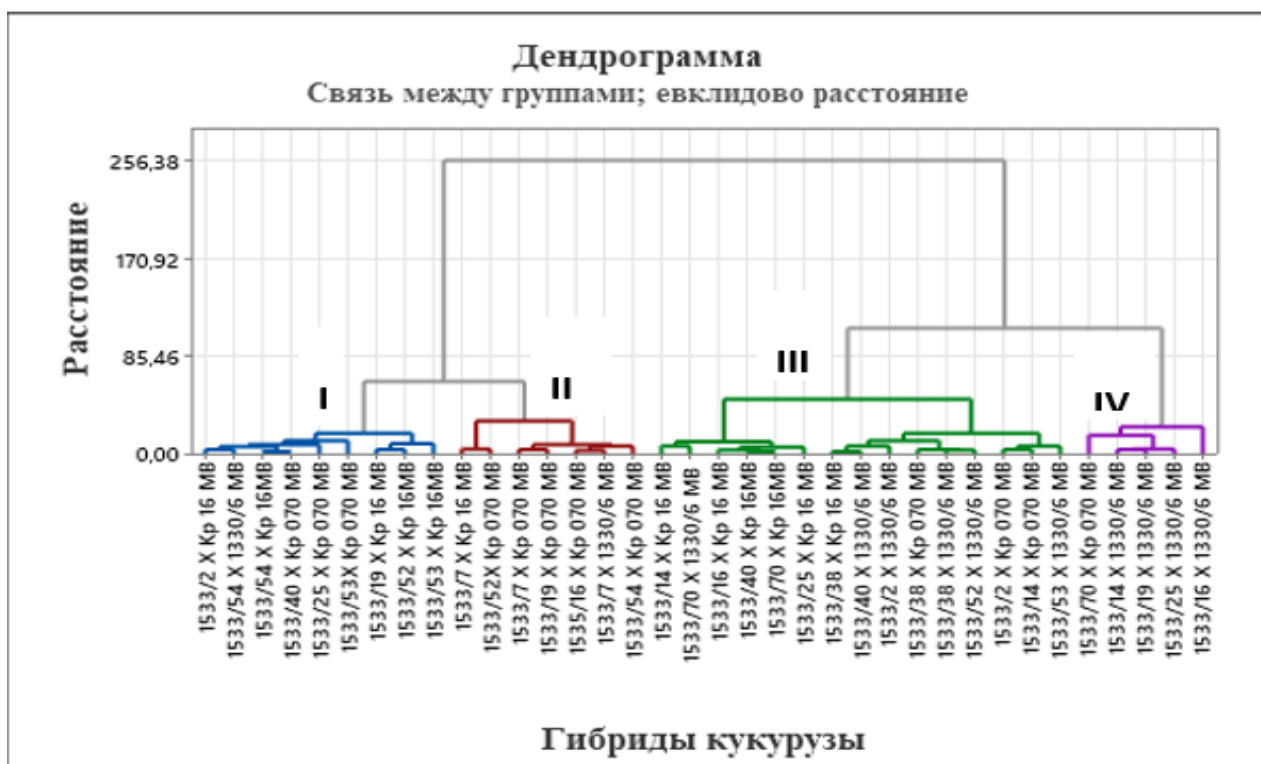


Рисунок 8. Дендрограмма распределения новых гибридов кукурузы по морфологическим признакам, Краснодар, 2020-2021 гг.

Кластер I состоит из 9 (25 %) новых среднеспелых гибридов кукурузы, кластер II из 7 (19,4 %) гибридов кукурузы, кластер III из 15 (41,7 %) гибридов кукурузы и кластер IV из 5 (13,9 %) гибридов кукурузы. Результаты показывают, что новые среднеспелые гибриды кукурузы распределены по различным кластерам с разными морфологическими характеристиками. В таблице 8 представлены морфологические признаки различных кластеров.

Таблица 8. Агроморфологические характеристики 36 новых среднеспелых гибридов кукурузы в четырех кластерах, Краснодар, 2020-2021 гг.

| Признаки                            | Кластеры, значение |            |             |            | Среднее |
|-------------------------------------|--------------------|------------|-------------|------------|---------|
|                                     | Кластер I          | Кластер II | Кластер III | Кластер IV |         |
| Кол-во листьев                      | 18,3               | 18,6       | 17,8        | 17,7       | 18,1    |
| Число початков на растение          | 1,2                | 1,1        | 1,2         | 1,2        | 1,2     |
| Высота растения, см                 | 202,5              | 214,2      | 167,2       | 188,3      | 193,0   |
| Высота прикрепления початка, см     | 88,9               | 100,3      | 71,7        | 79,3       | 85,0    |
| Число дней до ветения 50% метелок   | 53,5               | 53,8       | 53,0        | 53,4       | 53,4    |
| Число дней до цветения 50% початков | 55,4               | 55,7       | 54,5        | 55,2       | 55,2    |

Результаты, представленные в таблице 15, показывают, что кластер I состоит из гибридов кукурузы, характеризующихся 18,3 листьями и высотой растений 202,5 см. Кластер II состоит из среднеспелых гибридов кукурузы с большим количеством листьев (18,6 листьев), наибольшей высотой растений и прикрепления початка, см (214,2 см и 100,3 см соответственно), а также длительным периодом до цветения метелки и початка (53,8 и 55,7 дня соответственно). Кластер III отличается от других кластеров низкой высотой растений и прикрепления початка (167,2 и 71,7 см соответственно), а также коротким периодом до цветения метелки и початка (53 и 54,5 дней соответственно). Кластер IV содержит среднеспелые гибриды кукурузы с небольшим количеством листьев (17,7 листьев).

У кукурузы элементы продуктивности взаимозависимы, имеют уравновешивающие эффекты и развиваются последовательно на разных стадиях. Следует отметить, что количество початков, количество зерен в початке и масса 1000 зерен являются элементами первого порядка. Элементами урожая первого порядка иногда называют первичными элементами, они оказывают прямое влияние на урожайность зерна, а также косвенное влияние через более поздние развивающиеся элементы урожая [130].

Элементы урожая, которые можно считать элементами второго порядка или вторичными, - это те, которые оказывают косвенное влияние на урожайность через их влияние на компоненты первого порядка.

Эти элементы состоят из количества рядов в початке, длины початка и количества зерен в початке.

**Длина початка** - один из основных компонентов урожайности зерна, и поэтому является одной из важнейших признаков в селекции кукурузы. Действительно, такие исследователи, как Аннапурна и др. (1998), пришли к выводу, что длина початка положительно и значительно коррелирует с урожайностью зерна [40]. В нашей работе были изучены элементы производства, чтобы охарактеризовать новые среднеспелые гибриды кукурузы.

В таблице 9 представлены данные по длине початка новых среднеспелых гибридов кукурузы.

Таблица 9. Длина початка новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Линия     | Тестер, длина, см |           |           | Среднее |
|-----------|-------------------|-----------|-----------|---------|
|           | Кр 16 МВ          | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2    | 18,6              | 18,1      | 18,8      | 18,5    |
| 1533/7    | 19,6              | 19,4      | 21,9      | 20,3    |
| 1533/14   | 20,1              | 19,9      | 18,6      | 19,5    |
| 1533/16   | 17,4              | 19,4      | 18,3      | 18,4    |
| 1533/19   | 18,8              | 17,3      | 21,3      | 19,1    |
| 1533/25   | 18,9              | 21,0      | 20,9      | 20,3    |
| 1533/38   | 21,0              | 18,6      | 18,3      | 19,3    |
| 1533/40   | 18,6              | 18,7      | 17,2      | 18,2    |
| 1533/52   | 19,7              | 19,4      | 19,8      | 19,6    |
| 1533/53   | 19,8              | 16,8      | 20,1      | 18,9    |
| 1533/54   | 18,6              | 16,1      | 19,6      | 18,1    |
| 1533/70   | 19,7              | 21,8      | 19,7      | 20,4    |
| Хср, см.  | 19,2              | 18,9      | 19,5      | 19,2    |
| Хmin, см. | 17,4              | 16,1      | 17,2      | 16,9    |
| Хmax, см. | 21,0              | 21,8      | 21,9      | 21,6    |
| S         | 0,9               | 1,7       | 1,4       | 1,3     |
| CV, %     | 4,8               | 8,8       | 7,1       | 6,9     |

Согласно результатам, приведенным в таблице, среднеспелые гибриды кукурузы в целом характеризовались длиной початка в пределах от 16,9 до 21,6 см (CV = 6,9 %). Однако эта длина варьирует от 17,4 до 21 см (CV = 4,8 %) у гибридов, полученных от комбинации автодиплоидных линий и тестера Кр 16 МВ, от 16,1 до 21,8 см (CV = 8,8 %) у гибридов, полученных от линий с тестером Кр 070 МВ.

У гибридов, созданных на основе линий с тестером 1330/6 МВ, длина початка у новых среднеспелых гибридов кукурузы варьировала от 17,2 до 21,9 см (CV = 7,1 %). В целом, варьирование длины початка у новых среднеспелых гибридов было незначительным (CV < 10 %).

**Диаметр початка.** Диаметр початка является важным признаком при селекции новых высокоурожайных гибридов кукурузы.

В нашей работе результаты по изучению новых среднеспелых гибридов кукурузы по данному признаку представлены в таблице 10.

Таблица 10. Диаметр початка новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020-2021 гг.

| Линия                  | Тестер   |           |           | Среднее |
|------------------------|----------|-----------|-----------|---------|
|                        | Кр 16 МВ | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2                 | 4,2      | 4,2       | 4,2       | 4,2     |
| 1533/7                 | 4,4      | 4,3       | 4,3       | 4,3     |
| 1533/14                | 4,3      | 4,3       | 4,2       | 4,3     |
| 1533/16                | 4,2      | 4,2       | 4,1       | 4,2     |
| 1533/19                | 4,1      | 4,1       | 4,2       | 4,1     |
| 1533/25                | 4,1      | 4,2       | 4,2       | 4,2     |
| 1533/38                | 4,1      | 4,1       | 4,1       | 4,1     |
| 1533/40                | 4,2      | 4,1       | 4,2       | 4,2     |
| 1533/52                | 4,0      | 4,0       | 4,4       | 4,1     |
| 1533/53                | 4,3      | 4,2       | 4,3       | 4,3     |
| 1533/54                | 4,3      | 4,1       | 4,3       | 4,2     |
| 1533/70                | 4,2      | 4,2       | 4,2       | 4,2     |
| Х <sub>ср</sub> , см.  | 4,2      | 4,2       | 4,2       | 4,2     |
| Х <sub>min</sub> , см. | 4,0      | 4,0       | 4,1       | 4,0     |
| Х <sub>max</sub> , см. | 4,4      | 4,3       | 4,4       | 4,4     |
| S                      | 0,1      | 0,1       | 0,1       | 0,1     |
| CV, %                  | 2,7      | 2,1       | 2,1       | 2,3     |

Результаты показали, что в целом средний диаметр початка у гибридов кукурузы варьировался от 4 до 4,4 см ( $CV = 2,3\%$ ). Диаметр початка у новых гибридов кукурузы, полученных путем скрещивания линий с тестером Кр 16 МВ, варьировал от 4 до 4,4 см ( $CV = 0,1\%$ ). У гибридов кукурузы, полученных путем скрещивания линий с тестером Кр 070 МВ, диаметр варьировал от 4 до 4,3 см ( $CV = 5,1\%$ ). Что касается гибридов кукурузы, полученных в результате комбинации линий с тестером 1330/6 МВ, диаметр варьировал от 4,1 до 4,4 см ( $CV = 2,1\%$ ).

Результаты варьирования, полученные в наших исследованиях, показали, что диаметр початка новых среднеспелых гибридов кукурузы в целом составил  $4,2 \pm 0,1$  см. У гибридов кукурузы, созданных на основе комбинации линий с тестером Кр 16 МВ, диаметр составил  $4,2 \pm 0,1$  см, у гибридов кукурузы, полученных на основе тестера Кр 070 МВ, -  $4,2 \pm 0,1$  см. В случае гибридов кукурузы, созданных с участием линий и тестера 1330/6 МВ, диаметр составил  $4,2 \pm 0,1$  см.

**Число рядов на початке.** Количество рядов зерен - одно из важных элементов урожая[149]. Однако, стрессы растений могут снизить фактическое число рядов зерен. По мнению специалистов, генетические особенности гибридов являются наиболее важным фактором в определении числа рядов зерен. Количество рядов зерен в початке обычно четное, поскольку первые начальные зерна расщепляются, образуя два ряда из одного. Ряды зерен можно визуально наблюдать, уже на средней и поздней вегетативных стадиях. В таблице 11 приведены результаты изучения новых гибридов по количеству рядов зерна на початке в опытных годах.

Таблица 11 . Характеристика новых среднеспелых гибридов кукурузы по признаку « количество рядов зерна в початке », Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Линия     | Тестер, число рядов, |           |           | Среднее |
|-----------|----------------------|-----------|-----------|---------|
|           | Кр 16 МВ             | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2    | 14,0                 | 13,8      | 14,4      | 14,1    |
| 1533/7    | 14,1                 | 14,2      | 15,9      | 14,7    |
| 1533/14   | 16,1                 | 14,2      | 14,1      | 14,8    |
| 1533/16   | 13,9                 | 14,4      | 13,8      | 14,0    |
| 1533/19   | 14,1                 | 14,2      | 16,1      | 14,8    |
| 1533/25   | 14,2                 | 16,2      | 16,0      | 15,5    |
| 1533/38   | 16,0                 | 14,1      | 14,0      | 14,7    |
| 1533/40   | 14,1                 | 14,1      | 14,2      | 14,1    |
| 1533/52   | 14,2                 | 14,2      | 14,8      | 14,4    |
| 1533/53   | 15,8                 | 13,2      | 16,1      | 15,0    |
| 1533/54   | 14,0                 | 14,1      | 15,8      | 14,6    |
| 1533/70   | 14,2                 | 16,2      | 16,1      | 15,5    |
| Хср, см.  | 14,6                 | 14,4      | 15,1      | 14,7    |
| Хmin, см. | 13,9                 | 13,2      | 13,8      | 13,6    |
| Хmax, см. | 16,1                 | 16,2      | 16,1      | 16,1    |
| S         | 0,9                  | 0,9       | 1,0       | 0,9     |
| CV, %     | 5,9                  | 6,2       | 6,4       | 6,1     |

Результаты, представленные в таблице 18, показывают, что в ходе наших исследований количество рядов на початке у новых среднепоздних гибридов кукурузы варьировалось от 13,6 до 16,1 рядов (CV = 6,1 %). У гибридов кукурузы, полученных в результате комбинации линий и тестера Кр 16 МВ, количество рядов варьировало от 13,9 до 16,1 ряда (CV = 5,9 %). У гибридов, созданных с участием линий с тестером Кр 070 МВ, количество рядов находилось в диапазоне от 13,2 до 16,2 (CV = 6,2 %), в то время как у гибридов кукурузы, созданных с участием линий и тестера 1330/6 МВ, количество рядов варьировалось от 13,8 до 16,1 (CV = 6,4 %).

По результатам изучения варьирования признака « количество рядов на початке » у новых среднеспелых гибридов кукурузы мы пришли к выводу, что количество рядов на початке составляет  $14,7 \pm 0,9$ .

**Число зерен в ряду.** Количество зерен в початке является одним из основных агрономических признаков продуктивности кукурузы. Данный признак был изучен у новых среднеспелых гибридов кукурузы, изучаемых в ходе исследований нашей работы, и результаты приведены в таблице 12.

Таблица 12 . Количество зерен в ряду новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Линия     | Тестер, число зерен в ряду, шт |           |           | Среднее |
|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|---------|
|           | Кр 16 МВ                       | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2    | 38,1                           | 38,3      | 38,2      | 38,2    |
| 1533/7    | 40,2                           | 41,2      | 44,1      | 41,8    |
| 1533/14   | 42,3                           | 41,4      | 37,8      | 40,5    |
| 1533/16   | 36,1                           | 39,9      | 38,1      | 38,0    |
| 1533/19   | 38,2                           | 35,4      | 43,7      | 39,1    |
| 1533/25   | 37,9                           | 43,8      | 42,9      | 41,5    |
| 1533/38   | 44,3                           | 38,3      | 37,4      | 40,0    |
| 1533/40   | 39,9                           | 37,5      | 35,0      | 37,5    |
| 1533/52   | 40,2                           | 40,0      | 40,2      | 40,1    |
| 1533/53   | 40,1                           | 34,3      | 41,9      | 38,8    |
| 1533/54   | 38,1                           | 30,2      | 39,2      | 35,8    |
| 1533/70   | 40,3                           | 43,9      | 39,5      | 41,2    |
| Хср, см.  | 39,6                           | 38,7      | 39,8      | 39,4    |
| Хmin, см. | 36,1                           | 30,2      | 35,0      | 33,8    |
| Хmax, см. | 44,3                           | 43,9      | 44,1      | 44,1    |
| S         | 2,2                            | 4,0       | 2,8       | 3,0     |
| CV, %     | 5,5                            | 10,3      | 7,0       | 7,6     |

Согласно результатам, приведенным в таблице, количество зерен в ряду в целом варьировалось от 33,8 до 44,1 ( $CV = 7,6 \%$ ).

В зависимости от тестера, участвующего в создании гибрида кукурузы, количество зерен на ряду в гибридах, созданных с участием тестера Кр 16 МВ, варьировало от 36,1 до 44,3 ( $CV = 5,5 \%$ ) и от 30,2 до 43,9 зерен ( $CV = 10,3 \%$ ) в гибридах кукурузы, полученных при комбинации линий с тестером Кр 070 МВ. Что касается новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных путем скрещивания линий с тестером 1330/6 МВ, то это число колебалось от 35 до 44,1 зерен ( $CV = 7 \%$ ).



В итоге можно сказать, что новые среднеспелые гибриды кукурузы характеризуются  $39,4 \pm 3$  зерен в ряду.

**Масса зерна с початки** является важным элементом, определяющим урожайность зерна. Однако, масса зависит от качества зерна, на которое, в свою очередь, влияют условия выращивания и экологические факторы. Результаты исследования по данному признаку представлены в таблице 13.

Таблица 13. Масса зерна с початки новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Линия     | Тестер, масса зерна с початка, г |           |           | Среднее |
|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|---------|
|           | Кр 16 МВ                         | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2    | 167,0                            | 164,9     | 166,6     | 166,1   |
| 1533/7    | 171,4                            | 171,5     | 184,7     | 175,9   |
| 1533/14   | 174,4                            | 174,7     | 166,6     | 171,9   |
| 1533/16   | 155,6                            | 165,2     | 165,0     | 161,9   |
| 1533/19   | 169,6                            | 154,5     | 181,2     | 168,4   |
| 1533/25   | 168,0                            | 184,5     | 183,7     | 178,7   |
| 1533/38   | 181,4                            | 164,8     | 169,2     | 171,8   |
| 1533/40   | 170,9                            | 168,0     | 154,4     | 164,4   |
| 1533/52   | 169,6                            | 170,4     | 171,8     | 170,6   |
| 1533/53   | 175,1                            | 145,2     | 173,1     | 164,5   |
| 1533/54   | 167,5                            | 140,7     | 171,5     | 159,9   |
| 1533/70   | 170,6                            | 180,9     | 171,7     | 174,4   |
| Хср, см.  | 170,1                            | 165,4     | 171,6     | 169,0   |
| Хmin, см. | 155,6                            | 140,7     | 154,4     | 150,2   |
| Хmax, см. | 181,4                            | 184,5     | 184,7     | 183,5   |
| S         | 6,1                              | 13,1      | 8,6       | 9,3     |
| CV, %     | 3,6                              | 7,9       | 5,0       | 5,5     |

Согласно полученным результатам, можно сказать, что масса зерен с початка у новых среднеспелых гибридов кукурузы варьировала в целом от 150,2 до 183,5 гр (CV = 5,5 %).

У гибридов кукурузы, полученных с тестером Кр 16 МВ, масса зерна с початка варьировала от 155,6 до 181,4 г ( $CV = 3,6\%$ ). Гибриды кукурузы, созданные на основе тестера Кр 070 МВ, показали массу зерен с початки в диапазоне от 140,7 до 184,5 гр. ( $CV = 7,9\%$ ). У гибридов кукурузы, созданных с участием линий с тестером, масса зерна с початка варьировала от 154,4 до 184,7 гр. ( $CV = 5\%$ ). Результаты исследования показали, что признак «масса зерна с початка» имел низкую вариабельность ( $CV < 10\%$ ).

**Масса 1000 зерен.** Масса 1000 зерен является важным фактором, который напрямую влияет на урожайность зерновых культур. Она является очень важным показателем качества зерна и продуктивности растений [92]. Результаты по изучению массы 1000 зерен у новых среднеспелых гибридов кукурузы представлены в таблице 14.

Таблица 14. Масса 1000 зерен новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Линия                  | Тестер, масса 1000 семян, г |           |           | Среднее |
|------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|---------|
|                        | Кр 16 МВ                    | Кр 070 МВ | 1330/6 МВ |         |
| 1533/2                 | 299,6                       | 291,5     | 295,5     | 295,5   |
| 1533/7                 | 301,3                       | 304,4     | 316,0     | 307,2   |
| 1533/14                | 307,1                       | 307,2     | 297,8     | 304,0   |
| 1533/16                | 287,9                       | 303,4     | 291,5     | 294,3   |
| 1533/19                | 299,4                       | 295,2     | 311,5     | 302,0   |
| 1533/25                | 299,6                       | 314,5     | 317,4     | 310,5   |
| 1533/38                | 312,2                       | 294,9     | 297,6     | 301,6   |
| 1533/40                | 298,0                       | 299,1     | 283,6     | 293,6   |
| 1533/52                | 300,6                       | 300,4     | 303,7     | 301,6   |
| 1533/53                | 307,0                       | 267,2     | 307,5     | 293,9   |
| 1533/54                | 295,4                       | 253,4     | 298,8     | 282,5   |
| 1533/70                | 300,7                       | 309,7     | 299,3     | 303,2   |
| Х <sub>ср</sub> , см.  | 300,7                       | 295,1     | 301,7     | 299,2   |
| Х <sub>min</sub> , см. | 287,9                       | 253,4     | 283,6     | 275,0   |
| Х <sub>max</sub> , см. | 312,2                       | 314,5     | 317,4     | 314,7   |
| S                      | 6,2                         | 17,8      | 10,0      | 11,3    |
| CV, %                  | 2,0                         | 6,0       | 3,3       | 3,8     |

Результаты, представленные в таблице, показывают, что масса 1000 зерен у новых среднеспелых гибридов кукурузы в целом составила  $299,2 \pm 11,3$  г ( $CV = 3,8\%$ ). У гибридов кукурузы, полученных путем скрещивания автодиплоидных линий с тестером Кр 16 МВ, данная масса варьировала от

287,9 до 312,2 гр. (CV = 2 %). При этом у гибридов, созданных в результате комбинации линий с тестером Кр 070 МВ, масса 1000 зерен варьировала от 253,4 до 314,5 гр. (CV=6 %).

Что касается гибридов, созданных с участием линий с тестером 1330/6 МВ, то данная масса находилась в диапазоне от 283,6 до 317,4 г (CV = 10 %). Масса 1000 зерен новых среднеспелых гибридов кукурузы, полученных в результате использования различных тестеров, незначительно варьировала (CV<10 %).

Иерархическая классификация новых среднеспелых гибридов кукурузы по методу Уорда на основе элементов структуры урожая на четыре кластера показала, что кластер I состоит из 15 новых среднеспелых гибридов кукурузы (41,7 %), кластер II - из 13 гибридов кукурузы (36,1 %), кластер III - из 6 гибридов кукурузы (16,7 %) и кластер IV - из 2 гибридов кукурузы (5,6 %).

На рисунке 9 показаны результаты распределения новых гибридов кукурузы по различным кластерам в соответствии с их сходством.

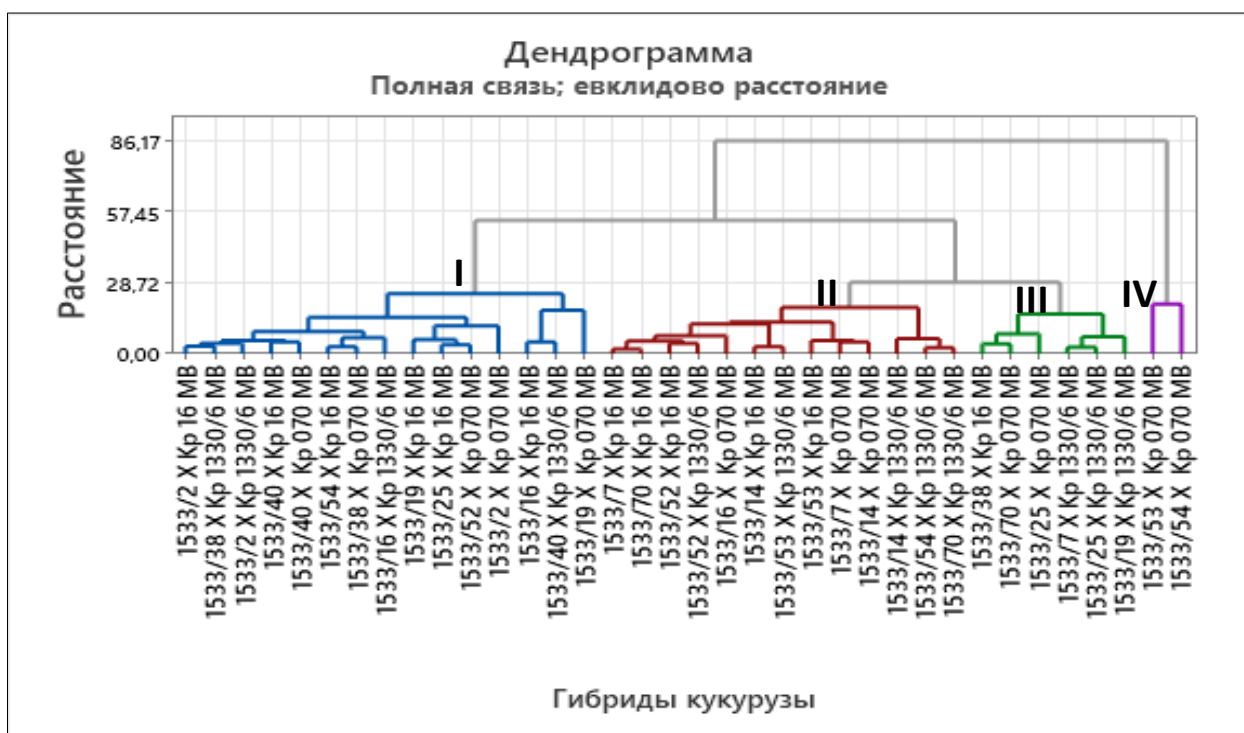


Рисунок 9 - Дендрограмма распределения новых среднеспелых гибридов кукурузы на кластеры по элементам структуры урожая, Краснодар, 2020-2021 гг.

В таблице 15 представлены характеристики различных кластеров. Приведенные результаты являются средними значениями для изученных

признаков новых среднеспелых гибридов кукурузы, составляющих один кластер.

Таблица 15. Характеристика элементов структуры урожая различных кластеров, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Признаки                | кластеры, значение |            |             |            | Среднее |
|-------------------------|--------------------|------------|-------------|------------|---------|
|                         | Кластер I          | Кластер II | Кластер III | Кластер IV |         |
| Длина початка           | 18,5               | 19,6       | 21,3        | 16,7       | 19      |
| Диаметр початка с зерна | 4,1                | 4,3        | 4,2         | 4,2        | 11,6    |
| Число рядов             | 14,1               | 14,9       | 16,1        | 13,8       | 9,5     |
| Число зерн в ряду       | 38                 | 40,3       | 43,8        | 33,2       | 26,8    |
| Масса зерна с початки   | 165,8              | 171,3      | 182,7       | 146,8      | 102,7   |
| Масса 1000 семян, г     | 296,1              | 303        | 313,6       | 268,1      | 230,9   |
| Урожайность зерна, ц/га | 53,4               | 61,4       | 68,7        | 46,3       | 176,3   |

Результаты исследования, представленные в таблице, показывают, что кластер I состоит из среднеспелых гибридов с небольшим диаметром початка (4,1 см). Кластер II отличается от других кластеров гибридами с большим диаметром початка (4,3 см).

Кластер III отличается от других кластеров большой длиной початка (21,3 см), большим количеством рядов (16,1 рядов), большим количеством зерен в ряду (43,8 зерен), большой массой зерна с початка (182,7 г), большой массой 1000 зерен (313,6 г) и более высокой урожайностью зерна (68,7 ц/га).

Кластер IV состоит из гибридов кукурузы с очень маленькими початками (16,7 см), небольшим количеством рядов в початке (13,8 ряд), небольшим количеством зерен в ряду (33,2 зерен), небольшой массой зерна в початке (146,8 г), более низкой массой 1000 зерен (268,1 г) и очень низкой урожайностью зерна (46,3 ц/га).

В настоящее время на структуру элементов урожая, а также на урожайность зерна влияют экологические факторы. Последствия изменения климата, особенно засуха, влияют на физиологические процессы растений и приводят к снижению урожайности зерна, особенно у кукурузы. Поэтому большие усилия прилагаются к созданию высокопродуктивных гибридов в таких изменяющихся условиях.

Изучение взаимосвязи между урожайностью зерна и структурой элементов урожая, является необходимым условием для разработки эффективной программы селекции [13].

В нашей работе был проведен корреляционный анализ между элементами структуры урожая, с одной стороны, и урожайностью зерна, с другой стороны.

В таблице 16 представлены коэффициенты корреляции между элементами структуры урожая новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных путем скрещивания новых линий и тестера Кр 16 МВ.

Таблица 16. Корреляция признаков у новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера Кр 16 МВ, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Признаки             | Длина початка | Диаметр поч. с зерна | Число рядов | Число зерен в ряду | Масса зерна с початки | Масса 1000 семян, г | Урожайность зерна |
|----------------------|---------------|----------------------|-------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Длина початка        | 1             | -0,035               | 0,753**     | 0,937**            | 0,920**               | 0,942**             | 0,880**           |
| Диаметр поч. с зерна | -0,035        | 1                    | 0,132       | 0,004              | 0,022                 | -0,004              | 0,156             |
| Число рядов          | 0,753**       | 0,132                | 1           | 0,773**            | 0,733**               | 0,832**             | 0,821**           |
| Число зерен в ряду   | 0,937**       | 0,004                | 0,773**     | 1                  | 0,904**               | 0,893**             | 0,920**           |
| Масса зерна с поч.   | 0,920**       | 0,022                | 0,733**     | 0,904**            | 1                     | 0,957**             | 0,827**           |
| Масса 1000 семян, г  | 0,942**       | -0,004               | 0,832**     | 0,893**            | 0,957**               | 1                   | 0,830**           |
| Урожайность зерна    | 0,880**       | 0,156                | 0,821**     | 0,920**            | 0,827**               | 0,830**             | 1                 |

\*\*Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Согласно результатам в таблице, положительная и значимая корреляция при 1% уровне была обнаружена между массой 1000 зерен ( $r = 0,942$ ), длиной початка и количеством рядов зерен на початке ( $r = 0,753$ ), количеством зерен в ряду ( $r = 0,937$ ), массой зерен с початки ( $r = 0,920$ ), и урожайностью зерна ( $r = 0,880$ ) новых среднеспелых гибридов кукурузы.

Однако, наблюдалась незначительная отрицательная корреляция между диаметром початка и длиной початка ( $r = - 0,035$ ). Незначительная положительная корреляция была отмечена между диаметром початка и другими признаками новых среднеспелых гибридов кукурузы ( $0 < r < 0,5$ ).

Результаты также показали, что существует положительная и значительная корреляция на 1% уровне между количеством рядов и количеством зерен в ряду, массой зерен на початке, массой 1000 зерен и урожайностью зерна ( $r > 0,5$ ). Количество зерен в ряду значительно и положительно коррелировало с массой зерен с початки, массой 1000 зерен и урожайностью зерна новых среднеспелых гибридов кукурузы ( $r > 0,5$ ).

С другой стороны, масса зерна с початка положительно и значительно коррелировала с массой 1000 зерен ( $r = 0,957$ ) и урожайностью зерна ( $r = 0,827$ ) новых среднеспелых гибридов кукурузы. Корреляция между массой 1000 зерен и урожайностью зерна новых среднеспелых гибридов кукурузы была положительной и значительной ( $r = 0,830$ ).

Также мы изучили взаимосвязь между элементами структуры урожая новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера Кр 070 МВ. В таблице 17 приведены коэффициенты корреляции изучаемых признаков.

Таблица 17. Корреляция признаков у новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера Кр 070 МВ, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Признаки             | Длина початка | Диаметр поч. с зерном | Число рядов | Число зерен в ряду | Масса зерна с початки | Масса 1000 семян, г | Урожайность зерна |
|----------------------|---------------|-----------------------|-------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Длина початка        | 1             | 0,326                 | 0,796**     | 0,966**            | 0,956**               | 0,879**             | 0,952**           |
| Диаметр поч. с зерна | 0,326         | 1                     | 0,130       | 0,410              | 0,305                 | 0,280               | 0,301             |
| Число рядов          | 0,796**       | 0,130                 | 1           | 0,680*             | 0,713**               | 0,592*              | 0,663*            |
| Число зерен в ряду   | 0,966**       | 0,410                 | 0,680*      | 1                  | 0,969**               | 0,929**             | 0,971**           |
| Масса зерна с поч.   | 0,956**       | 0,305                 | 0,713**     | 0,969**            | 1                     | 0,934**             | 0,966**           |
| Масса 1000 семян, г  | 0,879**       | 0,280                 | 0,592*      | 0,929**            | 0,934**               | 1                   | 0,949**           |
| Урожайность зерна    | 0,952**       | 0,301                 | 0,663*      | 0,971**            | 0,966**               | 0,949**             | 1                 |

\*\* . Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

\* . Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

Результаты, представленные в этой таблице, показывают, что у новых среднеспелых гибридов кукурузы, полученных путем комбинации линий и тестера Кр 070 МВ, длина початка положительно, но не значимо коррелирует с диаметром початка. В то время как длина початка значительно коррелировала на 1 % уровне с количеством рядов зерен на початке ( $r = 0,796$ ), количеством зерен в ряду ( $r = 0,680$ ), массой початка ( $r = 0,956$ ), массой 1000 зерен ( $r = 0,879$ ) и урожайностью зерна ( $r = 0,880$ ) на 1 % уровне.

Была обнаружена незначительная положительная корреляция между диаметром початка и другими элементами структуры урожая ( $r < 0,5$ ). При 5% пороге количество рядов на початке значительно и положительно коррелировало с массой 1000 зерен и урожайностью зерна, а при 1 % пороге с длиной початка и массой зерен с початка ( $r > 0,5$ ).

Количество зерен в ряду значительно и положительно коррелировало на 1% пороге с массой зерна на початке, массой 1000 зерен и урожайностью зерна ( $r > 0,5$ ).

Количество рядов на початке и масса зерен на початке положительно и значимо коррелировали при 1% пороге ( $r = 0,713$ ). Масса зерна с початка положительно и значительно коррелировала с массой 1000 зерен ( $r = 0,934$ ) и урожайностью зерна ( $r = 0,966$ ).

Масса 1000 зерен положительно и значительно коррелировала с урожайностью зерна у новых среднеспелых гибридов кукурузы ( $r > 0,5$ ).

Важно сделать вывод, что все изученные характеристики новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием линий и тестера Кр 070 МВ коррелируют друг с другом за исключением диаметра початка.

Коэффициенты корреляции изучаемых признаков у новых среднеспелых гибридов кукурузы, полученных путем скрещивания линий с тестером Кр 1330/6 МВ, представлены в таблице 18.

Таблица 18. Корреляция признаков у новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера Кр 1330/6 МВ, Краснодар, 2020- 2021 гг.

| Признаки              | Длина початка | Диаметр поч. с зерном | Число рядов | Число зерен в ряду | Масса зерна с початки | Масса 1000 семян, г | Урожайность зерна |
|-----------------------|---------------|-----------------------|-------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Длина початка         | 1             | 0,490                 | 0,826**     | 0,983**            | 0,962**               | 0,949**             | 0,974**           |
| Диаметр поч. с зерном | 0,490         | 1                     | 0,491       | 0,434              | 0,317                 | 0,392               | 0,393             |
| Число рядов           | 0,826**       | 0,491                 | 1           | 0,796**            | 0,745**               | 0,739**             | 0,798**           |
| Число зерен в ряду    | 0,983**       | 0,434                 | 0,796**     | 1                  | 0,953**               | 0,958**             | 0,967**           |
| Масса зерна с поч.    | 0,962**       | 0,317                 | 0,745**     | 0,953**            | 1                     | 0,975**             | 0,974**           |
| Масса 1000 семян, г   | 0,949**       | 0,392                 | 0,739**     | 0,958**            | 0,975**               | 1                   | 0,970**           |
| Урожайность зерна     | 0,974**       | 0,393                 | 0,798**     | 0,967**            | 0,974**               | 0,970**             | 1                 |

\*\*Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

Согласно результатам таблицы, длина початка у новых среднеспелых гибридов кукурузы положительно и значительно коррелирует на 1% уровне с количеством рядов ( $r = 0,826$ ), количеством зерен в ряду ( $r = 0,983$ ), массой зерна с початка ( $r = 0,962$ ), массой 1000 зерен ( $r = 0,949$ ) и урожайностью зерна ( $r = 0,974$ ). Диаметр початка положительно, но не значительно коррелировал с другими изучаемыми признаками ( $r < 0,5$ ). Количество рядов у новых среднеспелых гибридов кукурузы положительно и значительно коррелировало с количеством зерен в ряду, массой зерна в початке, массой 1000 зерен и урожайностью зерна ( $r > 0,5$ ).

Количество зерен в ряду коррелировало с массой зерна с початка, массой 1000 зерен и урожайностью зерна. Также наблюдалась положительная и значительная корреляция ( $r > 0,5$ ) между массой зерна с початка, массой 1000 зерен с початка и урожайностью зерна. Масса 1000 зерен положительно и значительно коррелировала с урожайностью зерна у новых среднеспелых гибридов кукурузы ( $r = 0,970$ ).



### 3.3. Морфобиологические признаки новых позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы

Изучение новых позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы по высоте растений и прикрепления початка проводилось в трех агроэкологических зонах Бурунди в тропических условиях. На рисунке 10 представлены результаты изучения новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы по высоте растений.

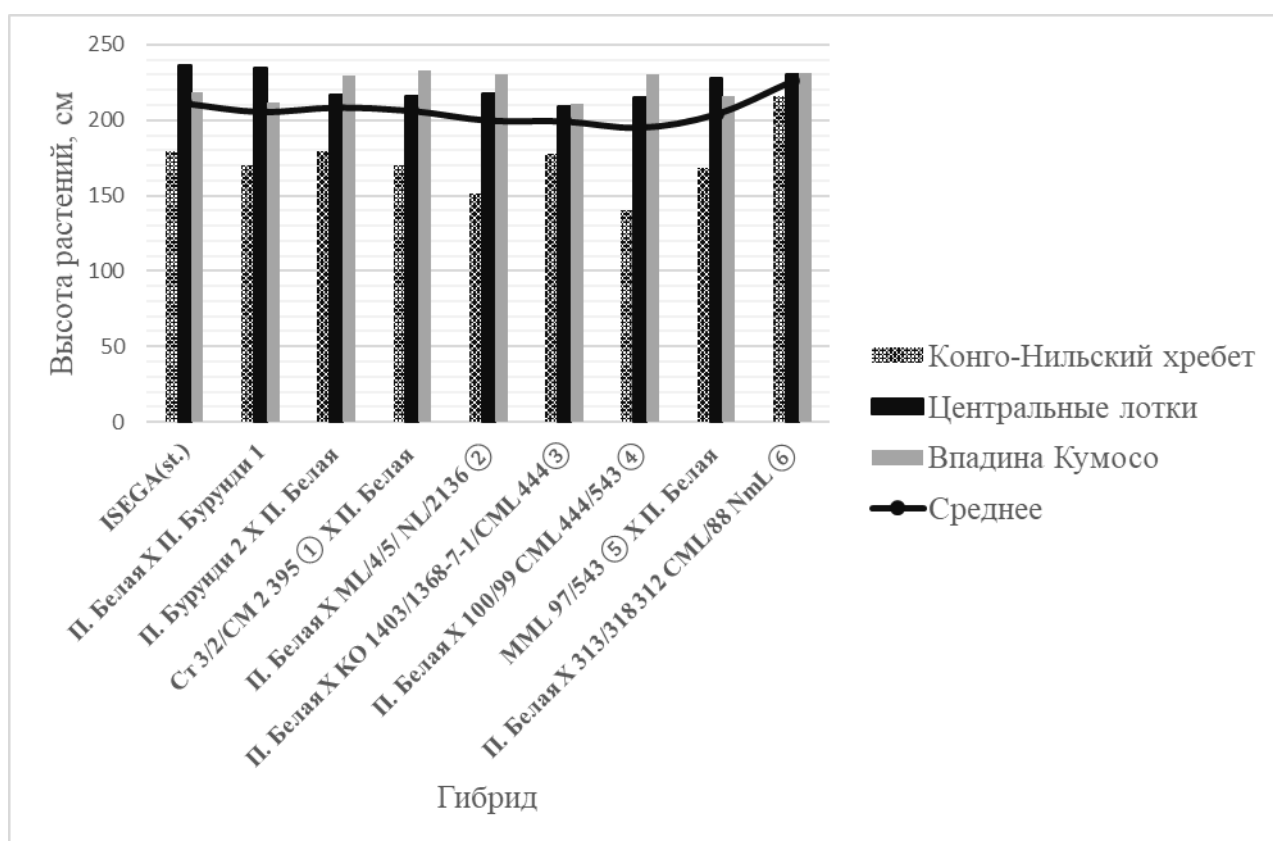


Рисунок 10. Высота растений новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы, по трем пунктам, Бурунди, 2021 г.

Результаты исследований, представленные на рисунке, показывают, что высота растений на хребте Конго-Нил ниже средней по трем агроэкологическим зонам (ниже 200 см). В двух других пунктах изучения высота растений выше средней и составляет более 200 см. Это указывает на то, что высота растений зависит от условий выращивания кукурузы.

Также было проведено исследование по высоте прикрепления початка, что привело к результатам, представленным на рисунке 11.

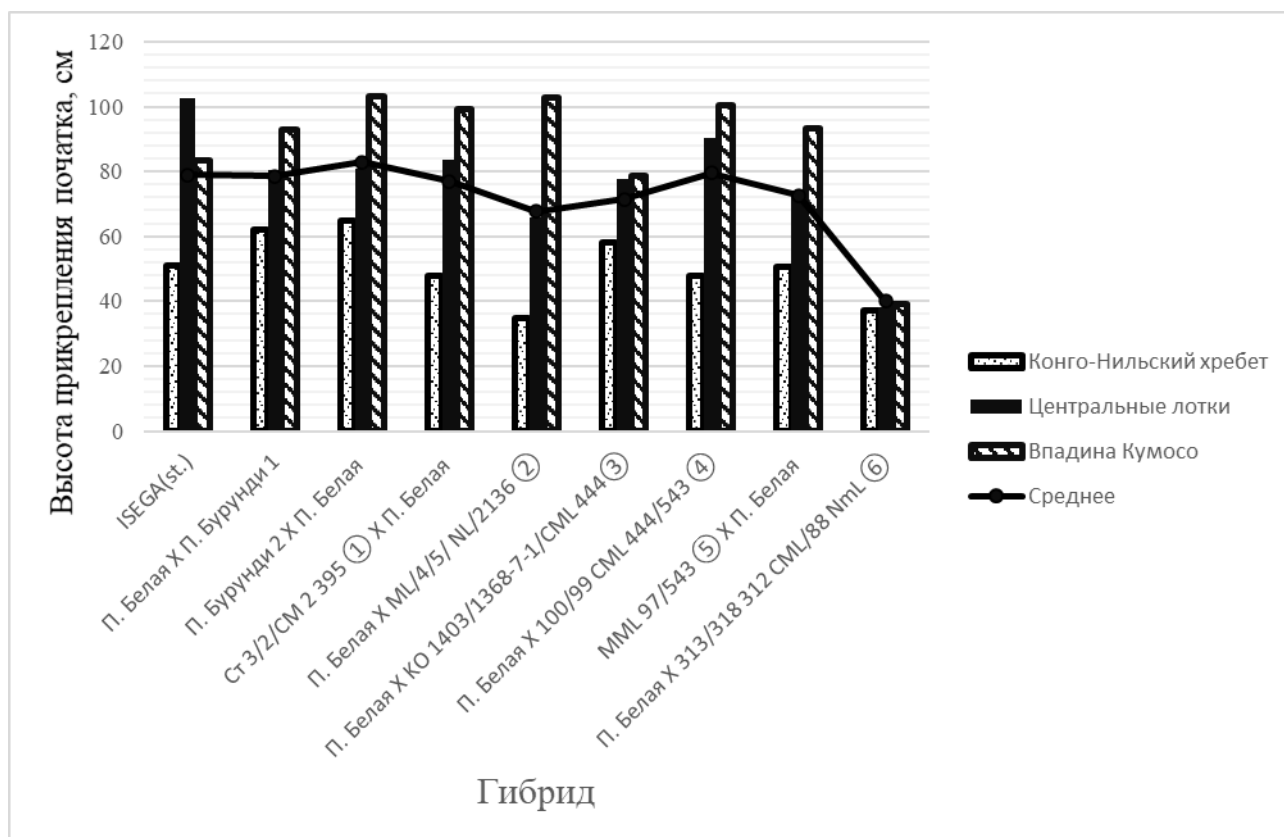


Рисунок 11. Высота прикрепления початка новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы, по трем пунктам, Бурунди, 2020-2021гг.

По результатам исследований было установлено, что наименьшая высота прикрепления початка была выявлена на хребте Конго-Нил. Минимальная высота прикрепления была обнаружена у гибридов П. Белая X ML/4/5/ NL/2136 ② и П. Белая X 313/318 312 CML/88 Nm⑥, а максимальная у гибрида П. Бурунди 2 X п. Белая.

На центральном плато высота прикрепления початка была близка к среднему значению по трем пунктам изучения.

В впадинах Кумосо высота прикрепления початка была выше средней по трем точкам. Максимальная высота в этом пункте была выявлена у гибридов П. Бурунди 2 X п. Белая и П. Белая X ML/4/5/ NL/2136②. Следует отметить, что

наименьшая высота прикрепления початка по всем трем пунктам изучения была обнаружена у гибрида П. БелаяХ313/318312СМL/88 NmL⑥.

Таблица 19. Элементы структуры урожая зерна у новых позднеспелых сортолинейных белозерных гибридов кукурузы, Бурунди, 2020-2021 гг.

| Название или формула сортолинейного гибрида | Длина початка, см | Диаметр початка, см | Кол-во рядов, шт | Кол-во зерен в ряду, шт | Масса 1000 зерен, г | урожайность зерна, ц/га |
|---|-------------------|---------------------|------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| X <sub>ср</sub> , см.                       | 17,5              | 4,7                 | 14,0             | 30,8                    | 326,6               | 52,0                    |
| X <sub>min</sub> , см.                      | 16,4              | 4,4                 | 13,7             | 27,9                    | 310,7               | 44,0                    |
| X <sub>max</sub> , см.                      | 18,2              | 4,9                 | 14,2             | 32,3                    | 363,3               | 62,9                    |
| S   | 0,6               | 0,1                 | 0,2              | 1,4                     | 17,9                | 6,5                     |
| CV, %                                       | 3,4               | 3,2                 | 1,6              | 4,6                     | 5,5                 | 12,5                    |
| НСР <sub>0,05</sub>                         | 1,2               | 0,4                 | 0,9              | 4,1                     | 50,1                | 12                      |

Результаты исследований показывают, что длина початка у новых позднеспелых сортолинейных белозерных гибридов кукурузы находится в пределах от 16,4 до 18,2 см, диаметр початка от 4,4 до 4,9 см, количество рядов от 13,7 до 14,2 шт, количество зерен в ряду от 27,9 до 32,3 шт, и масса 1000 зерен от 310,7 до 363,3 гр. По сравнению с остальными признаками, масса 1000 зерен имеет наибольший коэффициент вариации ( $CV = 5,5\%$ ), а длина початка, диаметр початка, количество рядов, количество зерен в ряду имеют наименьшую вариацию ( $CV < 5\%$ ).

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показывают, что структура урожайности зерна новых позднеспелых сортолинейных белозерных гибридов кукурузы значительно отличается от стандарта (Исега), особенно по длине початка и количеству зерен в ряду. Урожайность зерна гибридов варьировалась от 44,7 до 62,9 ц/га. Популяция Бурунди 2 х п. Белая, ММL 97/543 ⑤ Х п. Белая имела значительно более высокую урожайность зерна - 62,9 ц/га.

Изменения в структуре элементов урожайности зерна частично обусловлены различиями в условиях выращивания, которые, соответственно, приводят к вариации урожайности зерна. Это связано с чувствительностью культуры кукурузы к водному и тепловому стрессу во время фазы цветения

метелки, что может привести к уменьшению количества зерен из-за абортирования зерен в начале налива.

Структуру урожайности зерна также можно рассматривать как результат взаимодействия между генотипом и факторами окружающей среды. Все это способствует изменчивости признаков элементов структуры урожайности зерна.

На рисунке 12 показаны результаты исследований по влиянию генотипа гибрида и условий выращивания на формирование урожайности зерна у новых гибридов кукурузы.

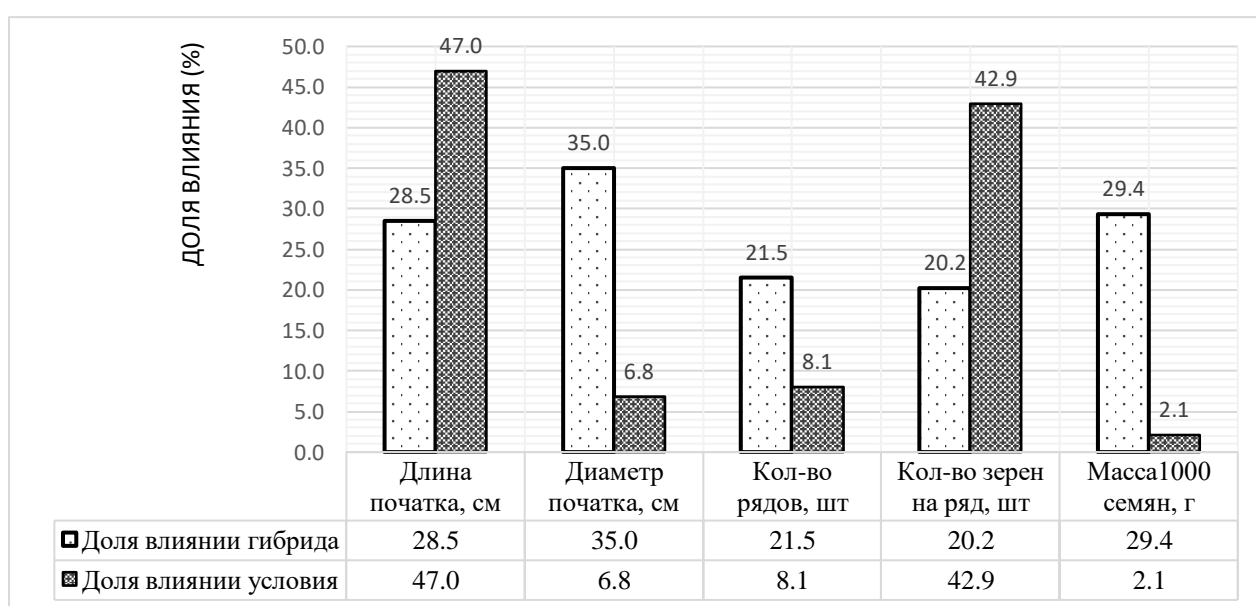


Рисунок 12 - Доля влияния гибрида и условий выращивания на элементы структуры урожайности зерна у новых позднеспелых сортолинейных белозерных гибридов кукурузы, Бурунди 2020-2021 гг.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа, представленные на рисунке 12, показывают, что диаметр початка, длина початка, количество рядов и масса 1000 зерен у новых позднеспелых сортолинейных белозерных гибридов кукурузы в значительной степени зависит от гибрида.

На формирование остальных признаков влияют условия выращивания гибрида.

Результаты других авторов показывают, что количество рядов сильно связано с генетикой гибрида и подвержено влиянию только серьезных экологических стрессов[50, 33].

На рисунке 13 показаны результаты изучения новых новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы по высоте растений.

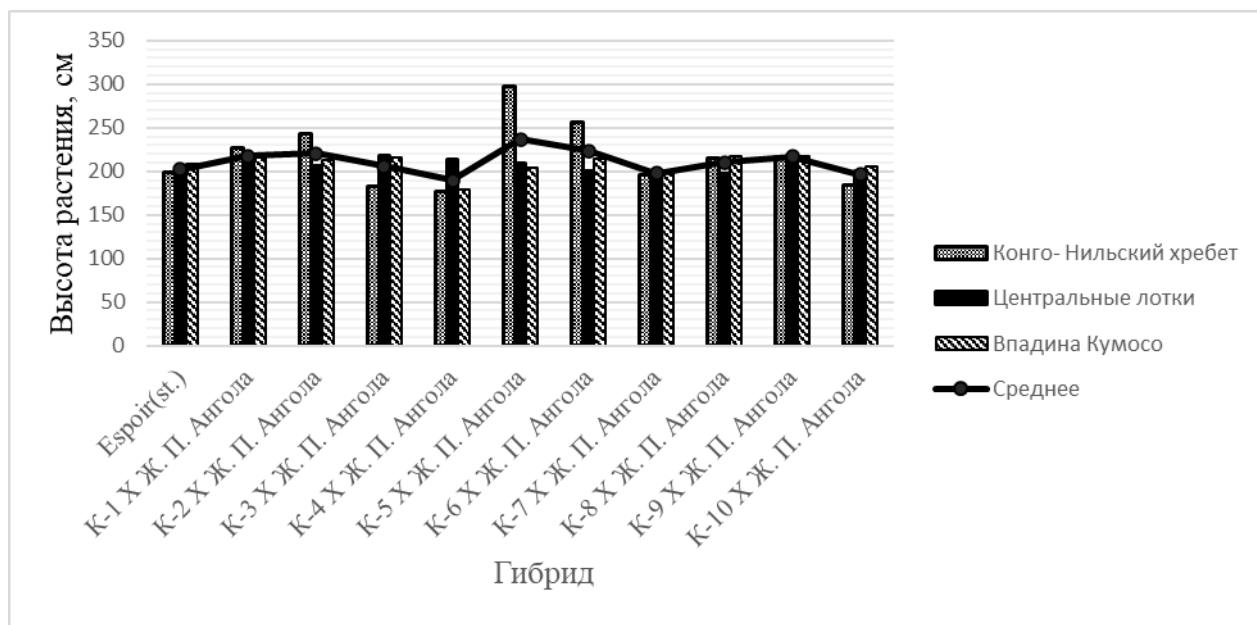


Рисунок 13. Высота растения новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы по трем пунктам, Бурунди, 2020-2021 гг.

Результаты, представленные на рисунке, показывают, что высота растений во впадинах Кумосо и в центральном плато колеблется около среднего значения по трем точкам изучения.

На хребте Конго-Нил два гибрида К-5 X Ж. П Ангола и К-6 X Ж. П Ангола характеризовались высотой растений более 250 см. Максимальная высота по всем трем точкам изучения была обнаружена на хребте Конго-Нил у гибрида К-5 X Ж. П Ангола, высота которого составляет около 300 см.

В трех пунктах изучения были изучены новые позднеспелые сортолинейные желтозерные гибриды кукурузы по высоте прикрепления початка. Результаты представлены на рисунке 14.

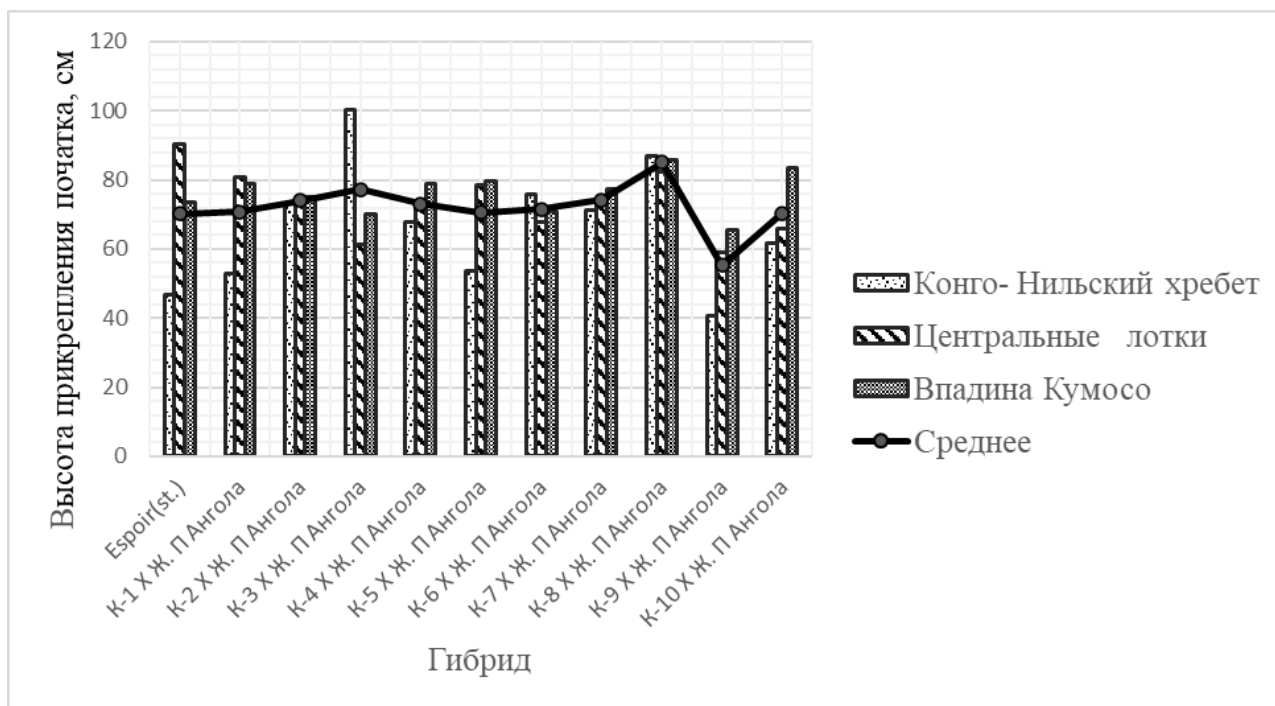


Рисунок 14. Высота прикрепления початка новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы по трем пунктам, Бурунди, 2020-2021 гг.

Из результатов, представленных на рисунке, видно, что высота прикрепления початка различается у разных гибридов. На хребте Конго-Нил минимальная высота прикрепления початка наблюдалась у гибрида К-9 X Ж. П Ангола, в то время как максимальная высота наблюдалась у гибрида К-3 X Ж. П Ангола. В центральных лотках минимальная высота прикрепления початка была обнаружена у гибрида К-9 X Ж. П Ангола.

В данном пункте исследования максимальная высота прикрепления початка была у стандарта Исега и гибрида К-1 X Ж. П Ангола. В впадинах Кумосо минимальная высота прикрепления початка была обнаружена у гибрида К-9 X Ж. П Ангола и максимальная высота у гибрида К-8 X Ж. П Ангола.

Новые позднеспелые сортолинейные желтозерные гибриды кукурузы были изучены с точки зрения элементов их структуры урожая. Результаты представлены в таблице 20.

Tableau 20. Элементы структуры урожая зерна у новых позднеспелых сортолинейных желтозерных гибридов кукурузы по трем пунктам, Бурунди, 2020-2021 гг.

| Название или формула сортолинейного гибрида | Длина початка, см | Диаметр початка, см | Кол-во рядов, шт | Кол-во зерен в ряду, шт | Масса 1000 зерен, г |
|---|-------------------|---------------------|------------------|-------------------------|---------------------|
| Espoir(st.)                                 | 15.5              | 4.4                 | 12.0             | 25.7                    | 321                 |
| К-1 X Ж. П Ангола                           | 20.4              | 5.2                 | 13.2             | 34.7                    | 340                 |
| К-2 X Ж. П Ангола                           | 16.1              | 4.3                 | 14.0             | 22.1                    | 311                 |
| К-3 X Ж. П Ангола                           | 17.4              | 5.0                 | 11.0             | 31.5                    | 296                 |
| К-4 X Ж. П Ангола                           | 16.7              | 4.2                 | 12.8             | 28.5                    | 324                 |
| К-5 X Ж. П Ангола                           | 15.5              | 4.4                 | 11.8             | 25.9                    | 288                 |
| К-6 X Ж. П Ангола                           | 15.3              | 4.9                 | 14.2             | 27.7                    | 277                 |
| К-7 X Ж. П Ангола                           | 15.8              | 4.4                 | 14.0             | 22.5                    | 412                 |
| К-8 X Ж. П Ангола                           | 16.5              | 4.5                 | 13.4             | 28.4                    | 356                 |
| К-9 X Ж. П Ангола                           | 19.1              | 5.3                 | 14.4             | 32.9                    | 360                 |
| К-10 X Ж. П Ангола                          | 19.4              | 5.3                 | 13.6             | 35.3                    | 332                 |
| Хср, см.                                    | 17.0              | 4.7                 | 13.1             | 28.3                    | 327                 |
| Хmin, см.                                   | 15.3              | 4.2                 | 11.0             | 22.1                    | 277                 |
| Хmax, см.                                   | 20.4              | 5.3                 | 14.4             | 35.3                    | 412                 |
| S   | 1.8               | 0.4                 | 1.1              | 4.5                     | 38                  |
| CV, %                                       | 10.4              | 9.1                 | 8.5              | 16.0                    | 12                  |

Результаты таблицы показывают, что длина початка у новых гибридов была в пределах от 15,3 до 20,4 см ( $CV = 10,4\%$ ), диаметр початка от 4,2 до 4,5 см ( $CV = 9,1\%$ ), количество рядов от 11 до 14,4 рядов ( $CV = 8,5\%$ ), количество зерен в ряду от 22,1 до 35,3 зерен ( $CV = 16\%$ ) и масса 1000 зерен от 277 до 412 гр. ( $CV = 12\%$ ).

Согласно результатам, новые гибриды кукурузы в целом характеризовались початками длиной  $17 \pm 1,8$  см, диаметром  $4,7 \pm 0,4$  см, числом рядов  $13,1 \pm 1,1$  ряда, числом зерен в ряду  $28,3 \pm 4,5$  зерен и массой 1000 зерен  $327 \pm 38$  гр.

### 3.4. Зерновая продуктивность новых среднеспелых гибридов кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края

Создание высокопродуктивных гибридов кукурузы является одной из задач селекции. Новые среднеспелые гибриды кукурузы были оценены по урожайности зерна. На рисунке 15 приведены среднеспелые гибриды, созданные при комбинации линий и разных тестеров, урожайность которых превышает стандарт - гибрид Краснодарский 377 АМВ, использованный в нашей работе.

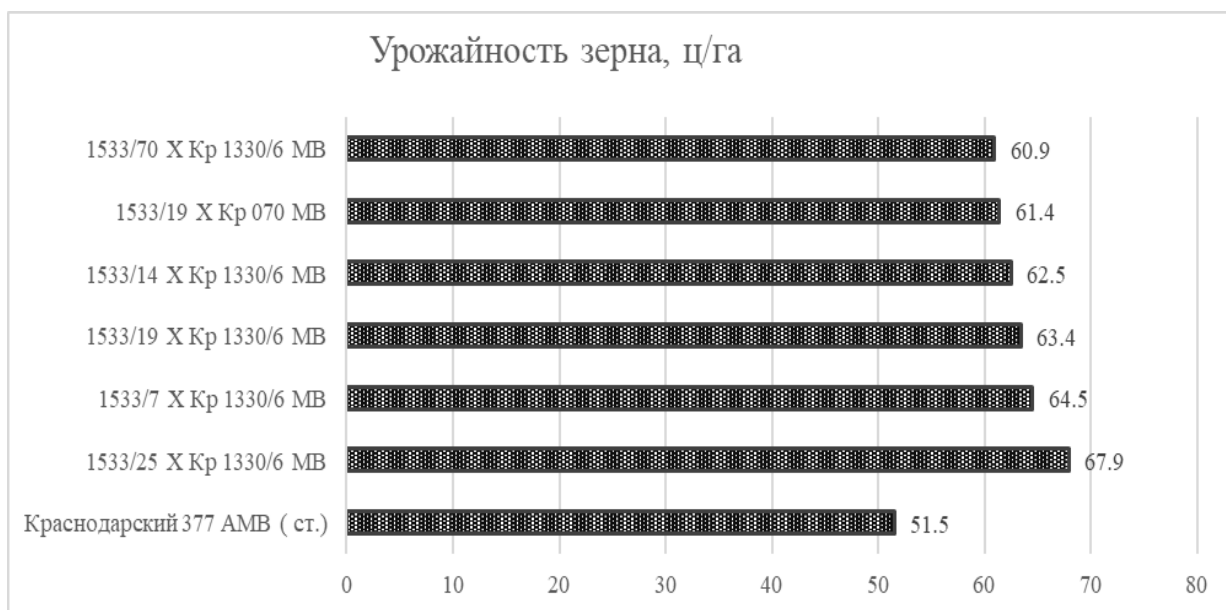


Рисунок 15. Зерновая продуктивность лучших новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020 г.

Результаты, представленные на рисунке, показывают, что из 36 гибридов, испытанных в 2020 году, шесть гибридов выделились по урожайности зерна, которая превысила стандарт на 9,4 - 16,4 ц/га ( при  $НСР_{0,05} = 6,5$  ). Пять из этих шести гибридов были получены с тестером Кр 1330/6 МВ. Их урожайность варьировала от 60,9 до 67,9 ц/га. Лучшим из всех гибридов стал гибрид 1533/25 X Кр 1330/6 МВ, урожайность которого составила 67,9 ц/га и превысила стандарт на 16,4 ц/га. В условиях Краснодарского края в 2021 году было проведено испытание этих же гибридов на зерновую продуктивность. Результаты представлены на рисунке 16.



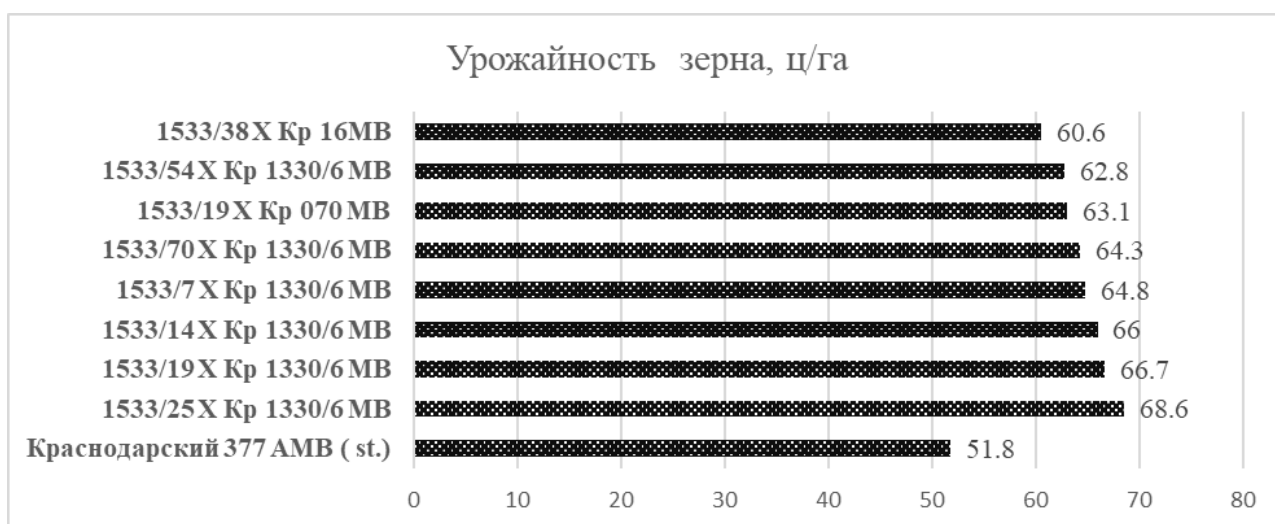


Рисунок 16. Зерновая продуктивность лучших новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2021 г.

Всего 8 гибридов выделились по лучшей урожайности зерна в 2021 году. Из них шесть гибридов созданы с участием тестера Кр 1330/6 МВ. Один гибрид сформирован с участием тестера Кр 070 МВ и другой Кр 16МВ. Урожайность данных гибридов превысила стандарт от 8,8 до 16,8 ц/га. В этом году самым лучшим гибридом стал гибрид 1533/25 X Кр 1330/6 МВ. Урожайность зерна этого гибрида составила 68,6 ц/га, что превысило стандарт Краснодарский 377 АМВ на 16,8 ц/га при  $НСР_{0,05} = 5,2$ . На рисунке 17 представлены результаты опытов 2022 года.

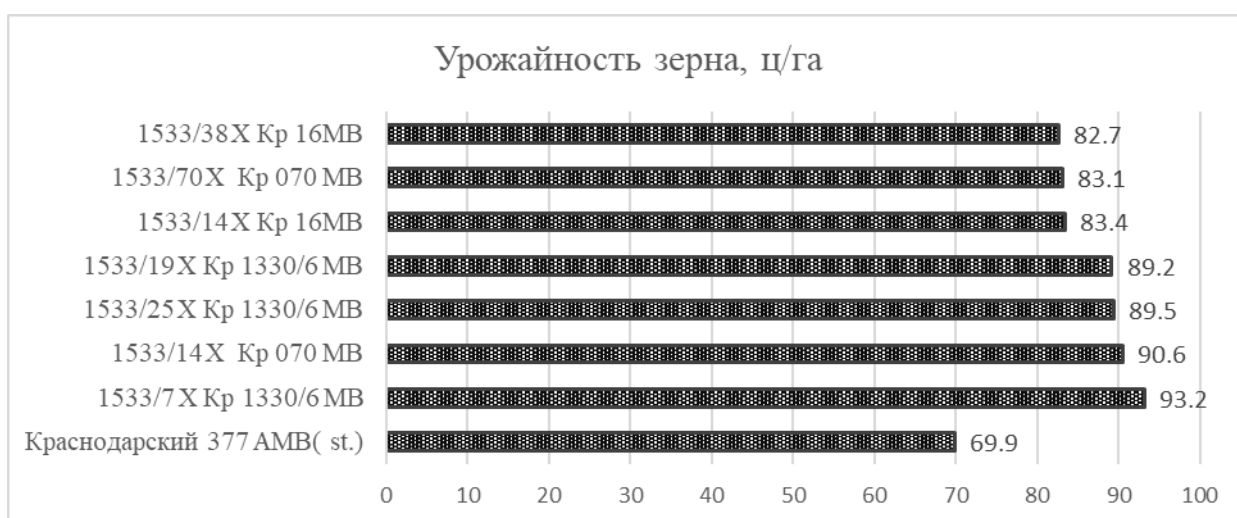


Рисунок 17. Зерновая продуктивность лучших новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2022 г.

Результаты показывают, что в 2022 году 7 гибридов сформировали более высокую урожайность зерна по сравнению со стандартом. Их урожайность варьировала от 82,7 до 93,2 ц/га ( $НСР_{0,05} = 5,5$ ). Данные гибриды превысили стандарт на 12,8 - 23,3 ц/га. Лучшим гибридом в этом году оказался гибрид 1533/7 X Кр 1330/6 МВ с урожайностью зерна 93,2 ц/га и превышением под стандартом на 23,3 ц/га.

Исследование по изучению новых среднеспелых гибридов кукурузы на зерновую продуктивность проводилось в течение трех лет. На рисунке 18 представлены лучшие гибриды по урожайности зерна за данный период исследований.

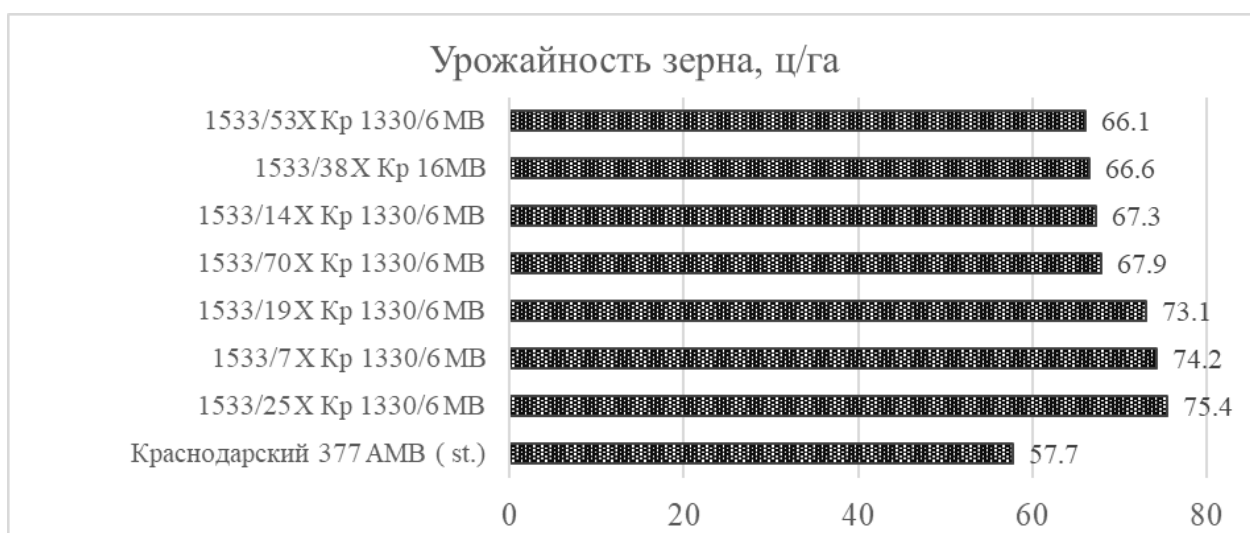


Рисунок 18. Зерновая продуктивность лучших новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, среднее за 2020-2022 г.

Результаты, представленные на рисунке, показывают, что за три года исследования выделились семь гибридов, у которых урожайность зерна была значительно выше стандарта ( $НСР_{0,05} = 5,6$ ). Шесть из них были созданы с использованием тестера Кр 1330/6 МВ. Из семи гибридов только один был получен с тестером Кр 16МВ. Урожайность новых среднеспелых гибридов кукурузы варьировала от 66,1 до 75,4 ц/га. Эти гибриды превышали стандарт на 8,4 - 17,7 ц/га. Гибрид 1533/25 X Кр 1330/6 МВ является лучшим из всех с урожайностью зерна 75,4 ц/га, превышающей стандарт на 17,7 ц/га.

### 3.5. Зерновая продуктивность новых позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы в условиях Бурунди

Изучение зерновой продуктивности новых гибридов кукурузы проводилось в трех агроэкологических зонах Бурунди. В таблице 21 представлены результаты по урожайности зерна.

Таблица 21. Зерновая продуктивность новых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы, по трем пунктам, Бурунди, 2020-2021 гг.

| Название или формула сортолинейного гибрида | Пункты изучения,<br>урожайность зерна, ц/га |                      |                   | Среднее |
|---|---|----------------------|-------------------|---------|
|   | Конго-<br>Нильский<br>хребет                | Центральные<br>лотки | Впадина<br>Кумосо |         |
| ISEGA(st.)                                  | 48,7  | 41,6                 | 41,7              | 44,0    |
| П. Бурунди 2 X П. Белая                     | 58,1  | 67,9                 | 62,7              | 62,9    |
| ММЛ 97/543 ⑤ X П. Белая                     | 57,1  | 57,8                 | 56,6              | 57,1    |
| Ст 3/2/СМ 2 395 ① X П. Белая                | 50,6  | 52,6                 | 64,6              | 55,9    |
| П. Белая X П. Бурунди 1                     | 58,9  | 56,8                 | 49,0              | 54,9    |
| П. Белая X КО1403/1368-7-1/СМЛ 444③         | 54,0  | 45,3                 | 60,8              | 53,3    |
| П. Белая X 100/99 СМЛ 444/543 ④             | 50,6  | 35,8                 | 62,3              | 49,6    |
| П. Белая X 313/318 312СМЛ/88NmL⑥            | 42,5  | 41,4                 | 52,4              | 45,4    |
| П. Белая X МЛ/4/5/ NL/2136 ②                | 41,2  | 34,9                 | 57,9              | 44,7    |
| НСР <sub>0,05</sub>                         | 7,2   | 7,6                  | 16,2              | -       |

При  $НСР_{0,05} = 7,2$  выделились три гибрида, урожайность зерна которых достоверно превысила стандарт на хребте Конго-Нил. К ним относятся гибриды П. Бурунди 2 X П. Белая, ММЛ 97/543 ⑤ X П. Белая и П. Белая X П. Бурунди 1. Гибрид П. Белая X П. Бурунди 1 был лучшим гибридом в этом пункте с урожайностью зерна 58,9 ц/га.

На Центральном плато при  $НСР_{0,05} = 7,6$  выделились гибриды П. Бурунди 2 X П. Белая, ММЛ 97/543⑤ X П. Белая, Ст 3/2/СМ2395① X П. Белая и П. Белая X П. Бурунди 1. Гибрид П. Бурунди 2 X П. Белая, который является лучшим гибридом, урожайность зерна его составила 67,9 ц/га.

В впадинах Кумосо 4 гибрида, в том числе П. Бурунди 2 X П. Белая, Ст 3/2/СМ 2 395<sup>①</sup> X П. Белая, П. Белая X КО1403/1368-7-1/СМL 444<sup>③</sup> и П. Белая X 100/99 СМL 444/543<sup>④</sup> характеризуются урожайностью, значительно превышающей стандарт. В этом пункте гибрид П. Бурунди 2 X П. Белая оказался лучшим гибридом с урожайностью зерна 62,7 ц/га.

Также изучалась зерновая продуктивность у новых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы. Результаты представлены в таблице 22.

Таблица 22. Зерновая продуктивность новых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы, по трем пунктам, Бурунди, 2020-2021 гг.

| Название или формула сортолинейного гибрида | Пункты изучения, урожайность зерна, ц/га |                   |                | Среднее |
|---|--|-------------------|----------------|---------|
|   | Конго-Нильский хребет                    | Центральные лотки | Впадина Кумосо |         |
| Espoir(st.)                                 | 29,3                                     | 26,0              | 33,1           | 29,4    |
| К-3 X Ж. П. Ангола                          | 41,9                                     | 44,3              | 58,8           | 48,3    |
| К-2 X Ж. П. Ангола                          | 49,3                                     | 53,9              | 38,4           | 47,2    |
| К-1 X Ж. П. Ангола                          | 37,4                                     | 44,1              | 47,8           | 43,1    |
| К-10 X Ж. П. Ангола                         | 40,9                                     | 51,7              | 34,9           | 42,5    |
| К-9 X Ж. П. Ангола                          | 43,0                                     | 53,8              | 24,2           | 40,4    |
| К-8 X Ж.П. Ангола                           | 53,6                                     | 32,2              | 29,1           | 38,3    |
| К-4 X Ж. П. Ангола                          | 16,5                                     | 43,2              | 46,5           | 35,4    |
| К-6 X Ж.П. Ангола                           | 30,2                                     | 30,7              | 33,4           | 31,5    |
| К-5 X Ж. П. Ангола                          | 24,1                                     | 38,6              | 30,2           | 31,0    |
| К-7 X Ж. П. Ангола                          | 25,0                                     | 29,1              | 28,8           | 27,6    |
| НСР <sub>0,05</sub>                         | 6,9                                      | 11,4              | 10             | -       |

На хребте Конго-Нил семь гибридов имели урожайность, превышающую стандарт по урожайности зерна при НСР<sub>0,05</sub> = 6,9. Лучшим гибридом в этом пункте изучения являлся гибрид К-8 X Ж.П. Ангола, который показал урожайность зерна 53,6 ц/га. В центральных лотках также семь гибридов выделились по урожайности зерна. Лучшим гибридом стал гибрид К-2 X Ж.П. Ангола, урожайность зерна которого составила 53,9 ц/га.

В впадинах Кумосо три гибрида имели урожайность зерна, достоверно превышающую стандарт. Урожайность данных гибридов колебалась от 46,5 до 58,8 ц/га. Лучшим гибридом в этом пункте является гибрид К-3 X.П. Ангола, который имел урожайность 58,8 ц/га.

### 3.6. Анализ общей и специфической комбинационной способности новых среднеспелых линий кукурузы

Анализ комбинационной способности позволяет определить ценность линий на основе характеристик их потомства при определенной схеме скрещивания [18, 19, 20]. С точки зрения статистики, общая комбинационная способность является главным эффектом, а специфическая комбинационная способность – эффектом взаимодействия [4].

Комбинационная способность линий по основным признакам оценивается путем изучения набора созданных линий в рамках качественного испытания, сопровождаемого статистическим анализом. Кроме того, отбор родителей по комбинационной способности проводится путем выращивания и оценки потомства [8, 24]. Таким образом, линии с высокой комбинационной способностью дают высококачественные гибриды, линии с низкой комбинационной способностью - низкокачественные гибриды.

В данной работе оценка эффектов ОКС линий была проведена на основе урожайности гибридов  $F_1$ , испытываемых в условиях Краснодар.

На рисунке 19 приведены результаты изучения общей комбинационной способности линий по урожайности зерна за три года исследований.

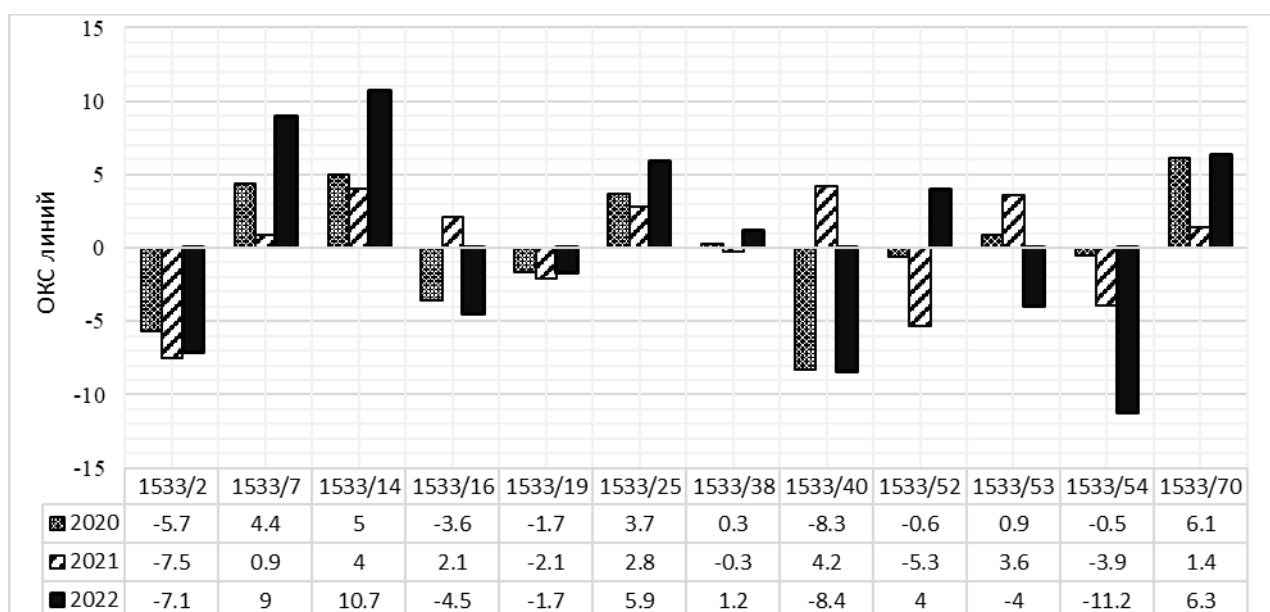


Рисунок 19. Общая комбинационная способность новых среднеспелых линий кукурузы, г. Краснодар, 2020 - 2022 гг.

Из результатов, представленных на рисунке, 6 линий характеризовались положительными значениями ОКС в 2020 году. Очень хорошая комбинационная способность была обнаружена у линий 1533/14 и 1533/70 ( $g_i = 5$ ,  $g_i = 6,1$ , соответственно). В 2021 году 7 линий имели положительные значения ОКС. Среди них линии 1533/14 и 1533/40 имели очень хорошую комбинационную способность ( $g_i = 4$ ,  $g_i = 4,2$ , соответственно).

В 2022 году 6 линий имели положительные значения ОКС. Линиями с очень хорошей комбинационной способностью были 1533/7, 1533/14 и 1533/70 ( $g_i = 4$ ,  $g_i = 4,2$  и  $g_i = 4,2$ , соответственно).

Высокие значения СКС тестера показывают, что гибриды, полученные при комбинации линий с тестером, имеют высокую урожайность зерна [12, 15]. На самом деле, эффекты СКС оцениваются на основе урожайности гибридов, которые были получены на основе линий и тестеров.

Это говорит о том, что данный тестер является наиболее эффективным в селекционных программах по созданию высокоурожайных гибридов кукурузы.

На рисунке 20 представлены результаты по эффектам СКС новых среднеспелых гибридов кукурузы по урожайности зерна 2020 года.

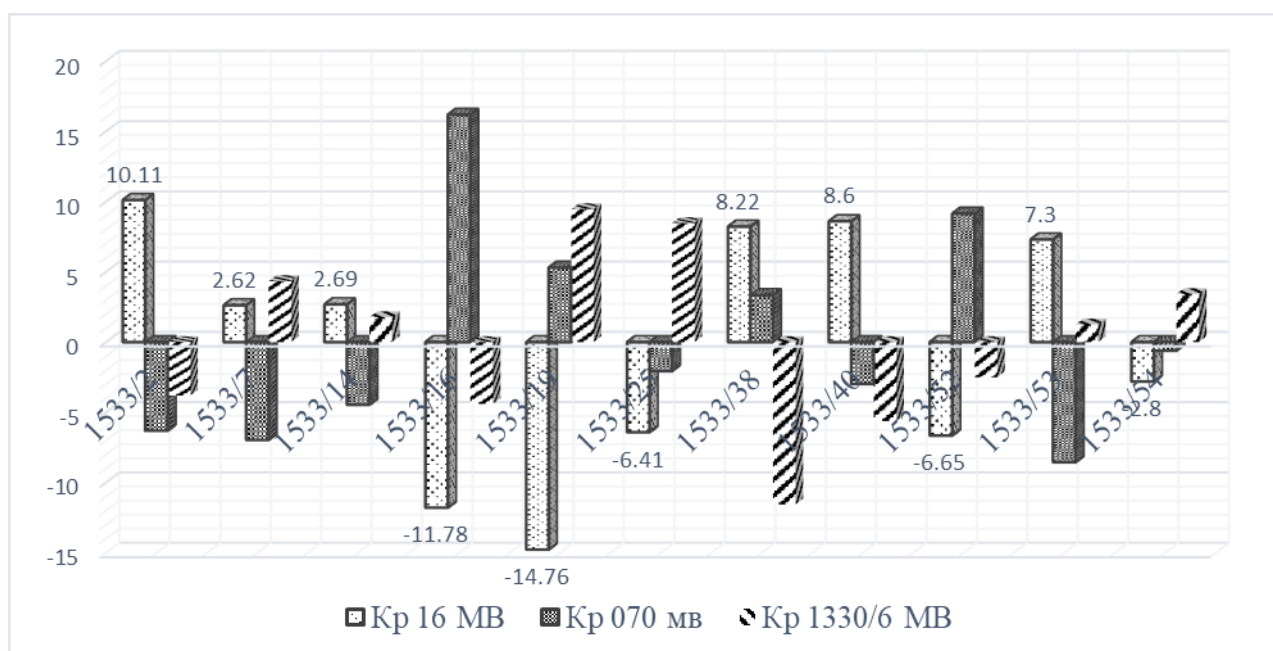


Рисунок 20. Специфическая комбинационная способность новых среднеспелых линий кукурузы, Краснодар, 2020 год.

Согласно результатам, приведенным в таблице, очень хорошая специфическая комбинационная способность с тестером Кр 16 МВ была получена с линиями 1533/2, 1533/38 и 1533/40. При использовании тестера Кр 070 МВ, очень хорошая пригодность к комбинированию была получена с линиями 1533/16 и 1533/16. С тестером Кр 1330/6 МВ хорошо комбинированные линии 1533/19 и 1533/25.

Рисунок 21 показывает результаты эффектов СКС новых среднеспелых гибридов кукурузы по урожайности зерна в 2021 году.

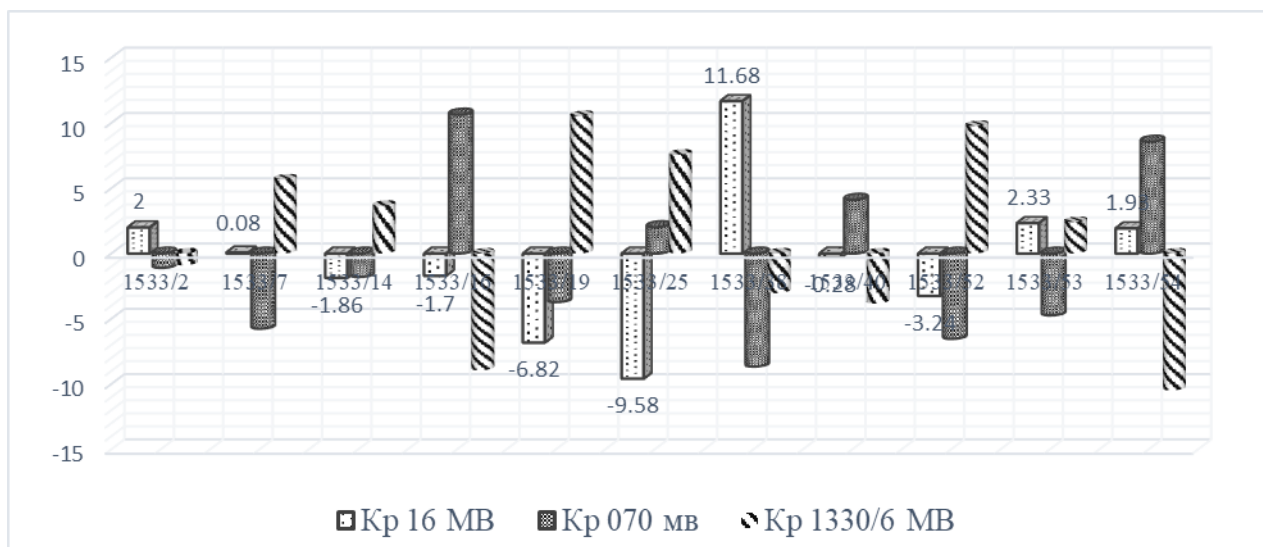


Рисунок 21. Специфическая комбинационная способность новых среднеспелых линий кукурузы, Краснодар, 2021 год.

В 2021 году хорошая специфическая комбинационная способность была выявлена с тестером Кр 16 МВ и линиями 1533/38 и 1533/70. С тестером Кр 070 МВ она была выявлена с линиями 1533/16, 1533/54 и 1533/70. Также она была получена с тестером Кр 1330/6 МВ и линиями 1533/19 и 1533/16.

В этом году высокие значения варианты СКС были отмечены в комбинациях, полученных с использованием тестеров и линий 1533/38 и 1533/70.

В 2022 году также было проведено исследования линий на их специфическую комбинационную способность. Результаты представлены на рисунке 21.

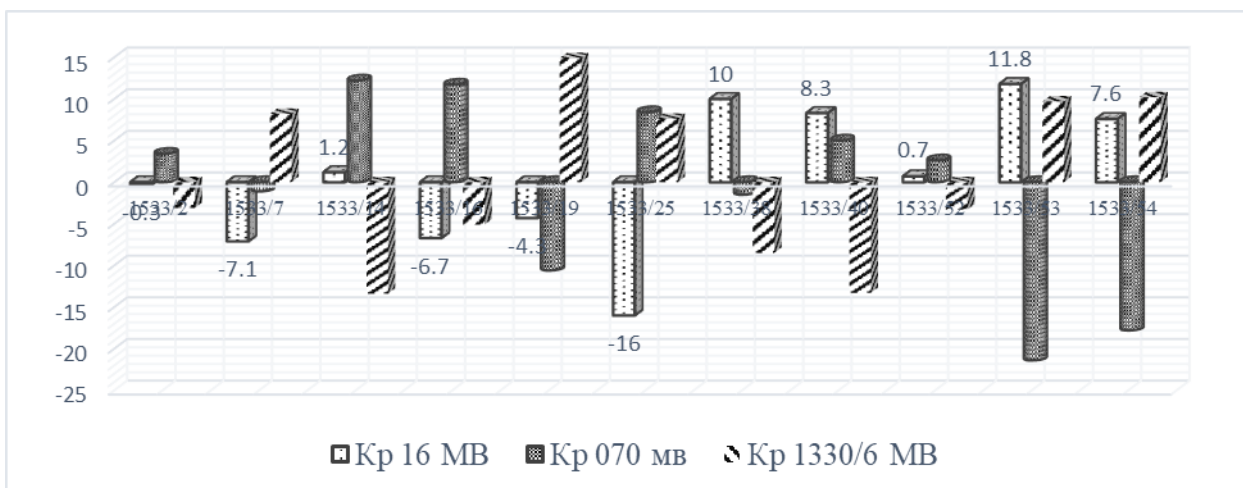


Рисунок 22. Специфическая комбинационная способность новых среднеспелых линий кукурузы, Краснодар, 2022 год.

Результаты 2022 года показали, что при использовании тестера Кр 16 МВ хорошая специфическая комбинационная способность была обнаружена у линий 1533/38 и 1533/53. С тестером Кр 070 МВ она была получена с линиями 1533/14, 1533/16 и 1533/70. Хорошая специфическая комбинационная способность была также выявлена с тестером Кр 1330/6 МВ и линиями 1533/19 и 1533/54. Варианса СКС ( $\sigma^2 Si$ ) показывает изменчивость урожайности зерна в гибридах, созданных с участием трех тестеров и автодиплоидных линий. Результаты за три года исследования приведены на рисунке 23.

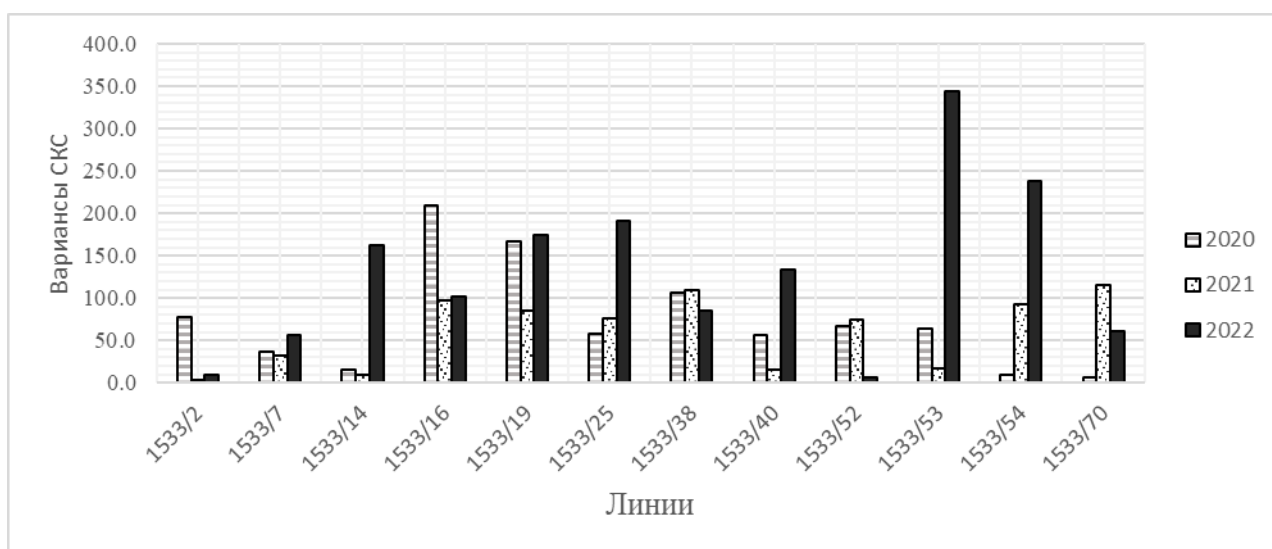


Рисунок 23 - Вариансы СКС по результатам урожайности зерна, Краснодар, 2020-2022 гг.



Результаты на рисунке 23 показывают, что в 2020 году минимальное значение дисперсии СКС в этом году ( $\sigma^2 S_i = 6,4$ ) было обнаружено у гибридов, созданных с линией 1533/70. Максимальное значение ( $\sigma^2 S_i = 209,7$ ) было выявлено у гибридов, созданных на основе комбинации трех тестеров с линией 1533/16.

В 2021 году минимальное значение дисперсии СКС ( $\sigma^2 S_i = 2,8$ ) было обнаружено у гибридов, сформированных с линией 1533/2. Максимальное значение ( $\sigma^2 S_i = 114,9$ ) было обнаружено у гибридов, созданных с участием линии 1533/70.

Результаты за 2022 год показали, что минимальное значение дисперсии ОКС ( $\sigma^2 S_i = 7,1$ ) было выявлено у линии 1533/52, а максимальное значение ( $\sigma^2 S_i = 343,6$ ) у гибридов, созданных с линией 1533/53.

За три года испытаний результаты показывают, что минимальное значение ( $\sigma^2 S_i = 2,8$ ) обнаружено в 2021 году для гибридов, полученных с участием линии 1533/2, в то же время высокое значение дисперсии ( $\sigma^2 S_i = 343,6$ ) зафиксировано у гибридов, созданных с участием линии 1533/53.

### **3.7. Оценка новых среднеспелых линий кукурузы по реакции на цитоплазматическую мужскую стерильность М – типа**

При производстве гибридных семян кукурузы возникает множество проблем. Для достижения полной гибридизации между двумя родителями очень важно не допускать самоопыления материнских растений. При отсутствии полной гибридизации материнская форма, которая обычно имеет низкую урожайность, попадает в производимый семенной материал и снижает общий урожай с единицы площади, что приводит к неполному использованию гетерозиса.

Контролируемое опыление растений материнской формы в семеноводстве гибридов может быть достигнуто одним из следующих способов: путем удаления метелок (вручную или механически), путем применения химических веществ, которые предотвращают образование или высвобождение пыльцы, и путем использования мужской стерильности. Возможность эффективного решения проблемы стерильности при производстве гибридных семян возникла с открытием цитоплазматической мужской стерильности у кукурузы.

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) связана с неспособностью растения производить функциональную пыльцу. Этот признак обусловлен мутациями

в митохондриальном геноме и поэтому передается через цитоплазму, т.е. не передается пыльцой и не подлeжит менделевскому наследованию.

Таким образом, ЦМС является привлекательным признаком для семеноводческой отрасли кукурузы, поскольку она снижает затраты на производство гибридных семян. Действительно, она полностью исключает необходимость кастрации метелок материнских растений, поэтому количество работников, необходимых для выполнения задач контроля, сводится к минимуму, качество продукции улучшается, а связанные с этим затраты и риски значительно снижаются, и, наконец, таким образом, семеноводство становится очень привлекательным для производителей.

В настоящее время на практике многие гибридные семена получают на мужских стерильных инбредных линиях и производятся путем применения основных типов цитоплазматической мужской стерильности – Молдовский и Си. Гибриды кукурузы, созданные на основе стерильности, получают путем скрещивания материнских форм со стерильной цитоплазмой и родительских форм с генами восстановления данного типа стерильности в ядерном геноме, так что мужская фертильность восстанавливается в поколении F<sub>1</sub>, т.е. в гибриде.

На рисунке 24 представлено распределение линий в зависимости от их реакции на мужскую цитоплазматическую стерильность.

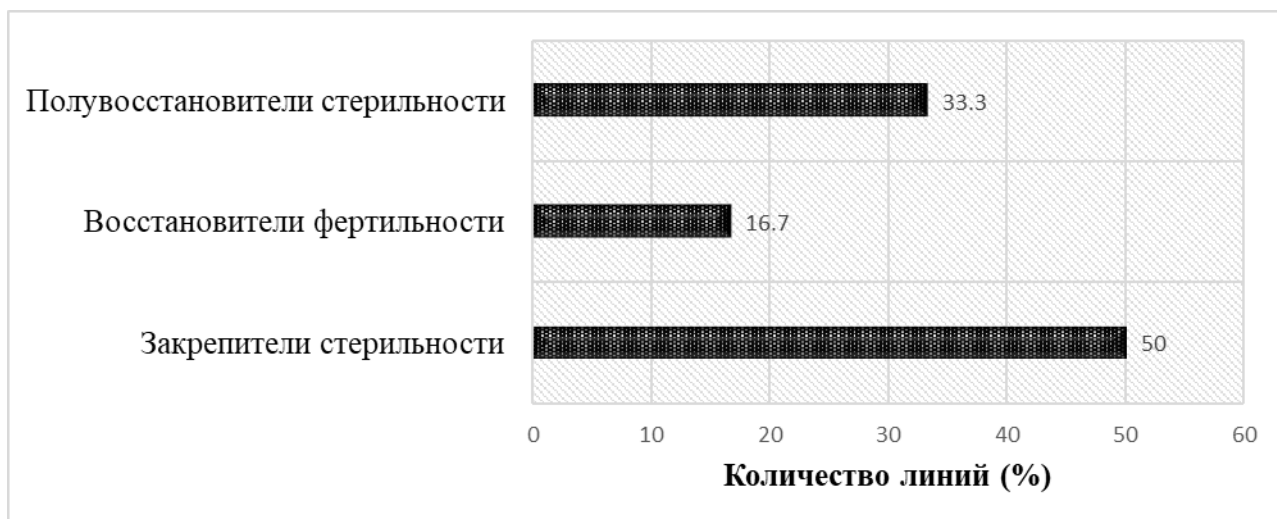


Рисунок 24. Распределение линий в зависимости от их реакции на мужскую цитоплазматическую стерильность.

Согласно результатам, представленным на рисунке, 50% линий, использованных при создании новых среднеспелых гибридов кукурузы, являются закрепителями стерильности, 33,3% - полувосстановителями стерильности, а 16,7% - восстановителями стерильности.

Из шести линий, которые восстановили стерильность, у пяти линий нет выхода пыльников, а у другой линии выход стерильных пыльников составляет 1-3%.

Из шести линий, полувосстановители стерильности, две линии характеризуются большинством выходом стерильных пыльников и до 25% фертильных пыльников, а две другие линии - 45% стерильных пыльников и 55% фертильных пыльников. У восстановителей стерильности наблюдается интенсивное нормальное цветение.

### **3.8. Экологическая пластичность и стабильность новых среднеспелых и позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы**

Кукуруза - это культура, которая играет важную роль в экономике и продовольственной безопасности. Однако, изменение климата негативно сказывается на урожайности зерна данной культуры. Для решения этой проблемы необходим отбор высокоурожайных и стабильных гибридов кукурузы, а для этого требуется эффективный метод оценки новых гибридов кукурузы.

Метод оценки, позволяющий провести анализ параметров стабильности и пластичности, является важным шагом в программах селекции растений и предоставляет более точную информацию для селекции идеального генотипа. Этот метод позволяет определить влияние генотипа, среды и взаимодействия генотип × среда (GEI) на урожайность зерна гибридов кукурузы и выделить лучшие гибриды кукурузы с высокой и стабильной урожайностью в условиях испытаний [14].

### 3.8.1. Экологическая пластичность и стабильность новых среднеспелых гибридов кукурузы

В нашей работе новые среднеспелые гибриды кукурузы были изучены с 2020 по 2022 год в Краснодарском крае. На основе полученной урожайности зерна мы рассчитали параметры стабильности и пластичности по методу С.А. Эберхарта и В.А. Рассела [49].

На рисунке 25 приведены коэффициенты стабильности и пластичности новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных путем скрещивания 12 линий с тестером Кр 16МВ.

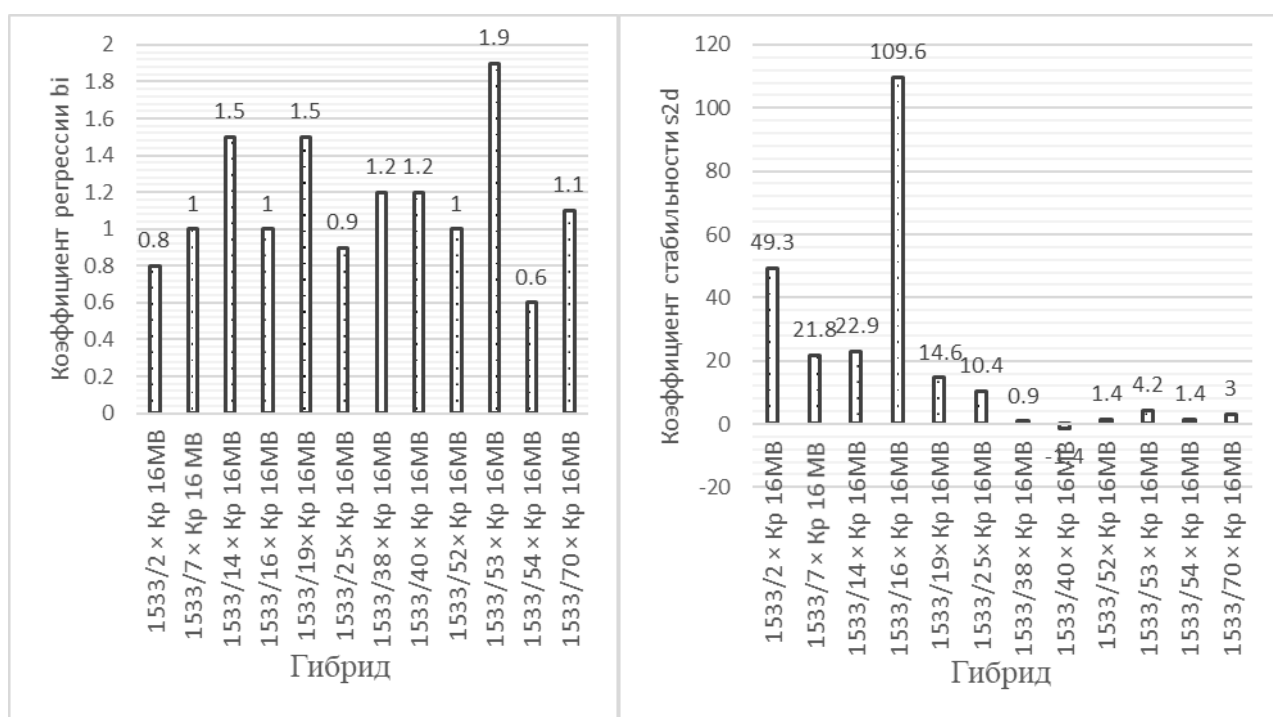


Рисунок 25. Коэффициенты пластичности и стабильности новых среднеспелых гибридов, созданных с участием тестера Кр 16МВ, по урожайности зерна, Краснодар, 2020-2022 гг.

Результаты, представленные на рисунке, показывают, что новые среднеспелые гибриды кукурузы: 1533/38 X Кр 16МВ ( $b_i = 1,2$ ), 1533/40 X Кр 16МВ ( $b_i = 1, 2$ ), 1533/53 X Кр 16МВ ( $b_i = 1,9$ ), 1533/14 X Кр 16МВ и 1533/19 X Кр 16МВ ( $b_i = 1,5$ ) имели коэффициенты пластичности  $b_i > 1$ . Как говорят, такие гибриды являются пластичными. Остальные гибриды имели коэффициенты

пластичности  $b_i$  меньше 1 и считаются непластичными. К ним относятся гибриды: 1533/2 X Кр 16МВ ( $b_i = 0,8$ ), 1533/7 X Кр 16МВ ( $b_i = 1$ ), 1533/16 X Кр 16МВ ( $b_i = 1$ ), 1533/25 X Кр 16МВ ( $b_i = 0,9$ ), 1533/52 X Кр 16МВ ( $b_i = 1$ ) и 1533/54 X Кр 16МВ ( $b_i = 0,6$ ).

По стабильности новых среднеспелых гибридов кукурузы, гибрид 1533/40 X Кр 16МВ имел коэффициент стабильности больше 1 ( $S^2d_i = -1,4$ ). Этот гибрид является стабильным. Остальные гибриды не являются стабильными, так как их коэффициенты стабильности  $S^2d_i$  больше нуля.

Нами также были определены стабильность и пластичность новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных путем скрещивания 12 линий с тестером Кр 070 МВ (рисунок. 26).

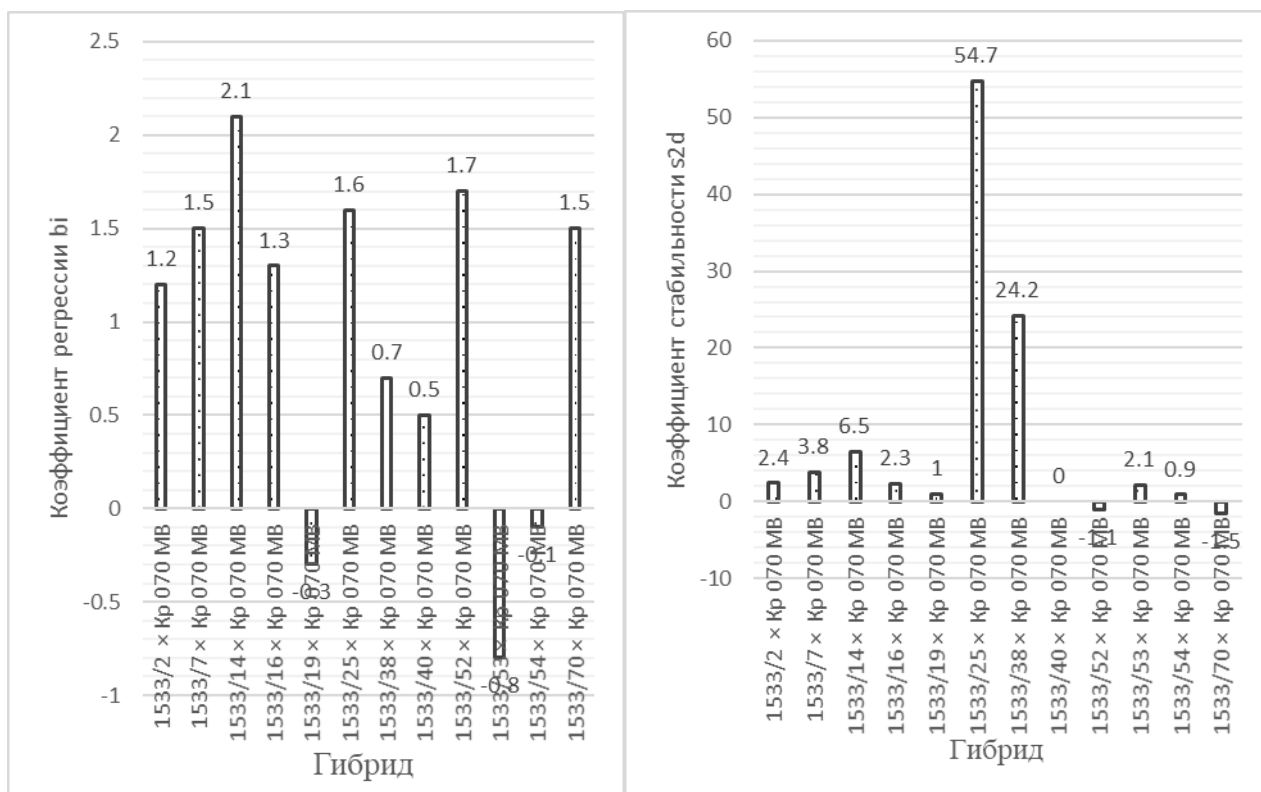


Рисунок 26. Коэффициенты пластичности и стабильности новых среднеспелых гибридов, созданных с участием тестера Кр 070 МВ, по урожайности зерна, Краснодар, 2020-2022 гг.

По результатам исследования, представленных в таблице 48 можно отметить, что гибриды кукурузы 1533/2 X Кр 070 МВ ( $b_i = 1,2$ ), 1533/7 X Кр 070 МВ

(bi = 1,5), 1533/14 X Кр 070 МВ (bi = 2, 1), 1533/16 X Кр 070 МВ (bi = 1,3), 1533/52 X Кр 070 МВ (bi = 1,7) и 1533/70 X Кр 070 МВ (bi = 1,5) характеризуются высокой экологической пластичностью. Остальные гибриды кукурузы в этой группе имеют коэффициент пластичности  $b_i < 1$  и относятся к непластичным гибридам.

С точки зрения стабильности, гибриды кукурузы 1533/52 X Кр 070 МВ ( $S^2 d_i = -1,1$ ), 1533/70 X Кр 070 МВ ( $S^2 d_i = -1,5$ ) гораздо более стабильны, так как их коэффициенты  $S^2 d_i < 0$ .

Оценка параметров пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера Кр 1330/6 МВ привела к результатам, представленным на рисунке 27.

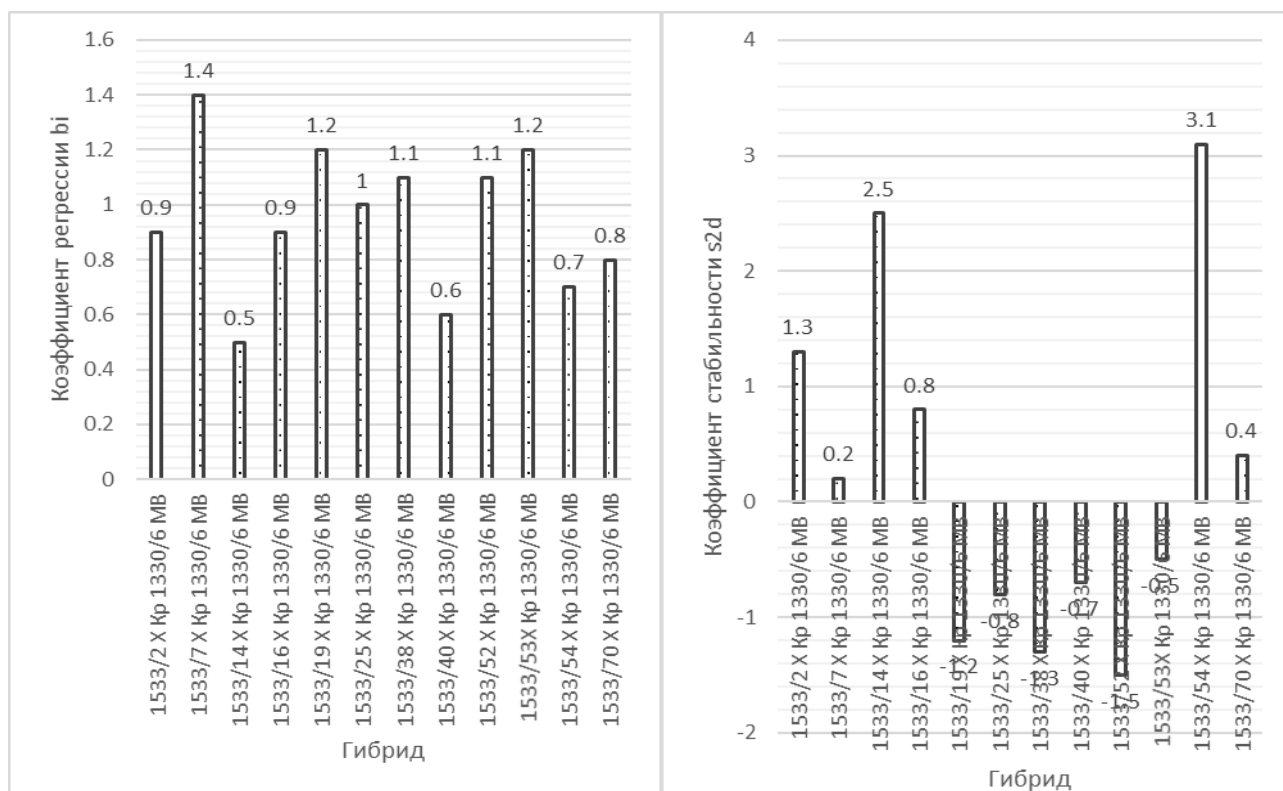


Рисунок 27. Коэффициенты пластичности и стабильности новых среднеспелых гибридов, созданных с участием тестера Кр 1330/6 МВ, по урожайности зерна, Краснодар, 2020-2022 гг.

Согласно результатам, приведенным в таблице, коэффициенты  $b_i$  больше 1 были обнаружены у гибридов кукурузы 1533/7 X Кр 1330/6 МВ ( $b_i = 1, 4$ ),

1533/19 X Кр 1330/6 МВ (  $b_i = 1,2$ ), 1533/38 X Кр 1330/6 МВ (  $b_i = 1,1$ ), 1533/52 X Кр 1330/6 МВ (  $b_i = 1,1$ ), 1533/53X Кр 1330/6 МВ (  $b_i = 1,2$ ). Эти гибриды являются наиболее пластичными по урожайности зерна.

Учитывая коэффициенты стабильности, гибриды 1533/7 X Кр 1330/6 МВ(  $S^2d_i = 0,2$ ), 1533/19 X Кр 1330/6 МВ(  $S^2d_i = -1,2$ ), 1533/25 X Кр 1330/6 МВ(  $S^2d_i = -0,8$ ) 1533/38 X Кр 1330/6 МВ(  $S^2d_i = -1.3$ ), 1533/40 X Кр 1330/6 МВ(  $S^2d_i = -0.7$ ), 1533/52 X Кр 1330/6 МВ (  $S^2d_i = -1.5$ ), 1533/53X Кр 1330/6 МВ(  $S^2d_i = -0.5$ ) являются наиболее стабильными.

### **3.8.2. Экологическая пластичность и стабильность новых позднеспелых белозерных и желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы**

Новые позднеспелые белозерные и желтозерные сортолинейные гибриды кукурузы были оценены на пластичность и стабильность по урожайности зерна, полученной в трех точках исследования в Бурунди. В таблице 23 представлены результаты анализа источника вариации урожайности зерна.

Таблице 23. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности зерна новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы в зависимости от пункта изучения, Бурунди, 2020-2021 г.

| Источник варьирования  | Степеней свободы | Сумма квадратов | Средние квадраты | Fф    | F <sub>05</sub> |
|------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------|-----------------|
| Пункт(А)               | 2                | 928,3           | 464,15           | 10,08 | 0,0002          |
| Генотип гибрида (В)    | 8                | 2921,7          | 365,2            | 7,94  | 0,0000          |
| Взаимодействие (А x В) | 16               | 2416            | 151,0            | 3,28  | 0,0005          |
| Остаток (ошибка)       | 54               | 2485,3          | 46,02            | -     | -               |
| Общая                  | 80               | 8751,3          | -                | -     | -               |

Результаты показали, что пункт исследования, сортолинейный гибрид, а также их взаимодействие существенно влияют на формирование урожайности зерна новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы ( $F_f > F_{05}$ ). На рисунке 28 показано влияние каждого фактора на формирование урожайности зерна у новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы.

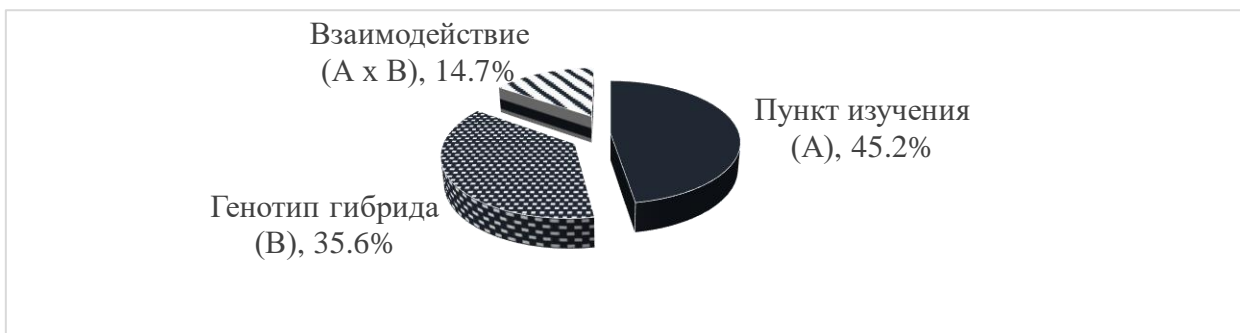


Рисунок 28 – Доля вклада года исследования, генотипа сортолинейного гибрида и эффекта взаимодействия в вариацию урожайности зерна, Бурунди ,2020-2021 гг.

Доля влияния пункта исследования на урожайность зерна составляет 45,2 %, сортолинейный гибрид – 35,6 %, а взаимодействие года и сортолинейный гибрид – 14,7 %. Эти результаты свидетельствуют о том, что урожайность зерна новых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы в значительной степени зависит от сортолинейного гибрида кукурузы. Результаты показали, что урожайность зерна зависит от условий выращивания, что привело к необходимости оценки пластичности и стабильности новых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы ( рисунок 29).

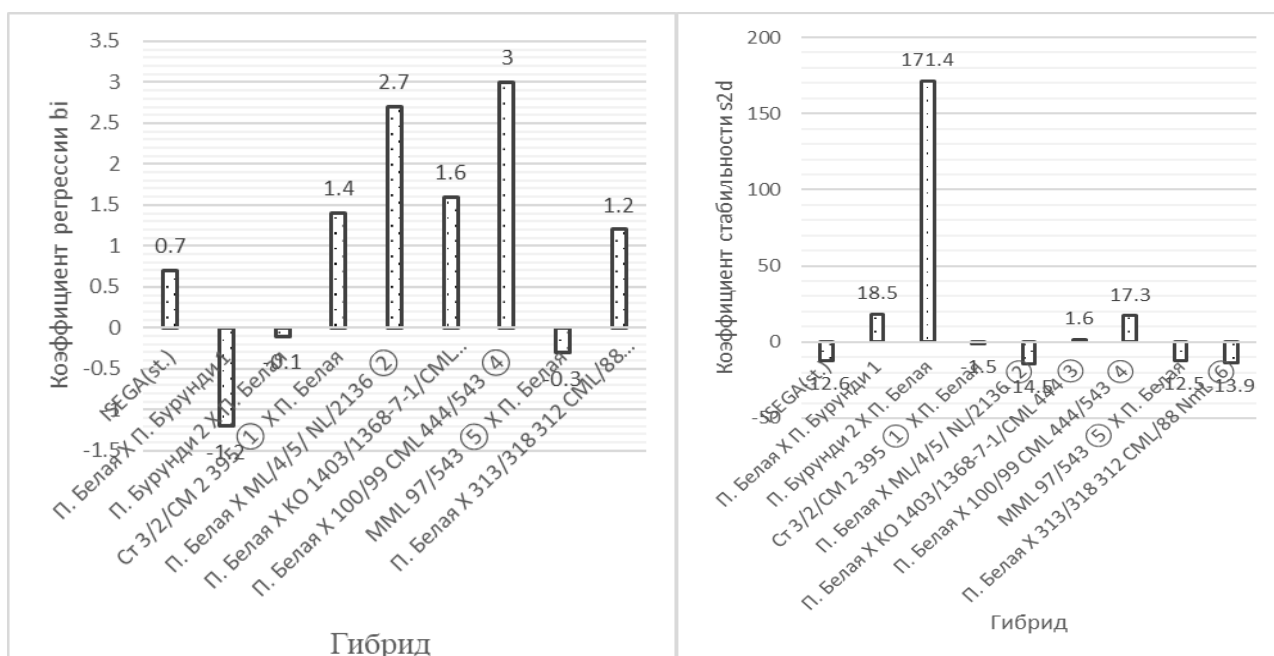


Рисунок 29. Коэффициенты пластичности и стабильности новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы, Бурунди, 2020-2021 г.



Результаты, приведенные в таблице, показывают, что новые гибриды, полученные при скрещивании популяции П. Белая и линий КО 1403/1368-7-1/CML 444③, ML/4/5/ NL/2136 ② и 100/99 CML 444/543 ④ имеют коэффициенты  $b_i$  больше единицы ( $b_i > 1$ ). Таким образом, эти гибриды очень отзывчивы на условия выращивания, встречающиеся в агроэкологических зонах, где проводились исследования. Гибрид, созданный путем комбинации линии 313/318 312 CML/88 NmL ⑥ и П. Белая имеет коэффициент регрессии, близкий к нулю. Это говорит о том, что он является самым пластичным из всех изученных гибридов этой группы.

Также были оценены параметры экологической пластичности и стабильности новых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы. Результаты данных исследований изложены в таблице 24.

Таблице 24. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа урожайности зерна новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы в зависимости от пункта изучения, Бурунди, 2020-2021 г.г.

| Источник варьирования  | Степеней свободы | Сумма квадратов | Средние квадраты | Fф    | F05    |
|------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------|--------|
| Пункт изучения (A)     | 2                | 470,2           | 235,1            | 7,35  | 0,0013 |
| Генотип гибрида (B)    | 10               | 3831,4          | 383,1            | 11,98 | 0,0000 |
| Взаимодействие (A x B) | 20               | 5371,9          | 268,6            | 8,40  | 0,0000 |
| Остаток (ошибка)       | 66               | 2111,1          | 31,9             | -     | -      |
| Общая                  | 98               | 11784,6         | -                | -     | -      |

Результаты данной таблицы показали, что пункт исследования, сортолинейный гибрид, а также их взаимодействие существенно влияют на формирование урожайности зерна новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы ( $F_f > F_{05}$ ).

На рисунке 30 показана доля влияния каждого фактора на формирование урожайности зерна у новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы.

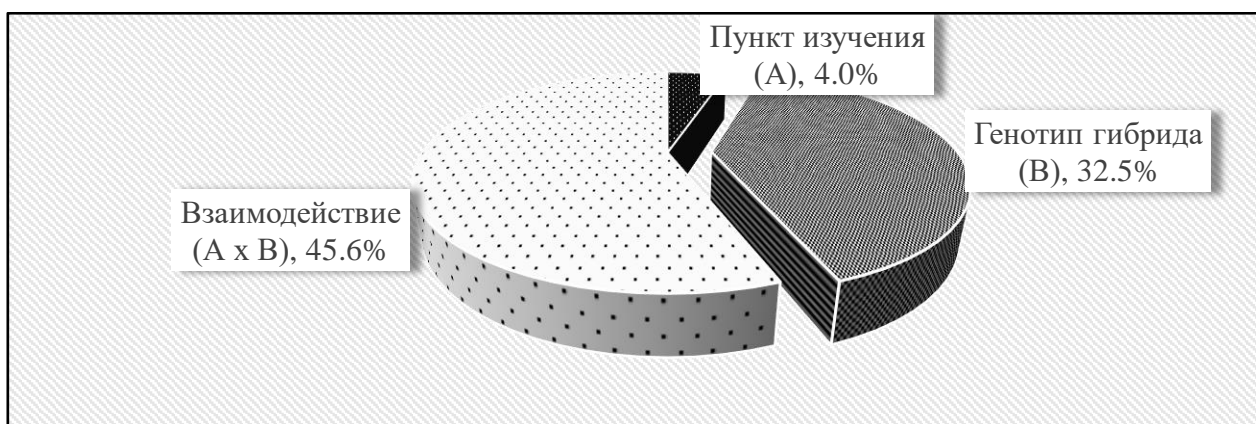


Рисунок 30 - Доля вклада года исследования, генотипа сортолинейного гибрида и эффекта взаимодействия в вариацию урожайности зерна, 2020-2021 гг.

Согласно результатам, представленным на рисунке 11, доля влияния пункта на урожайность зерна новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы составила 4 %, сортолинейного гибрида – 32,5 %, а доля взаимодействия последних оценивается в 45,6 %.

Эти результаты показывают, что вариации урожайности зерна новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы в значительной степени обусловлены взаимодействием между годом испытания и сортолинейным гибридом (рисунок 31).

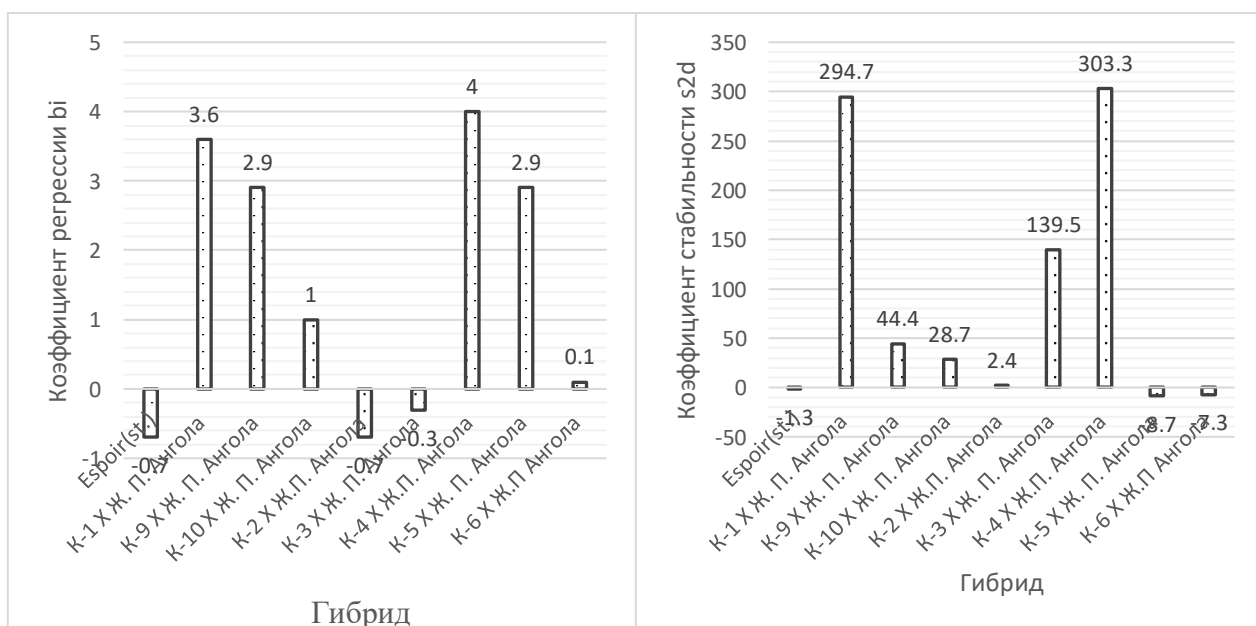


Рисунок 31. Коэффициенты пластичности и стабильности новых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы, Бурунди, 2020-2021 гг.

Гибриды, полученные путем объединения популяции из Анголы и линий К-1, К-1, К-1, К-1, К-1, К-1, были очень отзывчивы на изменения условий выращивания. Эти гибриды имеют коэффициент  $b_i > 1$ . Гибрид, полученный путем комбинации линии К-10 и популяции из Анголы, оказался наиболее пластичным ( $b_i = 1,0$ ).

Гибриды, созданные с участием ангольской популяции и линий К-5, К-6 и К-7, стабильны, дисперсия у них близка к нулю.

## **ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ СРЕДНЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ**

Кукуруза - сельскохозяйственная культура, которая играет важную роль в экономической и продовольственной безопасности большинства стран мира. Тем не менее, для улучшения ее производства требуется уход и качественные подкормки.

Помимо перечисленных требований, постоянно изменяющиеся климатические условия, а также вредители данной культуры требуют применения соответствующих методов и дополнительного финансирования для повышения урожая в таких условиях. В этом случае роль селекции высокоурожайных качественных гибридов кукурузы является одним из эффективных способов, используемых в настоящее время.

При производстве новых гибридов кукурузы всегда учитывается их экономическая рентабельность. Создание таких новых гибридов позволяет избежать зависимости от импортных семян, которые иногда не приспособлены к условиям выращивания и очень дорогие. Качественные гибридные семена кукурузы, произведенные в большом количестве, не только удовлетворяют потребности фермеров, но и обеспечивают разнообразие генофонда. Чем больше семян представлено на рынке, тем оно дешевле.

Изучение экономической эффективности внедрения новых гибридов кукурузы на сельскохозяйственный рынок имеет важнейшее значение. Действительно, фермеру нужны качественные гибридные семена кукурузы, которые после посева потребуют меньше производственных затрат, что позволит ему получать прибыль.

В нашей работе при изучении рентабельности внедрения и выращивания новых среднеспелых гибридов кукурузы рассматривались гибриды 1533/25 X Кр 1330/6 МВ, 1533/7 X Кр 1330/6 МВ и 1533/19 X Кр 1330/6 МВ, которые характеризовались высокой урожайностью зерна в течение трех лет исследований.

Показатели рентабельности новых среднеспелых гибридов кукурузы сравнивались со стандартом Краснодар 377 АМВ. Расчет показателя «экономическая эффективность» проводился по формуле, составленной на основе методических рекомендаций по определению экономической эффективности использования научных разработок в сельском хозяйстве.

Результаты расчета экономической эффективности внедрения нового среднеспелого гибрида кукурузы в условиях Краснодарского края представлены в таблице 25.

Таблица 25. Экономическая эффективность внедрения новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар (2020 – 2022 гг.)

| Показатели  | Гибрид                        |                           |                          |                           |
|---|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|   | Краснодарский<br>377 АМВ (st) | 1533/25 X Кр<br>1330/6 МВ | 1533/7 X Кр<br>1330/6 МВ | 1533/19 X Кр<br>1330/6 МВ |
| Урожайности с 1 га,<br>ц                                  | 57,7                          | 75,4                      | 74,2                     | 73,1                      |
| Стоимость<br>продукции 1 ц, руб.                          | 1400                          |                           |                          |                           |
| Стоимость валовой<br>продукции с 1 га,<br>руб.            | 80780                         | 105560                    | 103880                   | 102340                    |
| Производственные<br>затраты с 1 га, руб.:                 | 31868                         | 33988                     | 33162                    | 32964                     |
| Чистый доход с 1 га,<br>руб.                              | 48912                         | 71572                     | 70718                    | 69376                     |
| Уровень<br>рентабельности, %                              | 153                           | 211                       | 213                      | 210                       |
| Экономический<br>эффект в сравнении<br>со стандартом, руб | *                             | 22660                     | 21806                    | 20464                     |

Согласно результатам, представленным в таблице 25, новые среднеспелые гибриды кукурузы 1533/25 X Кр 1330/6 МВ, 1533/7 X Кр 1330/6 МВ и 1533/19 X Кр 1330/6 МВ превысили стандарт Краснодарский 377 АМВ по основным экономическим показателям, таким как стоимость валовой продукции, чистый доход и уровень рентабельности.

По результатам таблицы 25 показатели экономической эффективности от внедрения нового среднеспелого гибрида кукурузы 1533/25 X Кр 1330/6 МВ составили: валовая стоимость продукции - 105560 рублей, чистый доход с 1 га - 71572 рублей, уровень рентабельности – 211 %.

Для среднеспелого гибрида 1533/7 X Кр 1330/6 МВ валовая стоимость продукции составляет - 103880 рублей, чистая прибыль с 1 га - 70718 рублей и уровень рентабельности – 213 %.

Значения данных показателей у среднеспелого гибрида кукурузы 1533/19 X Кр 1330/6 МВ составили: валовая стоимость продукции - 102340 рублей, чистая прибыль с 1 га - 69376 рубля и уровень рентабельности – 210 %.

Исходя из этих результатов, можно сделать вывод, что использование новых среднеспелых гибридов кукурузы 1533/25 X Кр 1330/6 МВ, 1533/7 X Кр 1330/6 МВ, 1533/19 X Кр 1330/6 МВ на сельскохозяйственном рынке может иметь высокую экономическую эффективность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведенных в период с 2019 по 2022 год по созданию гибридов кукурузы, мы пришли к следующему заключению:

1. Новые автодиплоидные линии, использованные для создания среднеспелых гибридов, характеризовались в среднем высотой растений  $151 \pm 18$  см, прикрепления початка  $55 \pm 11,7$  см. По структуре початка эти линии характеризовались длиной початка -  $15,2 \pm 1,8$  см, числом рядов -  $13,6 \pm 0,9$  см, числом зерен в ряду -  $23,7 \pm 3,5$  см и массой 1000 зерен -  $312,9 \pm 43,4$  гр.

2. Новые среднеспелые гибриды кукурузы, созданные с использованием новых автодиплоидных линий кукурузы и трех тестеров в нашей работе, то они характеризовались в среднем  $18 \pm 0,6$  листьями во время вегетации. В целом, более 86% новых гибридов кукурузы имели число листьев в диапазоне от 17 до 19 листьев. Высота новых среднеспелых гибридов кукурузы составила  $192,6 \pm 12,1$  см, и более 86% из них имели высоту в диапазоне от 170 до 200 см. Высота прикрепления початка составила  $83,5 \pm 8$  см, при этом более 41% новых гибридов имели высоту прикрепления растений менее 80 см. Период цветения этих гибридов составляет  $53 \pm 0,6$  дней для цветения метелки и  $54,8 \pm 0,7$  дней для цветения початка.

3. Структура урожая початков новых среднеспелых гибридов кукурузы по их длине составила  $19,2 \pm 1,3$  см, по диаметру початка -  $4,2 \pm 0,1$  см, по количеству рядов на початке -  $14,7 \pm 0,9$ , по количеству зерен в ряду -  $39,4 \pm 3$ , по массе початка -  $169 \pm 9,3$  гр, массе 1000 зерен -  $299,2 \pm 11,3$  гр.

4. При анализе корреляции признаков у новых среднеспелых гибридов кукурузы было отмечено, что все признаки, кроме диаметра початка, значительно и положительно коррелировали друг с другом ( $r > 0,5$ ).

5. Высота растений новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы в трех агроэкологических зонах (хребет Конго-Нил, Центральное плато и впадина Кумосо), где проводились испытания, варьировала от 172,5 до 223,6 см. Минимальная высота растений (140 см) наблюдалась на хребте Конго-Нил, а минимальная высота (223,6 см) - во впадинах Кумосо. Высота

прикрепления початка новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы в трех агроэкологических зонах варьировалась от 50,4 до 88,1 см.

По структуре початка эти гибриды в среднем характеризовались длиной початка  $17,5 \pm 0,6$  см, диаметром початка  $4,7 \pm 0,1$  см, числом рядов на початке  $14 \pm 0,2$  ряда и массой 1000 зерен  $326,6 \pm 1,9$  гр. Варьирование диаметра початка, количества рядов и массы 1000 зерен зависит от гибрида, в то время как варьирование длины початка и количества зерен в ряду зависит от условий выращивания.

6. У новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы высота растений в трех точках колебалась от 206,4 до 217,7 см, а высота прикрепления початка - от 66,5 до 76,2 см. Формирование всех элементов структуры урожая зерна в значительной степени зависит от условий выращивания. У этих гибридов значительная и положительная корреляция на уровне 1% наблюдалась только между длиной початка и количеством зерен в ряду.

7. За три года исследования были выделены гибриды кукурузы со значительно более высокой урожайностью зерна по сравнению со стандартом Краснодарский 377АМВ - 57,7 ц/га. Эти гибриды значительно превосходили стандарт по урожайности зерна на 8,3 ц/га - 17,6 ц/га. Лучший гибрид в испытании 2020-2022 гг. был гибрид 1533/25 X Кр 1330/6 МВ с урожайностью зерна 75,4 ц/га, что на 17,6 ц/га выше стандарта.

8. При изучении зерновой продуктивности новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы по трем пунктам исследований наивысший урожай зерна получен на межсортовой комбинации популяций Бурунди 2 и белозерной популяции из Анголы - 62,9 ц/га, что на 18,9 ц/га больше местного сорта Isega.

9. При изучении зерновой продуктивности новых позднеспелых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы по трем пунктам изучения наивысший урожай зерна (48,3 ц/га) был получен с участием линии К-3 и ангольской популяции. Данный сортолинейный гибрид достоверно превышал стандарт местный сорт Espoir на 25,7 ц/га соответственно.

10. При изучении общей комбинационной способности новых линий, использованных в создании новых среднеспелых гибридов кукурузы, четыре линии



показали высокие значения ОКС в течение трех лет исследований. К ним относятся линии: 1533/7, 1533/14, 1533/25, 1533/70.

11. При изучении общей комбинационной способности тестеров, участвующих в оценке новых автодиплоидных линий, эффект ОКС у тестеров Кр 16 МВ и Кр 070 МВ был отрицательным, в то время как тестер Кр 1330/6 МВ показал высокие значения ОКС в годы исследований. Это говорит о том, что данный тестер является наиболее эффективным в программах селекции новых высокоурожайных среднеспелых гибридов кукурузы в данном сортоопыте.

12. При изучении специфической комбинационной способности новых автодиплоидных линий высокие эффекты СКС наблюдались у линий 1533/25, 1533/7, 1533/19, 1533/70 с тестером Кр 1330/6 МВ и линии 1533/14 с тестером Кр 16МВ. Это нашло отражение в более высоких урожаях, полученных в новых среднеспелых гибридах кукурузы, созданных при участии данных линий и тестеров.

13. При изучении цитоплазматической мужской стерильности у новых автодиплоидных линий было обнаружено, что 50 % линий являются закрепителями стерильности, 4 линии (25 %) - полувосстановителями, а остальные четыре линии (25 %) - восстановителями цитоплазматической мужской стерильности.

14. При изучении пластичности и экологической стабильности новых среднеспелых гибридов кукурузы влияние года исследования как фактора на формирование урожайности зерна было очень высоким (64,5 %). Параметры пластичности и стабильности по методу С.А. Эберхарта и В.А. Рассела новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера Кр 16МВ, показали, что есть гибриды, у которых коэффициент пластичности  $b_i > 1$ . К ним относятся: 1533/38 X Кр 16МВ ( $b_i = 1,5$ ), 1533/40 X Кр 16МВ ( $b_i = 1,2$ ), 1533/53 X Кр 16МВ ( $b_i = 1,9$ ). Считается, что эти гибриды являются пластичными.

15. С точки зрения стабильности новых среднеспелых гибридов кукурузы, гибрид 1533/40 X Кр 16МВ имел коэффициент стабильности  $b_i$  меньше 1 ( $S^2 d_i = -1,4$ ). Данный гибрид считается стабильным.

16. У новых среднеспелых гибридов кукурузы, созданных с участием тестера Кр 070 МВ, значительную долю влияния на формирование урожайности зерна оказывал также год исследования (38,6 %). Гибриды кукурузы 1533/2 X Cr 070 MW ( $b_i = 1,2$ ),

1533/7 X Кр 070 МВ( $b_i = 1,5$ ), 1533/14 X Кр 070 МВ( $b_i = 2,1$ ), 1533/16 X Кр 070 МВ( $b_i = 1,3$ ), 1533/52 X Кр 070 МВ( $b_i = 1,7$ ) и 1533/70 X Кр 070 МВ( $b_i = 1,5$ ) продемонстрировали высокую экологическую пластичность.

17.С точки зрения стабильности, гибриды кукурузы 1533/52 X Кр 070 МВ ( $S^2d_i = -1,1$ ), 1533/70 X Кр 070 МВ ( $S^2d_i = -1,5$ ) гораздо более стабильны, так как их коэффициенты  $S^2d_i < 0$ .

18.Как и для всех других среднеспелых гибридов кукурузы, изученных в нашей работе, доля влияния года исследования на формирование урожайности зерна у новых гибридов кукурузы, полученных путем комбинации новых линий кукурузы с тестером Кр 1330/6 МВ, является значительной (48,4 %). Коэффициенты  $b_i$  у гибридов кукурузы 1533/7 X Кр 1330/6 МВ ( $b_i = 1,4$ ), 1533/19 X Кр 1330/6 МВ ( $b_i = 1,2$ ), 1533/38 X Кр 1330/6 МВ ( $b_i = 1,1$ ), 1533/52 X Кр 1330/6 МВ ( $b_i = 1,1$ ), 1533/53X Кр 1330/6 МВ ( $b_i = 1,2$ ) были выше 1. Данные гибриды оказались наиболее пластичными по урожайности зерна.

19.По коэффициентам стабильности гибриды 1533/7 X Кр 1330/6 МВ ( $S^2d_i = 0,2$ ), 1533/19 X Кр 1330/6 МВ ( $S^2d_i = -1,2$ ), 1533/25 X Кр 1330/6 МВ ( $S^2d_i = -0,8$ ), 1533/38 X Кр 1330/6 МВ ( $S^2d_i = -1,3$ ), 1533/40 X Кр 1330/6 МВ ( $S^2d_i = -0,7$ ), 1533/52 X Кр 1330/6 МВ ( $S^2d_i = -1,5$ ), 1533/53X Кр 1330/6 МВ ( $S^2d_i = -0,5$ ) оказались наиболее стабильными.

20.Урожайность зерна у новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы зависит от генотипа гибрида, тогда как у новых желтозерных гибридов урожайность зависит от взаимодействия между условиями выращивания и гибридом.

21.При изучении параметров экологической пластичности и стабильности у новых позднеспелых белозерных сортолинейных гибридов кукурузы по методу С.А. Эберхарта и В.А. Рассела, белозерный сортолинейный гибрид- П. Белая X МЛ/4/5/ NL/2136 ( $S^2d = -14,5$ ) является наиболее пластичным и стабильным из всех изученных гибридов.

22.У новых желтозерных сортолинейных гибридов кукурузы, коэффициент линейной регрессии больше 1 был обнаружен у сортолинейных гибридов кукурузы К-1 X Ж. П. Ангола ( $b = 3,6$ ), К-9 X Ж.П. Ангола ( $b = 2,9$ ), К-10 X Ж. П. Ангола ( $b$

= 1), К-4 X Ж.П. Ангола (b = 4), К-5 X Ж. П. Ангола (b = 2,9). К-5 X Ж. П. Ангола - самый пластичный из всех сортолинейных гибридов.

23. Экономический эффект внедрения в производство нового гибрида 1533/25 X Кр 1330/6 МВ в сравнении со стандартом составил 22660 рублей.

#### **Предложения для селекции**

- Для селекции высокопродуктивных среднеспелых гибридов кукурузы рекомендуется использовать новые автодиплоидные линии кукурузы с хорошей комбинационной способностью: 1533/14, 1533/25, 1533/70.

- Продолжить изучение в конкурсном сортоиспытании простого среднеспелого гибрида кукурузы с участием новой автодиплоидной линии 1533/25 и тестера Кр 1330/6 МВ с целью передачи его в Государственное сортоиспытание. При урожайности данного гибрида 75,4 ц/га он достоверно на 17,6 ц/га превысил стандарт по урожаю зерна.

- Рекомендовать для районирования в Бурунди белозерные сортолинейные гибриды кукурузы Популяция Белая X Популяция Бурунди 1, Популяция Бурунди 2 X Популяция. Белая и Ст 3/2/СМ 2 395 ① X п. Белая, которые выделялись по урожайностью зерна последовательно на хребте Конго-Нил, Центральном плато и впадинах Кумосо.

- Рекомендовать для районирования в Бурунди желтозерные сортолинейные гибриды кукурузы К-3 X Желтозерная популяция Ангола, К-2 X Желтозерная популяция Ангола, К-8 X Желтозерная популяция Ангола, которые выделялись по урожайностью зерна последовательно на хребте Конго-Нил, Центральном плато и впадинах Кумосо.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асадова Г.М. Перспективы использования гаплоиндукторов в селекции кукурузы / Г.М. Асадова, А.В.Ульянов, М.В. Карлов, Э.Б. Хатефов //Биотехнология и селекция растений. – 2020. – №3(2). –С. 16– 29.
2. Гонтаровский В. А. Генетические основы использования цитоплазматической мужской стерильности у кукурузы: автореф дис. ... д - ра с. - х. наук / В. А. Гонтаровский. – Харьков, –1986. – 47 с.
3. Гонтаровский В.А. Генетический контроль Боливийского типа ЦМС у кукурузы / В.А. Гонтаровский // Генетика. – 1980. – № 16 (1). – 143– 155.
4. Горбачева А. Г. Открытие и генетическая идентификация типов ЦМС у кукурузы // Селекция и семеноводство. Кукуруза и сорго. Пятигорск. –2019. –№ 2. –С. 22– 34.
5. Горбачева А. Г. Селекционные и генетические аспекты использования мужской стерильности: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А. Г. Горбачева. – СПб., 2007. – 48 с.
6. Дзюбецкий, Б. В. Оценка комбинационной способности самоопыленных линий кукурузы при различных густотах стояния растений / Б.В. Дзюбецкий, В.А. Хаджиматов // Бюлл. ВНИИ кукурузы. – Днепропетровск.–1991. – № 71. – С. 27–31.
7. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
8. Забирова, Э. Р. Технология массового ускоренного получения гомозиготных линий / Э.Р. Забирова, М.В. Чумаков, О.А. Шацкая, В.С. Щербак // Кукуруза и сорго. – 1996. – №4. – С. 17 – 19.
9. Капустин, А. А. Оценка районированных сортов и гибридов сахарной кукурузы на пригодность к механизированной уборке //Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. Л.: ВИР. – 1981. – Т. 70. – №. 1. – С. 113–117.
10. Крупнов, В.А. Генная и цитоплазматическая мужская стерильность/ В.А. Крупнов. – Москва: Колос.–1973. – 279 с
11. Нижимбере, Ж. Кластерный анализ новых автодиплоидных среднеспелых линий кукурузы / Ж. Нижимбере, А. И. Супрунов & А. П. Петряков // Сборник статей XLV международной научно-практической конференции. Часть 1. Москва: «Научно–издательский центр «Актуальность.РФ».–2022. – 188 с.

12. Нижимбере, Ж. Селекция среднеспелых гибридов кукурузы / Ж. Нижимбере, А. И. Супрунов // В сборнике: Эколого-генетические основы селекции и возделывания сельскохозяйственных культур. материалы Международной научно-практической конференции и школы молодых ученых по эколого-генетическим основам растениеводства. –2022. –С. 174–177.
13. Нижимбере, Ж. Изучение элементов структуры урожая зерна у новых позднеспелых сортолинейных гибридов кукурузы/ Ж. Нижимбере, А. И. Супрунов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. –2022. № 181. –С. 1–10.
14. Нижимбере, Ж. Оценка адаптивности и стабильности новых сортолинейных гибридов кукурузы с использованием мультипликативных моделей / Нижимбере, А. И. Супрунов // Вестник Науки и Творчества. –2022. № 4 (76). –С. 13–17.
15. Нижимбере, Ж. Селекционная ценность новых линий кукурузы / Нижимбере, А. И. Супрунов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. № 178. –С. 77–96.
16. Нижимбере, Ж. Селекция позднеспелых сортолинейных белозерных и желтозерных гибридов кукурузы для стран восточной африки / Ж. Нижимбере, А. И. Супрунов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. № 177. С. 58–70.
17. Огняник, Л. Г. Селекционно – генетическое изучение цитоплазматической мужской стерильности и использование в селекции и семеноводстве кукурузы: автореф. дис. канд. с. – х. наук./ Л. Г. Огняник – Краснодар, 1998. – 27 с.
18. 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 (50). – С. 43 – 48.
19. Петряков, А.П. Селекция высокопродуктивных среднеранних гибридов кукурузы / А.П. Петряков, А.И. Супрунов, П.В. Чуйкин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. –№ 123. – С. 113–126.

20. Петряков, А.П. Селекция высокопродуктивных среднеранних гибридов кукурузы для северо-кавказского региона с быстрой отдачей влаги зерном при созревании / А.П. Петряков, А.А. Терещенко, А.И. Супрунов // Рисоводство. –2018. –№ 4 (41). – С. 14–17.
21. Романенко, А.А. Гибриды кукурузы селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко», ООО «НПО Кубаньзерно». Характеристика гибридов. Производители семян / А.А. Романенко, Н.Ф. Лавренчук, А.И. Супрунов [и др.]. — Краснодар: ЭДВИ, 2020. –28 с.
22. Савченко, В. К. Оценка общей и специфической комбинационной способности полиплоидных форм в системах диаллельных скрещиваний //Генетика. – 1966. – Т. 1. – С. 29–41.
23. Слащёв, А.Ю. Селекция высокопродуктивных среднеранних гибридов кукурузы в ФГБНУ НЦЗ им. П.П. Лукьяненко / А.Ю. Слащёв, А.И. Супрунов, Л.Ю. Судакова/Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. –2018. –№ 2 (174). –С. 17–22.
24. Супрунов, А.И. Селекция раннеспелых гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании/ А.И. Супрунов, А.П. Петряков, Д.С. Перевязка, А.А. Терещенко// Рисоводство. –2019. –№ 4 (45). –С. 19 –24.
25. Трофимов, В. А. Гетерозис межлинейных гибридов кукурузы в зависимости от биологических и хозяйственно-ценных особенностей родительских форм: дис. – Харьков: спец. 06.01. 05 « Селекция и семеноводство». /ВА Трофимов, 1966.
26. Труфляк, Е. В. Физико-механические свойства кукурузы : монография / Е. В Труфляк – Кубанский гос. аграрный ун–т, Каф. с.-х. машин. – Краснодар : КубГАУ, – 2007. – 197 с.
27. Франковская, М.Т. Особенности использования «С» типа цитоплазматической мужской стерильности в семеноводстве гибридов кукурузы: автореф. дис. ... канд. с. - х. наук / М. Т. Франковская – Харьков, 1989. – 22 с.
28. Хаджинов, М.И. Цитоплазматическая мужская стерильность кукурузы и использование её в селекции и семеноводстве: цитоплазматическая мужская

стерильность в селекции и семеноводстве кукурузы/ М.И. Хаджинов – Киев, 1962. 215 с.

29. Шацкая, О.А. Повышение частоты индукции матроклиных гаплоидов кукурузы при индивидуальном отборе опылителей в растениеводстве//В кн.: Сборник научных трудов, посвященный 90-летию КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Краснодар; – 2004. – С. 322 – 331.

30. Шацкая, О.А. Результаты использования метода гаплоидии в селекции кукурузы // Кукуруза и сорго. –2001; № 4. С. 14– 17.

31. Шацкая, О.А. Создание гаплоиндукторов кукурузы: три цикла отбора на высокую частоту индукции матроклиных гаплоидов // Сельскохозяйственная биология. –2010а; № 45(5). –С. 79–86.

32. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов *Zea mays*. –1977. – 80 р.

33. Abenezer, A. T. Review on Concept and Impact of Double Haploid Techniques in Crop Improvement // Journal of Natural Sciences Research. –2017. – № 23(7). – P. 10 – 20.

34. Abrha, S. Line × tester analysis of maize inbred lines for grain yield and yield related traits/ S.W. Abrha , Z.Z. Habtamu and W.G. Dagne (2013) //Asian Journal of Plant Science Research. –2013. № 3. – P. 12–19.

35. Admassu, S. Genotype-environment interaction and stability analysis for grain yield of maize (*Zea mays* L.) in Ethiopia/ S. Admassu, M. Nigussie, H. Zelleke// Asian Journal of Plant Sciences. – 2008. – № 7. – P.163 –169.

36. Amanullah, S. Heterosis studies in diallel crosses of maize/ S. Amanullah, M. Jehan and M. A. Khan// Sarhad J. Agric. – 2011. –№ 27(2). – P. 207–211.

37. Angela, P. GEA–R (Genotype × Environment Analysis with R for Windows) Version 4.0/ P. Angela, V. Mateo, A. Gregorio, R. Francisco, L. Marco, C. Jose, B. Juan. – Mexico, –2015. – 42 p.

38. Asselin de Beauvillé M. Obtention d'haploïdes in vitro à partir d'ovaires non fécondés de riz, *Oryza sativa* L/ M. Asselin de Beauvillé// Compte–rendus de l'Académie des Sciences, Paris. –1980. – № 290 (série D). – P. 489 – 492.

39. Birchler J.A. Heterosis/ J.A. Birchler, H. Yao, S. Chudalayandi, D. Vaiman, R. A.Veitia// Plant Cell. – 2010. –№ 22(7). – P. 2105–2112.

40. Blum, A. Plant Breeding for Stress Environments / A.Blum// Boca Raton, Florida, CRC Press. –1988. –231 p.
41. Bocianowski, J. Genotype by environment interaction using AMMI model and estimation of additive and epistasis gene effects for 1000–kernel weight in spring barley (*Hordeum vulgare L.*) / J. Bocianowski, T. Warzecha, K. Nowosad, R. Bathelt // J Appl Genetics. – 2019. –№ 60. – P. 127–135.
42. Branković–Radojčić D. Evaluation of maize grain yield and yield stability by AMMI analysis / D. Branković–Radojčić, V. Babić, Z. Girek, T. Živanović, A. Radojčić, M. Filipović, J. Srdić. // Genetika. –2018. –№ 50(3). – P. 1067– 1080.
43. Cabral, P. D. S. Relação causa e efeito de caracteres quantitativos sobre a capacidade de expansão do grão em milhopioca / P. D. S. Cabral, A. T. Amaral Júnior, I. L. J. Freitas, R. M. Ribeiro, and T. R C. Silva // Revista Ciência Agronômica. –2016. –№ 47. – P. 108– 117.
44. Carpici, E.B. Determining Possible Relationships between Yield and Yield Related Components in Forage Maize (*Zea mays L.*) using Correlation and Path Analyses / E.B. Carpici, N. Celik // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj–Napoca. – 2010. –№ 38. – P. 280–285.
45. Chaikam, V. Analysis of effectiveness of R1–nj anthocyanin marker for in vivo haploid identification in maize and molecular markers for predicting the inhibition of R1–nj expression / V. Chaikam, , S.K. Nair, R. Babu, L. Martinez, J. Tejomurtula, and P.M. Boddupalli // Theor. Appl. Genet. – 2015. –№ 128(1). – P. 159–171.
46. Devi, P. Heterosis, molecular diversity, combining ability and their interrelationships in short duration maize (*Zea mays L.*) across the environments / P. Devi and N.K.. Singh // Euphtica . – 2011. – № 178. – P. 71– 81.
47. Duvick, D.N. The Contribution of Breeding to Yield Advances in maize (*Zea mays L.*) / D.N. Duvick // Adv. Agron. – 2005. – № 86. – P. 83–145.
48. Easterling, W. Food Fibre and Forest Products / W., P. Easterling, P. Aggarwal, K. Batima, L. Brander, M. Erda, A. Howden, J. Kirilenko, J. Morton, J. F. Soussana, J. Schmidhuber and F. Tubiello. – UK. 2007– P. 273–313.
49. Eberhart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // Crop science. – 1966. – Vol. 6. – № 1. – P. 36–40.



50. Entringer, G. C. Correlação e análise de trilha para componentes de produção de milho superdoce/ G. C. Entringer, P. H. A. D. Santos, J. C. F. Vettorazzi, K. S. Cunha, and M. G. Pereira. *Revista Ceres, Viçosa*. – 2014. – № 61. – P. 356–361.
51. Epinat–Le Signor, C. Interpretation of genotype x environment interactions for early maize hybrids over 12 years / C. Epinat–Le Signor, S. Dousse, J. Lorgeou, J. Denis, R. Bonhomme, P. Carolo, A. Charcosset, *Crop Sci*. – 2001. – № 41. – P. 663–669.
52. Erdal, S. Combining abilities of grain yield and yield related traits in relation to drought tolerance in temperate maize breeding/ S. Erdal,, M. Pamukcu, A. Ozturk, K. Aydinsakir, and S. Soylu // *Turk J. Field Crops*. – 2015. – № 20(2). – P. 203–212.
53. Fageria, N.K. *Physiology of Growth and Yield Components in Physiology of Crop Production/ N.K.Fageria, V.C. Baligar and R. Clark//. Food Products Press. – New York. – 2006. – P. 61–94.*
54. Faria, V. R. Adaptability and stability of popcorn populations related through selection cycles V. R. Faria, J. M S.Viana, G. B. Mundim, A. C. Silva & T. M. M. Câmara// *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. – 2010. – № 45. – P. 1396–1403.
55. Fernandez, G.C.J. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance: Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress/ G.C.J. Fernandez. – Taiwan, 1992. – P. 257–270.
56. Fischer, R. Drought resistance in spring wheat cultivars 1. Grain yield responses/ R.A. Fischer and R. Maurer // *Aust. J. Res*. – 1978. – № 29. – P. 897–912.
57. Flávia, F.M. Adaptability and stability of maize varieties using mixed model methodology/ F.M. Flávia, J. M. G. Lauro, C. S. João, E. O. G. Paulo, A. P. P. Cleso, R. A. M. Jane, F. M. Walter, R. S. Adelmo, N. P. Sidney // *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. – 2012. – № 12. – P. 111–117.
58. Geiger, H.H. Doubled haploids. In *Handbook of Maize/ Geiger, H.H. –New York, 2009. –P. 641–657.*
59. Girma, C.H. Test cross performanc and combining ability of maize (*Zea mays* L.) inbred lines at Bako, Western Ethiopia/ C.H. Girma,, A. Sentayehu, , T. Berhanu, and M. Temesgen // *Global Journal of Science Frontier Research: Agriculture and Veterinary*. – 2015.– № 15. – P. 4–6.

60. Giselly, E. Identification of haploid maize by flow cytometry, morphological and molecular markers / E. Giselly, C. Davide, D. Fernanda, R. Pinho and T. Silva // *Agricultural Sciences*. – 2013. – № 37(1). – P. 25–31.
61. Golbashy, M. Evaluation of drought tolerance of some corn (*Zea mays* L.) hybrids in Iran / M. Golbashy, M. Ebrahimi, S. Khavari Khorasani, R. Choucan // *African Journal of Agricultural Research*. – 2010. – № 5. – P. 2714–2719.
62. Golestani, S.A. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat/ S.A. Golestani and M.T. Assad // *Euphytica*. – 1998. – № 103. – P. 293–299.
63. Hallauer, A.R. Quantitative genetics in maize breeding / A.R. Hallauer, M. J. Carena and J.B. Miranda Filho // – New York, 2010. 3rd edn, Springer, 664 p.
64. Häntzschel, K.R. Blockage of mitosis in maize root tips using colchicine-alternatives / K.R. Häntzschel and G. Weber // *Protoplasma*. – 2010. – № 241. – P. 99–104.
65. Hassan H.M. Genetic Studies on Agro-Morphological Traits in Rice (*Oryza sativa* L.) under Water Stress Conditions / H.M. Hassan, E.F.A. Arafat and A. EL Sabagh // *Journal of Agricultural Biotechnology*. – 2016. – № 1. – P. 76–84.
66. Hoecker, N. Comparison of maize (*Zea mays* L.) F1 hybrid and parental inbred line primary root transcriptomes suggests organ specific patterns of non-additive gene expression and conserved expression trends / N. Hoecker, B.Keller, N. Muthreich, D. Chollet, P. Descombes, H.P. Piepho // *Genetics*. – 2008. – № 179 (3). – P.1275–83.
67. Hossain A. Evaluation of growth, yield, relative performance and heat susceptibility of eight wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under heat stress / A. Hossain, M.A.Z. Sarker, M. Saifuzzaman, J.A.Teixeira da Silva, M.V. Lozovskaya, M. M. Akhter // *International Journal of Plant Production* 7: 615–636. – 2013. – № 7. – P.615–636.
68. Hossein, A. Studying the effect of 1000 grain weight on the sprouting of different species of *Salvia* L. grown in Iran / A. Hossein, E. Mostafa, F. Miad, G. E. Abdol and G. Abbas // *Journal of Medicinal Plants Research*. – 2011. Vol. 5(16). – P. 3 991–3993.
69. Huang, X. Genomic architecture of heterosis for yield traits in rice / X. Huang, S.Yang, J. Gong, Q. Zhao, Q. Feng, Q. Zhan // *Nature*. – 2016. – № 537(7622). – P.629–633.
70. Islam, M.S. Comparative studies on growth and physiological responses to saline and alkaline stresses of Foxtail millet (*Setaria italica* L.) and Proso millet (*Panicum miliaceum* L.)

/ M.S. Islam, M.M. Akhter, A. EL Sabagh, L.Y. Liu, N.T. Nguyen, A. Ueda, H. Saneoka // Australian Journal of Crop Science. – 2011. – № 5. – P.1269–1277..

71. Jafari, A. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids / A. Jafari, F. Paknejad and M. Jami AL–Ahmaidi // Int. J. Plant Prod. 2009. – № 3.– P. 33–38.

72. Kebede, A.Z. Effect of source germplasm and season on the in vivo haploid induction rate in tropical maize / A.Z. Kebede, B.S. Dhillon, W. Schipprack, J.L. Araus, M. Bänziger, K. Semagn, G. Alvarado and A.E. Melchinger // Euphytica. – 2011. – № 180(2). – P.219–226.

73. Kulembeka, H.P. Diallel analysis of field resistance to brown streak disease in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) landraces from Tanzania / H.P. Kulembeka, M. Ferguson, L. Herselman // Euphytica. – 2012. – № 187(2). – P. 277–288.

74. Kumar, T.S. Targeting of traits through assessment of interrelationship and path analysis between yield and yield components for grain yield improvement in single cross hybrids of maize (*Zea mays* L.) / T.S. Kumar, D.M.R.K.H. Reddy, P. Sudhakar // International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology. – 2011. – № 2(3). – P. 123–129.

75. Lan, J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops // Acta Agriculturae Boreali–occidentalis Sinica. – 1998. – № 7. – P. 85–87.

76. Lee, E.A. Physiological basis of successful breeding strategies for Maize grain yield / E.A. Lee, M. Tollenaar // Crop science – 2011– № 47(S3). – P. S2002–S215.

77. Liu, Z. Maize Doubled Haploids / Z. Liu, Y. Wang, J. Ren, M. Mei, U.K. Frei, B. Trampe, and T. Lubberstedt // Plant Breeding Reviews. – 2016. – № 40. –123 p.

78. Lva, Z. Conversion of the statistical combining ability into a genetic concept / Z. Lva, H. Zhang, Z. Zhang // Journal of Integrative Agriculture. – 2016. – № 11. –P. 43 –52.

79. Maazou, A.R.S. Breeding for Drought Tolerance in Maize (*Zea mays* L.) / A.R.S. Maazou, J.L.Tu, J. Qiu and Z.Z. Liu, American Journal of Plant Sciences.– 2016. – № 17. –P. 1858–1870.

80. MacRobert, J.F. Maize Hybrid Seed Production/ MacRobert, J.F., P.S. Setimela, J. Gethi, and M. Worku// Manual, Mexico, D.F.: CIMMYT. .– 2014. – 30 p.

81. Melchinger, A.E. Colchicine alternatives for chromosome doubling in maize haploids for doubled–haploid production / A.E. Melchinger, Molenaar, W.S. Mirdita, V. and W. Schipprack // Crop Science. – 2016. – № 56(2). –P. 559 –569.

82. Melchinger, A.E. Oil content is superior to oil mass for identification of haploid seeds in maize produced with high-oil inducers // *Crop Science*. – 2015. – № 55(1). –P. 188–195.
83. Mendes F.F. Adaptability and stability of maize varieties using mixed model methodology / F.F. Mendes, L. J.M. Guimarães, J. C. Souza, P. E. Guimarães, C. Pacheco, J. R. D. A. Machado, W. F. Meirelles, S. N. Parentoni // *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. – 2012. – Vol. 12, n. 2. –P. 111–117.
84. Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme. Stratégie nationale et plan d'action de lutte contre la dégradation des sols 2011–2016 // Bujumbura, 2013, 90 p.
85. Miranda, G. V. Multivariate analyses of genotype x environment interaction of popcorn / G. V. Miranda, L.V.de Souza, L. J. M. Guimarães, H. Namorato, L. R. Oliveira and M. O. Soares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. – 2009. – № 44. –P. 45–50.
86. Oktem, A. Determination of selection criterions for sweet corn using path coefficient analyses/ A. Oktem // *Cereal Research Communications* –2008. –№ 36(4). –P561–570.
87. Oliveira r. B. R. Adaptability and stability of maize landrace varieties. / R. B. R. Oliveira, R. M. P. Moreira, j. M. Ferreira// *Semina: Ciências Agrárias*, –2013. –№ 6(34). –P. 2555–2564.
88. Prigge, V.C. Doubled haploids in tropical maize: I. Effects of inducers and source germplasm on in vivo haploid induction rates / V. C. Prigge, BS Sanchez, Dhillon, W Schipprack, JL Araus, M Banziger, AE Melchinger // *Crop Sci*. –2011. –№ 51 –P.1498–1506.
89. Raghu, B. Character association and path analysis in maize (*Zea mays* L.). / B.Raghu, J. Suresh, S.S Kumar, and P. Saidaiah// *Madras Agricultural Journal*. –2011. –№ 98(1/3): –P.7–9.
90. Randolph, LF. Note on haploid frequencies. / LF.Randolph// *Maize Genetics Cooperation Newsletter*. –1938. –№ 12. –P.13.
91. Rhoades, M. M. Cytoplasmic inheritance of male sterility in *Zea mays*. /M. M Rhoades// *Science* –1931. –№ 73 –P.340–41

92. Rosielle, A.A. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments/ A.A. Rosielle, and J. Hamblin // *Crop Sci.* –1981. –№ 21.– P. 943– 946.
93. Russell, W.A. Agronomic performance of maize cultivars representing different eras of breeding/ W.A. Russell // *Maydica* –1974. –№ 29. –P.375–390.
94. Santos, A. Correlations and path analysis of yield components in cowpea. / A.Santos, G. Ceccon, L. M. C. Davide, A. M. Correa, and V. B.Alves// *Crop Breeding and Applied Biotechnology.* –2014. – №14. –P. 82–87.
95. Scapim, C. A. Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars/ C. A.Scapim, C. A. P. Pacheco, A. T. Amaral Júnior, R. A Vieira, R. J.B. Pinto, & T. V Conrado.// *Euphytica.* –2010. –№ 174. –P. 209–218.
96. Schnable PS. Progress toward understanding heterosis in crop plants/ PS Schnable, NM. Springer. // *Annu Rev Plant Biol.* –2013. –№ 64(1). –P.71–88.
97. Silveira L. C. I. D. AMMI analysis to evaluate the adaptability and phenotypic stability of genotypes/ L. C. I. D. Silveira, V. Kist, T. O. M. D. Paula et al.// *Scientia Agricola.* –2013, № 1(70), – P. 27–32.
98. Sprague, G.F. General vs specific combining ability in single crosses of corn / G.F. Sprague, L.A Tatum, // *J. Agron.* –1942. –№ 34.–P.923–932.
99. Stefanova, K. T.Multiplicative mixed models for genetic gain assessment in lupin breeding/ K. T. Stefanova, & B. Buirchell // *Crop Science.* – 2010. – № 50(3). – P.880 – 891.
100. Tesfaye, K.; Krusemanb, G.; Cairnsc, J.E.; Zaman–Allahc, M.; Wegarya, D.; Zaidid, P.H.; Bootee, K.J.; Rahutb, D.; Erensteinb, O. Potential benefits of drought and heat tolerance for adapting maize to climate change in tropical environments / K.Tesfaye, G. Krusemanb, J.E Cairnsc, M. Zaman–Allahc, D. Wegarya, P.H. Zaidid, K.J. Bootee, D. Rahutb, O. Erensteinb // *Clim. Risk Manag.* – 2018. – № 19. –P.106–109.
101. Vanous, K.H. Improvement and expansion of doubled haploid technology / K.H. Vanous // *Graduate Theses and Dissertations, Iowa State University Ames, Iowa.* –2011. –114 p.

102. Vanous, .K. Generation of Maize (*Zea mays*). Doubled Haploids via Traditional Methods / K.Vanous, V. Adam, K. F. Ursula, and L.Thomas // Current Protocols in Plant Biology. – 2017. – № 2. – P. 147–157.

103. Vulchinkov, S.P. Effect of genotype and environmental conditions on variation in harvest index maize hybrids / S.P.Vulchinkova , N. Tomov // Rasteniiev”dni–Nauki.–1995. –№ 32.– P. 1–2.

104. Wright, S. Path coefficients and path regressions: alternative complementary concepts / S. Wright // Biometric. –1960. –№ 2 (16). – P. 189–202.

105. Wu, P. Mapping of maternal QTLs for in vivo haploid induction rate in maize (*Zea mays* L.) / P.Wu, H. Li, , J. Ren and S.Chen // Euphytica. –2014.– № 196(3). –P. 413–421.

106. Xu, X. Gametophytic and zygotic selection leads to segregation distortion through in vivo induction of a maternal haploid in maize /X. Xu, L.Li, .X Dong, W. Jin, A.E. Melchinger, and S. Chen //J. Exp. Bot. –2013.– № 64(4). –P. 1083–1096.

107. Yang, C. Identification of QTL for ear row number and two–ranked versus many–ranked ear in maize across four environments / C. Yang, D.Tang, L. Zhang, J. Liu, T. Rong // Euphytica.–2015.–№ 206.–P. 33–47.

108. Yang, J. Incomplete dominance of deleterious alleles contributes substantially to trait variation and heterosis in maize / J. Yang, S. Mezouk, A. Baumgarten, E.S. Buckler, K.E. Guill, M.D. McMullen // PLoS Genet. –2017. – №. 13(9).–P.21.

109. Yin, X. Improvement in regression of corn yield with plant height using relative data / X. Yin, M. A. McClure, R. M. Hayes //Journal of the Science of Food and Agriculture. –2011. – № 14. – P. 2606–2612.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Корреляции между морфологическими характеристиками новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 16 МВ, Краснодар, 2020-2021 гг.

| Признак                    | Ко-во листьев, штук | Число початков на растение | Высота растения, см | Высота прикрепления початков, см |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Ко-во листьев, штук        | 1                   | -0.312                     | 0.42                | 0.487                            |
| Число початков на растение | -0.312              | 1                          | -0.019              | 0.049                            |
| Высота растения, см        | 0.42                | -0.019                     | 1                   | .822**                           |
| Высота прикр. початков, см | 0.487               | 0.049                      | .822**              | 1                                |

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

### Приложение 2

Корреляции между морфологическими характеристиками новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 070 МВ, Краснодар, 2020-2021 гг.

| Признак                    | Ко-во листьев, штук | Число початков на растение | Высота растения, см | Высота прикрепления початков, см |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Ко-во листьев, штук        | 1                   | -0.307                     | 0.544               | .738**                           |
| Число початков на растение | -0.307              | 1                          | -0.223              | -0.352                           |
| Высота растения, см        | 0.544               | -0.223                     | 1                   | .871**                           |
| Высота прикр. початков, см | .738**              | -0.352                     | .871**              | 1                                |

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

### Приложение 3

Корреляции между морфологическими характеристиками новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 1330/6 МВ, Краснодар, 2020-2021 гг.

| Признак                    | Ко-во листьев, штук | Число початков на растение | Высота растения, см | Высота прикрепления початков, см |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------------|
| Ко-во листьев, штук        | 1                   | -0.121                     | 0.165               | 0.469                            |
| Число початков на растение | -0.121              | 1                          | 0.399               | 0.387                            |
| Высота растения, см        | 0.165               | 0.399                      | 1                   | .812**                           |
| Высота прикр. початков, см | 0.469               | 0.387                      | .812**              | 1                                |

\*\* Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

### Приложение 4

Коэффициенты корреляции количественных признаков новых среднеспелых гибридов кукурузы, Краснодар, 2020-2022 гг.

| Признаки                | Длина початка | Диаметр початка с зерна | Число рядов | Число зерн в ряду | Масса зерна с початки | Масса 1000 семян, г | Урожайность зерна |
|-------------------------|---------------|-------------------------|-------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| Длина початка           | 1             | 0,301                   | 0,785**     | 0,962**           | 0,946**               | 0,889**             | 0,943**           |
| Диаметр початка с зерна | 0,301         | 1                       | 0,303       | 0,309             | 0,269                 | 0,264               | 0,335*            |
| Число рядов             | 0,785**       | 0,303                   | 1           | 0,711**           | 0,705**               | 0,634**             | 0,751**           |
| Число зерн в ряду       | 0,962**       | 0,309                   | 0,711**     | 1                 | 0,950**               | 0,921**             | 0,946**           |
| Масса зерна с початки   | 0,946**       | 0,269                   | 0,705**     | 0,950**           | 1                     | 0,945**             | 0,945**           |
| Масса 1000 семян, г     | 0,889**       | 0,264                   | 0,634**     | 0,921**           | 0,945**               | 1                   | 0,922**           |
| Урожайность зерна       | 0,943**       | 0,335*                  | 0,751**     | 0,946**           | 0,945**               | 0,922**             | 1                 |

\*\* . Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

\* . Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).



Приложение 5

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 16 МВ, Краснодар, 2020 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 53,2                                | 53,4 | 50,5 | 52,4    |
| 1533/7  | 52,2                                | 55,8 | 57,1 | 55,0    |
| 1533/14 | 54,8                                | 56,8 | 55,3 | 55,6    |
| 1533/16 | 32,6                                | 33,6 | 31,7 | 32,6    |
| 1533/19 | 32,6                                | 30,5 | 31,4 | 31,5    |
| 1533/25 | 44,3                                | 45,6 | 45,9 | 45,3    |
| 1533/38 | 56,4                                | 57,3 | 55,7 | 56,5    |
| 1533/40 | 46,7                                | 47,7 | 50,4 | 48,3    |
| 1533/52 | 41,3                                | 40,8 | 40,2 | 40,8    |
| 1533/53 | 54,5                                | 56,8 | 57,1 | 56,1    |
| 1533/54 | 43,7                                | 45,8 | 44,4 | 44,6    |
| 1533/70 | 56,6                                | 57,4 | 56,8 | 56,9    |

Приложение 6

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 070 МВ, Краснодар, 2020 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 35,9                                | 38,1 | 36,2 | 36,7    |
| 1533/7  | 45,2                                | 45,6 | 47,9 | 46,2    |
| 1533/14 | 49,8                                | 49,2 | 48,8 | 49,3    |
| 1533/16 | 60,9                                | 61,1 | 62,1 | 61,4    |
| 1533/19 | 50,3                                | 52,4 | 54,3 | 52,3    |
| 1533/25 | 50,1                                | 49,9 | 51,2 | 50,4    |
| 1533/38 | 53,5                                | 51,2 | 52,4 | 52,4    |
| 1533/40 | 38,1                                | 36,2 | 38,1 | 37,5    |
| 1533/52 | 57,1                                | 57,1 | 57,8 | 57,3    |
| 1533/53 | 41,2                                | 40,6 | 41,4 | 41,1    |
| 1533/54 | 48,3                                | 47,4 | 47,1 | 47,6    |
| 1533/70 | 51,4                                | 53,8 | 53,1 | 52,8    |

Приложение 7

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером 1330/6 МВ, Краснодар, 2020 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 44,3                                | 45,8 | 48,4 | 46,2    |
| 1533/7  | 66                                  | 63,1 | 64,3 | 64,5    |
| 1533/14 | 62                                  | 63,3 | 62   | 62,4    |
| 1533/16 | 48                                  | 47,2 | 48   | 47,7    |
| 1533/19 | 64,8                                | 61,7 | 63,8 | 63,4    |
| 1533/25 | 67,5                                | 67,1 | 69   | 67,9    |
| 1533/38 | 43,8                                | 44,4 | 45   | 44,4    |
| 1533/40 | 41,4                                | 41,6 | 42,3 | 41,8    |
| 1533/52 | 52,5                                | 52,9 | 52,5 | 52,6    |
| 1533/53 | 57,3                                | 57,5 | 58,6 | 57,8    |
| 1533/54 | 57,4                                | 59,1 | 59,2 | 58,6    |
| 1533/70 | 61,9                                | 60,8 | 60,1 | 60,9    |

Приложение 8

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 16 МВ, Краснодар, 2021 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 43,2                                | 44,6 | 43,4 | 43,7    |
| 1533/7  | 49,3                                | 51,9 | 49,2 | 50,1    |
| 1533/14 | 51,2                                | 51   | 51,9 | 51,4    |
| 1533/16 | 48,5                                | 51   | 49,4 | 49,6    |
| 1533/19 | 40,4                                | 40   | 40,4 | 40,3    |
| 1533/25 | 40,4                                | 43,4 | 43,3 | 42,4    |
| 1533/38 | 60                                  | 58,7 | 63   | 60,6    |
| 1533/40 | 53                                  | 52,6 | 53,7 | 53,1    |
| 1533/52 | 40,7                                | 40,1 | 41,2 | 40,7    |
| 1533/53 | 53,3                                | 56,9 | 55,1 | 55,1    |
| 1533/54 | 44,3                                | 47,8 | 49,6 | 47,2    |
| 1533/70 | 55,1                                | 56,5 | 56,5 | 56      |

Приложение 9

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 070 МВ, Краснодар, 2021 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 40,8                                | 41,3 | 43,1 | 41,7    |
| 1533/7  | 45,5                                | 47,6 | 43,1 | 45,4    |
| 1533/14 | 54,2                                | 52,2 | 51,2 | 52,5    |
| 1533/16 | 62,4                                | 63   | 63,8 | 63,1    |
| 1533/19 | 45,3                                | 45,1 | 43   | 44,5    |
| 1533/25 | 54,8                                | 55   | 55,4 | 55,1    |
| 1533/38 | 40,4                                | 41,7 | 41,9 | 41,3    |
| 1533/40 | 57,7                                | 59,4 | 58,7 | 58,6    |
| 1533/52 | 37,8                                | 39,6 | 38   | 38,5    |
| 1533/53 | 49                                  | 49,1 | 49,3 | 49,1    |
| 1533/54 | 55,1                                | 54,8 | 55   | 55,0    |
| 1533/70 | 57,8                                | 58,9 | 59   | 58,6    |

Приложение 10

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером 1330/6 МВ, Краснодар, 2021 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 51,3                                | 49,5 | 49   | 49,9    |
| 1533/7  | 64                                  | 65,5 | 65   | 64,8    |
| 1533/14 | 65,3                                | 66,7 | 66   | 66      |
| 1533/16 | 50,3                                | 51,8 | 52,4 | 51,5    |
| 1533/19 | 65,8                                | 67,4 | 67   | 66,7    |
| 1533/25 | 68,4                                | 68,8 | 68,7 | 68,6    |
| 1533/38 | 55,4                                | 53,8 | 55,7 | 55      |
| 1533/40 | 57                                  | 61,1 | 57,9 | 58,7    |
| 1533/52 | 62,3                                | 62,7 | 63,4 | 62,8    |
| 1533/53 | 63,8                                | 64   | 65,1 | 64,3    |
| 1533/54 | 44,3                                | 43,7 | 43,8 | 43,9    |
| 1533/70 | 45,3                                | 48,4 | 48,3 | 47,3    |

Приложение 11

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 16МВ, Краснодар, 2022 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 52,4                                | 43,7 | 64,1 | 53,4    |
| 1533/7  | 55,0                                | 50,1 | 73,4 | 59,5    |
| 1533/14 | 55,6                                | 51,4 | 83,4 | 63,5    |
| 1533/16 | 32,6                                | 49,6 | 60,3 | 47,5    |
| 1533/19 | 31,5                                | 40,3 | 65,5 | 45,8    |
| 1533/25 | 45,3                                | 42,4 | 61,4 | 49,7    |
| 1533/38 | 56,5                                | 60,6 | 82,7 | 66,6    |
| 1533/40 | 44,6                                | 47,2 | 71,4 | 54,4    |
| 1533/52 | 56,9                                | 56,0 | 76,3 | 63,1    |
| 1533/53 | 40,8                                | 40,7 | 79,2 | 53,6    |
| 1533/54 | 56,1                                | 55,1 | 67,9 | 59,7    |
| 1533/70 | 48,3                                | 53,1 | 72,6 | 58,0    |

Приложение 12

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 070 МВ, Краснодар, 2022 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 36,7                                | 41,7 | 64,1 | 47,5    |
| 1533/7  | 46,2                                | 45,4 | 75,6 | 55,8    |
| 1533/14 | 49,3                                | 49,1 | 75,6 | 58,0    |
| 1533/16 | 47,6                                | 52,5 | 75,0 | 58,4    |
| 1533/19 | 61,4                                | 63,1 | 55,4 | 60,0    |
| 1533/25 | 52,3                                | 44,5 | 82,0 | 59,6    |
| 1533/38 | 50,4                                | 58,6 | 67,4 | 58,8    |
| 1533/40 | 52,4                                | 55,1 | 64,4 | 57,3    |
| 1533/52 | 37,5                                | 41,3 | 74,4 | 51,1    |
| 1533/53 | 57,3                                | 58,6 | 42,3 | 52,7    |
| 1533/54 | 41,1                                | 38,5 | 38,8 | 39,4    |
| 1533/70 | 52,8                                | 55,0 | 83,1 | 63,6    |

## Приложение 13

Результаты дисперсионного анализа урожайности зерна новых среднеспелых линий кукурузы с тестером Кр 1330/6 МВ, Краснодар, 2022 г.

| Линии   | Повторности, урожайность зерна, ц/г |      |      | Среднее |
|---------|-------------------------------------|------|------|---------|
|         | 1                                   | 2    | 3    |         |
| 1533/2  | 46,2                                | 49,9 | 65,8 | 54,0    |
| 1533/7  | 64,5                                | 64,8 | 93,2 | 74,2    |
| 1533/14 | 62,5                                | 66,0 | 73,3 | 67,3    |
| 1533/16 | 47,8                                | 51,5 | 66,5 | 55,3    |
| 1533/19 | 63,4                                | 66,7 | 89,2 | 73,1    |
| 1533/25 | 67,9                                | 68,6 | 89,5 | 75,4    |
| 1533/38 | 44,4                                | 47,3 | 68,8 | 53,5    |
| 1533/40 | 41,8                                | 43,9 | 54,4 | 46,7    |
| 1533/52 | 52,6                                | 55,0 | 76,8 | 61,5    |
| 1533/53 | 57,8                                | 58,7 | 81,7 | 66,1    |
| 1533/54 | 58,6                                | 62,8 | 75,1 | 65,5    |
| 1533/70 | 60,9                                | 64,3 | 78,4 | 67,9    |

## Приложение 14

Результаты дисперсионного анализа комбинационной способности новых среднеспелых линий кукурузы, Краснодар, 2022 г.

| Источник вариации | df    | SS      | mS     | F-крит | F-крит-ст |
|-------------------|-------|---------|--------|--------|-----------|
| ОКС линий         | 11,00 | 1461,88 | 132,90 | 39,17  | 2,01      |
| ОКС тестеров      | 2,00  | 550,21  | 275,10 | 81,09  | 3,21      |
| СКС               | 22,00 | 2942,40 | 133,75 | 39,42  | 1,79      |
| Остаточная        | 70,00 | 237,49  | 3,39   |        |           |