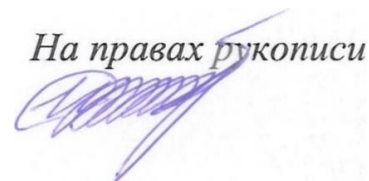


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

На правах рукописи


Исакова Светлана Викторовна

ОТБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА И СОЗДАНИЕ НА ЕГО ОСНОВЕ
ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ С НИЗКОЙ УБОРОЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

Специальность 4.1.2 Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
доктор биологических наук, профессор
Цаценко Людмила Владимировна

Краснодар – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОТБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА И СОЗДАНИЕ НА ЕГО ОСНОВЕ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ С НИЗКОЙ УБОРОЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ.....	8
1.1 Значение кукурузы в мировом сельском хозяйстве	8
1.2 Значение кукурузы для сельского хозяйства в Российской Федерации	11
1.3 Физиологические основы содержания влаги в зерне кукурузы.....	16
1.4 Влияние условий окружающей среды на уборочную влажность зерна кукурузы.....	20
1.5 Влажность зерна кукурузы как наследуемый признак	22
1.6 Влияние физико-механических свойств кукурузы на содержание влаги в зерне.....	25
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	29
2.1 Почвенно-климатические условия проведения опыта	29
2.2 Исходный материал и методика проведения исследований.....	41
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	43
3.1 Характеристика изучаемых линий кукурузы.....	43
3.2 Изучение влажности зерна линий кукурузы в предуборочный период.....	58
3.3 Влияние погодных условий на влажность зерна исследуемых линий кукурузы в предуборочный период	64
3.4 Характеристика линий кукурузы, полученных в результате скрещивания с линией-донором	89
3.5 Результаты испытаний экспериментальных гибридов, полученных с помощью новых линий кукурузы, в контрольном питомнике	130
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ С НИЗКОЙ УБОРОЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ.....	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	145
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	168

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. В мировом сельском хозяйстве кукуруза относится к ведущим зерновым культурам наряду с пшеницей и рисом. Зерно кукурузы широко используется как продукт питания и корм для сельскохозяйственных животных, кукурузный крахмал используется в бумажной, химической и фармацевтической промышленности. В Российской Федерации выращиванием кукурузы занимаются в 20 субъектах федерации. Наибольшая доля приходится на Краснодарский (34,3 %) и Ставропольский края (9,5 %), Белгородскую (7,6 %), Ростовскую (6,4 %), Курскую (5,4 %) и Воронежскую (5,3 %) области.

Актуальной проблемой селекции кукурузы на зерно является создание гибридов, сочетающих в себе высокую урожайность, интенсивную отдачу влаги зерном в предуборочный период и уборочную влажность зерна менее 14,0 %. Уборочная влажность зерна является важнейшей характеристикой гибридов кукурузы. Для некоторых зон возделывания этот показатель является определяющим при выборе гибридов. Оптимальным для уборки считается диапазон влажности 18,0–25,0 %, однако уборка зерна влажностью 14,0 % и ниже позволяет исключить затраты на послеуборочную сушку. Для селекции высокогетерозисных гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью, необходимо создание исходного материала, обладающего рядом хозяйственно-ценных признаков. Линии кукурузы, имеющие высокую влажность зерна к моменту наступления физиологической спелости и стремительно теряющие влагу на протяжении следующих десяти дней, имеют высокую селекционную ценность. Такие линии выступают в качестве родительских компонентов при создании гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна.

Исходя из актуальности и высокой значимости для сельскохозяйственного производства данной проблемы, в отделе селекции и семеноводства ООО «НПО «Семеноводство Кубани» была проведена данная селекционная работа.

Цель и задачи исследования. Цель исследования – создание линий кукурузы с низкой уборочной влажностью зерна и высокой интенсивностью влагоотдачи в предуборочный период.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить морфологические признаки линий кукурузы из рабочей коллекции ООО «НПО «Семеноводство Кубани»;
- подобрать генотипы с низкой уборочной влажностью зерна;
- определить наиболее эффективные комбинации исходного материала кукурузы, которые позволяют получить новые линии с низкой уборочной влажностью зерна и высокой интенсивностью влагоотдачи;
- определить степень влияния погодных условий на влажность зерна линий кукурузы в предуборочный период;
- разработать предложения селекционной практике по включению в работу лучших комбинаций линий кукурузы с низкой уборочной влажностью зерна;
- изучить экономическую целесообразность внедрения гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью.

Научная новизна. Впервые в условиях Центральной зоны Краснодарского края была проведена работа по получению линий кукурузы с низкой уборочной влажностью и высокой скоростью влагоотдачи, используя материал из генетической коллекции научно-производственного объединения «Семеноводство Кубани». Были созданы инбредные и автодиплоидные линии кукурузы, обладающие набором хозяйственно-ценных признаков. Также проведено изучение особенностей влагоотдачи у линий кукурузы из рабочей коллекции с целью выявления линий-доноров признака быстрой влагоотдачи. Созданные с помощью новых линий экспериментальные межлинейные гибриды кукурузы были испытаны в контрольном питомнике предприятия. Выявлены наиболее эффективные комбинации исходного материала, с помощью которых можно получить линии с низкой уборочной влажностью зерна и высокой интенсивностью влагоотдачи. Выявленные в процессе отбора линии будут использованы в качестве родительских компонентов для новых урожайных гибридов с низкой уборочной влажностью.

Теоретическая и практическая значимость работы. С участием новых инбредных и автодиплоидных линий кукурузы получены комбинации с низкой уборочной влажностью и высокой скоростью влагоотдачи в предуборочный период в условиях центральной зоны Краснодарского края. Полученные комбинации успешно будут использованы как родительский компонент для высокогетерозисных гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью ниже 14,0 %.

Степень достоверности и апробации результатов исследований. В результате проведенных исследований изучен значительный объем данных, полученных в результате полевого опыта и лабораторных исследований за три года проведения экспериментов. Также полученные результаты были подвергнуты статистической обработке, проведен анализ данных, подтверждающий достоверность проведенных исследований.

Результаты исследований были представлены на VI Международной научно-практической онлайн-конференции «Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы» (Майкоп, 2020), Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию заслуженного работника сельского хозяйства Российской Федерации, академика Международной академии аграрного образования, действительного члена Международной академии информатизации, заслуженного профессора Воронежского государственного аграрного университета, профессора Владимира Ефимовича Шевченко «Актуальные проблемы селекции, семеноводства и сохранения плодородия почв» (Воронеж, 2021), Международной научно-практической конференции «Теория и практика адаптивной селекции растений (Жученковские чтения VI)» (Краснодар, 2021), Международной научно-практической онлайн-конференции «Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы» (Майкоп, 2022).

Методология и методы исследований. В работе проводилось изучение влажности зерна линий кукурузы в полевых условиях в предуборочный период. Теоретическую основу и методику эксперимента составили научные труды отечественных и зарубежных ученых, занимающихся созданием, изучением и оценкой линий кукурузы с низкой уборочной влажностью. На этапе подготовки к проведению эксперимента, при проведении исследований и обработке полученных данных использовались различные источники информации, например, научные статьи, учебные пособия, монографии, электронные базы данных и другие материалы.

В соответствии с утвержденными методами проводились полевые и лабораторные исследования, а также статистическая обработка полученных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Характеристика морфологических признаков исходного материала и новых линий кукурузы.
2. Анализ снижения влажности зерна в предуборочный период у исходного материала и новых линий кукурузы.
3. Характеристика влияния погодных условий на влажность зерна исследуемых линий кукурузы в предуборочный период.
4. Анализ влагоотдачи зерна новых линий кукурузы, полученных с помощью линии-донора.
5. Характеристика экспериментальных гибридов, полученных с помощью новых линий кукурузы, по урожайности и уборочной влажности зерна.
6. Экономическая целесообразность внедрения гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью.

Публикации. Основные результаты и положения диссертационной работы представлены в 8 научных статьях, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК РФ, получено 2 патента на полезное изобретение.

Личный вклад соискателя. Автор принимал непосредственное участие в подготовке и проведении лабораторных и полевых исследований и наблюдений, обобщении и анализе полученных в ходе эксперимента данных, проведении математического и теоретического обоснования полученных результатов; подготовке и

написании разделов диссертации. Автор благодарит научного руководителя, доктора биологических наук, руководителя программы подготовки «Биологические науки», профессора кафедры генетики, селекции и семеноводства Л. В. Цаценко за неоценимую помощь, советы и вклад в подготовку научных публикаций, написание и оформление текста диссертации. Автор также признателен главному селекционеру службы селекции и семеноводства ООО «НПО «Семеноводство Кубани» кандидату биологических наук Э. Р. Забировой за активную помощь в написании диссертации, советы и поддержку, а также доступ к информации изучаемых линий.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 191 странице машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, обзора литературы, предложений для селекции и приложения. Работа содержит 55 таблицы, 27 рисунков, приложение – 31 таблицу и 11 рисунков. Список литературы включает 214 источников, в том числе 37 иностранных авторов.

ГЛАВА 1. ОТБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА И СОЗДАНИЕ НА ЕГО ОСНОВЕ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ С НИЗКОЙ УБОРОЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

1.1 Значение кукурузы в мировом сельском хозяйстве

Кукуруза является культурой всестороннего использования. Во многих странах она является основным источником пищи. По данным всемирной продовольственной и сельскохозяйственной организации, ежегодно около 116 млн т зерна кукурузы используются для потребления человеком по всему миру, 30 % из этого количества приходится на страны Африки (Нечаев и др., 2020, Гасымов, 2021). Как утверждает D. Kumar, в рационе более чем 20 стран, кукуруза составляет 15–20 % от общей дневной нормы калорий. Зерно кукурузы содержит от 9 до 12 % белка, от 4 до 8 % жира и 65–70 % углеводов. Кукурузное зерно представляет собой ценное сырье для крахмалопаточной, пивоваренной и спиртовой промышленности. Выход крахмала из сухого зерна составляет 60 %.

Из зерна кукурузы также можно получить кукурузное масло, богатое витамином E (Крикунова, 2011, Kumar, 2013, Дзедаев, 2020). В трудах S. O. Serna-Saldivar говорится, что из кукурузного зерна вырабатывают муку разной степени помола: тонкий, крупный и обойная мука. Для хлебных и кондитерских изделий используется мука тонкого помола, остальные виды используются как добавка к кормам. Как основной источник крахмала, пищевых масел и клейковины, кукуруза используется для приготовления пищи, а также в различных очищенных и переработанных пищевых продуктах (Serna-Saldivar, 2015, Сотченко, 2018, Serna-Saldivar 2019). Также кукуруза широко используется как источник крахмала для фармацевтической, бумажной, горнодобывающей и строительной отраслей промышленности. Такой крахмал обычно получается после процесса очистки и используется в различных продуктах, таких как биоразлагаемые пластиковые пакеты, переработанная бумага, моющие средства, краски, косметика, клей, поверхностно-активные вещества и агрохимикаты (Цедик и др., 2019, Tivy, 2014). Кукуруза является ценным источником концентрированных кормов для животноводства, дробленое зерно используют в составе комбикормов в сочетании с другими видами зерна, а зеленые

стебли и початки молочно-восковой спелости используют для приготовления силоса (Зиновенко и др., 2021, Пристач, 2021). Стебли, початки и листья обертки используют для выработки бумаги, линолеума, вискозы, а сухие рыльца используют при изготовлении лекарств. Зерно кукурузы можно также переработать в этанол, который является экологически чистым топливом для двигателей внутреннего сгорания (Сергеева, 2022, Белокурова, 2021, Serna-Saldivar, 2019).

Кукурузу употребляют в пищу как в початках, так и в виде различных продуктов, таких как попкорн, полента, каша, сухие завтраки, выпечка и кондитерские изделия, кукурузная мука и другие. Из рафинированного кукурузного крахмала производят ряд сиропов и подсластителей, которые конкурируют с традиционным кристаллическим сахаром, произведенным от сахарного тростника или свеклы (Ставцев и др., 2022, Serna-Saldivar, 2015).

Согласно разработанной Н. И. Вавиловым теории центров происхождения культурных растений, родиной кукурузы является Центральноамериканская зона. Ее эволюционный путь начался в горной местности Мексики между 7000 и 10000 лет назад. Самое древнее палеоэтноботаническое свидетельство одомашнивания кукурузы находится в археологическом памятнике под названием «Нак-Нейш», расположенном в южной части штата Тамаулипас, Мексика. Он представляет собой три примитивные пещеры, датируемых 6000–2000 гг. до н. э., в одной из которых было найдено древнее захоронение, где, помимо прочего, были обнаружены початки кукурузы (Гончаров 2007, Васильев, 2018).

Из существующих подвидов кукурузы самыми популярными в мировом земледелии являются кремнистый, зубовидный и сахарный подвиды. Зубовидная кукуруза с желтой окраской зерна используется для кормления животных и пищевых целей, производства крахмала и биоэтанола. Зубовидная кукуруза с белой окраской зерна возделывается в нескольких регионах земного шара, например, в Мексике, для изготовления традиционных блюд (Дзедаев, 2020, Serna-Saldivar, 2015, Serna-Saldivar 2019). Кремнистый подвид имеет самый широкий ареал распространения. Как описывает S. O. Serna-Saldivar, семена кукурузы этого подвида были первыми

завезены в Европу. Среди кремнистых гибридов много скороспелых, возделываются в основном на зерно, используются для производства крупы, кукурузных хлопьев. В последнее время все большее распространение получают подвиды с промежуточным типом зерна – в зависимости от преобладания кремнистого или зубовидного типа зерновки, такой тип кукурузы называют полузубовидным или полукремнистым (Serna-Saldivar, 2019, Жидков и др., 2019). Сахарная кукуруза является ценным овощным растением. Она имеет рецессивные гены (*su1*, *su2*), которые вызывают изменения в эндосперме и приводят к повышению уровня растворимых сахаров и снижению уровня содержания крахмала в зерне. Гибриды сладкой кукурузы предназначены для потребления в початках, а также для замораживания и консервирования (Сотченко, 2022, Ячменева и др., 2019, Кочисов, 2011).

Кроме перечисленных выше самых распространенных подвидов кукурузы существуют подвиды и разновидности, имеющие специальное назначение. Лопающаяся кукуруза характеризуется наличием стекловидного эндосперма, употребляется в виде «взорванных» воздушных зерен, применяется для приготовления сладостей из воздушной кукурузы (Резвицкий и др., 2020). Восковидный подвид отличается составом крахмала зерна – более чем на 95 % он состоит из амилопектина. Воскообразный крахмал имеет более высокую вязкость в горячем состоянии и дает более мягкие, более стабильные и прозрачные гели из-за его более медленной деградации. Генотипы кукурузы, имеющие ген *opaque-2*, содержат в два раза больше лизина и триптофана по сравнению с обычными аналогами и, следовательно, имеют лучшее качество белка. Такая кукуруза имеет большой потенциал для пищевой промышленности из-за повышенной питательной ценности (Аппаев и др., 2020, Шиянова, 2019, Хатефов и др., 2019).

1.2 Значение кукурузы для сельского хозяйства в Российской Федерации

В 2019 г. площадь посева под кукурузой на зерно в Российской Федерации составила 2 385,9 тыс. га, валовый сбор зерна был равен 13 928,7 тыс. т, средняя урожайность по стране 57,5 ц/га (выше, чем за предыдущие пять лет). На долю Южного федерального округа приходится 30 % от посевной площади под кукурузу в Российской Федерации. Основным районом выращивания кукурузы на зерно является Краснодарский край. Здесь кукурузу возделывают в 43 муниципальных образованиях. Средняя урожайность зерна кукурузы в период 2015–2019 гг. составила более 70,0 ц/га. Повышение эффективности выращивания осуществляется за счет совершенствования технологии возделывания, использования новых гибридов и современной техники (Головач, 2019, Гаркуша, 2021). Почвенно-климатические условия Краснодарского края благоприятны для возделывания гибридов кукурузы различных групп спелости, среднеспелых в том числе. Такие гибриды успевают отцвести до наступления засухи, за счет чего способны сформировать максимальную урожайность (Рудичев, 2019). При использовании линий-доноров признаков позднеспелости, применяя рекуррентный отбор, возможно получить новые линии, цветущие на 2–4 дня позже, чем исходная линия, а также имеют уборочную влажность ниже стандарта (Ласкин, 2017). В 2019–2020 гг. учеными из НЦЗ им. П. П. Лукьяненко была проведена селекционная работа по созданию новых гибридов сахарной кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края. В работу были привлечены сортообразцы кукурузы из США и Японии. Отобранные были скрещены с зубовидными формами с известной родословной. С участием полученных новых линий было создано три новых гибрида сахарной кукурузы (Супрунов и др., 2020).

Кабардино-Балкарская Республика обладает ярко выраженной вертикальной зональностью, и для каждой зоны необходимо подбирать гибриды кукурузы. В связи с этим на научно-производственном участке ИСХ КБНЦ РАН проводится изучение и исследование гибридов кукурузы разных групп спелости. Исследования, проводимые в 2018 г., показали, что в группе среднеспелых высокую урожайность показал гибрид Кб 361 (65,4 ц/га, уборочная влажность зерна 21,4 %), в

группе среднепоздних – гибрид Кб 456 (77,4 ц/га, уборочная влажность зерна 24,3 %), в группе позднеспелых – гибрид Кб 585 (76,0 ц/га, уборочная влажность зерна 33,6 %) (Кагермазов и др., 2021).

Во ВНИИЗК им. И. Г. Калининко основными направлениями селекционной работы является отбор на засухоустойчивость, высокую интенсивность влагоотдачи в предуборочный период, увеличение содержания крахмала в зерне, получение гибридов силосного направления. В результате селекционной работы получены линии с высокой интенсивностью влагоотдачи (более 1,0 % в сутки) – ЗС226, КВ263, ЗС123 и др. (Кривошеев, 2016).

В Белгородской области расширение посевных площадей под посевами кукурузы предусмотрено программой по производству зерна кукурузы. Для этих целей планируется использовать новые высокопродуктивные гибриды кукурузы и современные ресурсосберегающие технологии (Прихожаев, 2019, Семикина, 2021). С целью создания родительских форм для новых гибридов, предназначенных для возделывания в Белгородской области, в 2012–2014 гг. было проведено изучение комбинационной способности у родительских форм. В результате работы селекционеров был получен гибрид Сириус С, послуживший материнской формой для новых гибридов с ФАО от 160 до 240. Новые гибриды отличаются высокой урожайностью зерна и низкой уборочной влажностью (21,8–26,5 %) (Тютюнов и др., 2015).

Для сельскохозяйственных предприятий Брянской области кукуруза широко используется для производства зеленых и консервируемых кормов для КРС молочных и мясных пород (Мамеев, 2022, Бишутин, 2022). В связи с этим на опытном поле Брянского ГАУ проводится изучение иностранных и отечественных гибридов кукурузы. В 2018 г. лучшую по урожайности зерна показали гибриды Ладожский 181МВ (8,75 т/га), Воронежский 279 СВ (8,46 т/га), Ладожский 221МВ (7,37 т/га). По показателям содержания сырого протеина и сырого жира выделился также гибрид Ладожский 221МВ (10,4 и 6,07 % соответственно) (Дронов, 2018). По результатам исследований, проведенных в 2019–2020 гг. по урожайности зеленой массы и зерна лучшими являются гибриды Родник 292МВ (урожайность зеленой массы

62,0 т/га, зерна – 6,8 т/га, уборочная влажность зерна – 36,6 %), и Дарина МВ (урожайность зерна 8,0 т/га, уборочная влажность зерна – 26,5 % (Дронов, 2021).

Как отмечает А. Э. Панфилов, при создании гибридов кукурузы с ускоренной влагоотдачей зерна в предуборочный период первичная оценка материала проводится в южной зоне России, в то время как наиболее актуальны гибриды с ускоренной влагоотдачей на севере страны. В северных регионах признак быстрой потери влаги находится в тесном взаимодействии с погодными условиями (Панфилов, 2016). Для продвижения кукурузы в северные районы, необходимо подбирать скороспелые гибриды с высокой скоростью влагоотдачи зерна. Чтобы определить, возможно ли получить урожай зерна кукурузы влажностью не более 28,0 % были произведены оценка погодных условий в различных районах Пермского края. Результаты исследований показывают, что в некоторых районах Пермской области такая вероятность составляет 70 %. В годы, когда сумма активных температур составляет 1850 °С и менее, посеvy кукурузы рекомендуется убирать на зеленый корм (Елисеев, 2015). Для условий северных районов кукурузосеяния разработана следующая модель гибрида кукурузы зернового направления: раннеспелый (ФАО 100–120), холодостойкий (прорастание при 6...8 °С, способность переносить понижение температуры до 8 °С во время вегетации растений), высокая интенсивность влагоотдачи при созревании зерна (Панфилов, 2012). Особенность третьего пояса кукурузосеяния заключается в дефиците тепла, коротком вегетационном периоде, широком колебании температур как по годам, так и в течение периода вегетации, засухах различной интенсивности. Вследствие этого приоритетным направлением селекции гибридов кукурузы в этой зоне является скороспелость, а такие признаки, как холодостойкость, засухоустойчивость и интенсивная влагоотдача являются дополнением к скороспелости (Слинько, 2021, Головки и др., 2019, Панфилов, 2014). В условиях Республики Башкортостан в 2020 г. изучение гибридов кукурузы селекции ФГБНУ ВНИИ кукурузы для определения наиболее продуктивных гибридов, пригодных для выращивания по зерновой технологии в условиях республики. Результаты исследований показали, что зерновая продуктивность гибридов кукурузы

колеблется от 2,5 до 6,7 т/га (гибрид Уральский 150), урожайность зеленой массы варьирует от 32,8 до 56,7 т/га (гибрид К-170), наименьшая влажность зерна на момент уборки составила 38,0 % (у гибрида К-140) (Ахияров и др., 2020). В условиях Республики Марий Эл в 2018 г. было изучено 10 гибридов кукурузы. В неблагоприятных условиях года проведения исследований максимальная урожайность зеленой массы была у гибрида ЗП170 МВ (34,4 т/га), зерна – у гибрида Каскад166 АСВ (7,4 т/га). Погодные условия негативно сказались на урожайности зеленой массы и зерна, а также на влажность зерна: многие изучаемые гибриды не достигли влажности зерна уборочной спелости (Кириллов и др., 2019).

Для Республики Татарстан кукуруза имеет значение как силосная и фуражная культура. С целью подбора оптимальных для возделывания гибридов кукурузы в 2014–2015 гг. была проведена оценка гибридов разных групп спелости. Результаты исследований показали, что для засушливого климата наиболее оптимальны ранне-спелые гибриды, такие как Ладожский 191СВ, Ладожский 181МВ, Каскад 195СВ, РОСС 195МВ. Наименьшую влажность зерна при уборке имел гибрид Нур (26,0 %) (Чекмарев и др., 2017).

В Приморском крае возделывают гибриды кукурузы как зернового, так и силосного направления. Кукуруза является одной из немногих зерновых культур, способных давать стабильный урожай в условиях муссонного климата (Моисеенко, 2013). В 2017–2018 гг. учеными из ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки проведена многокритериальная оценка иностранных и отечественных гибридов кукурузы разных групп спелости. Среди отечественных гибридов кукурузы лучшими по результатам исследований являются: Байкал (урожайность зерна 5,5 т/га, уборочная влажность зерна 23,2 %), Ладожский 175МВ (7,6 т/га, 29,7 %), КС 178СВ (6,0 т/га, 28,3 %), среди иностранных гибридов – Си Новатоп (9,9 т/га, 26,4 %), Р8688 (8,6 т/га, 27,8 %) и Р7054 (7,2 т/га, 22,1 %) (Бутовец и др., 2020).

Доля отечественных гибридов, зарегистрированных в Госреестре за период с 2015 по 2019 г., возросла вдвое. Помимо научно-исследовательских институтов, выполняющих функцию основных государственных центров селекции кукурузы,

на территории Российской Федерации существует более 40 отечественных селекционно-семеноводческих компаний, занимающихся производством семян кукурузы и ведением собственных селекционных программ. Основная их часть сосредоточена в Кабардино-Балкарской Республике и Краснодарском крае. Такие компании имеют в своей линейке современные гибриды кукурузы разных групп спелости и разного направления использования, которые по урожайности и качеству зерна и сочных или зеленых кормов не уступают зарубежным гибридам, а также имеют ряд преимуществ по показателям холодо- и засухоустойчивости (Королькова и др., 2021, Кондратьева, 2021, Давыдова, 2019). Так, в условиях аномальной засухи лета 2018 г. в Крыловском районе Краснодарского края урожайность кукурузы по району составила не более 26,0 ц/га. Урожайность импортных гибридов оказалась наименьшей, и составила 10,0–12,0 ц/га, в свою очередь, гибриды «Ладожские» показали урожайность 15,0–20,0 ц/га, гибриды компании «Росагротрейд» продемонстрировали высокую засухоустойчивость, их урожайность составила более 20,0 ц/га (Зыков, 2019).

За период 2015–2019 гг. производственные затраты на 1 га посева кукурузы увеличились на 12,0 %, полная себестоимость 1 т зерна – на 34,5 %, производственная себестоимость 1 т зерна кукурузы – на 29,0 %. В структуре затрат на производство кукурузы в Краснодарском крае лидирующее место занимают материальные затраты (40,6 %) и общехозяйственные затраты и прочие расходы (29,2 %) (Гаркуша, 2021, Тишанинов, 2020, Зимин и др., 2022).

1.3 Физиологические основы содержания влаги в зерне кукурузы

Все фенологические фазы развития растения кукурузы нуждаются в достаточном обеспечении влагой. Вода является естественным компонентом зерна кукурузы и существенно влияет на все физиологические процессы и качество зерна (Леймоева, 2020). На начальном этапе развития, когда растение медленно увеличивается в объеме даже при относительно высоких температурах воздуха, растение проходит фазу медленного роста. При наступлении неблагоприятных условий среды, эта фаза удлиняется без вреда для будущего урожая (Кравченко, 2016). Переход к фазе быстрого роста происходит скачкообразно, растение достигает максимальной массы за короткий период времени до наступления фазы молочной спелости. Достигнув максимального развития, растения переходят к фазе медленного снижения массы, растение начинает терять влагу, после происходит переход к фазе быстрого снижения массы, которая продолжается до полного созревания (Павленко, 2020).

Начало формирования зерна кукурузы является периодом активного деления и дифференциации клеток. Для этого периода характерно быстрое увеличение содержания воды без накопления сухого вещества. В фазу молочной спелости влажность зерна кукурузы составляет 65–70 % (Долгополова, 2022). В фазу налива происходит накопление крахмала, и в конечном итоге устанавливается максимальный объем зерновки. Эффективным периодом налива зерна считается период с 10-го дня после цветения початков до момента наступления физиологической спелости. Продолжительность фазы налива характеризует физиологический потенциал урожайности растения, и высоко коррелирует с ней (Санин и др., 2021, Шпаар, 1999). Исследователями из Национального Центра зерна им. П. П. Лукьяненко был проведен отбор линий кукурузы, имеющих продолжительный период налива зерна, медленно теряющих влагу на начальных этапах созревания, и быстро отдающих ее в конце созревания зерна. были выделены линии Лн0681, Лн0685 и Лн0718, у которых длительный налив зерна обеспечивает высокую урожайность, а стремительная отдача

влаги на конечном этапе созревания обеспечивает низкую уборочную влажность (Новичихин и др., 2018). В период налива происходит активное передвижение воды по сосудисто-проводящим пучкам вследствие активного метаболизма растения. Налив зерна состоит из двух этапов. На первом этапе масса сухого вещества в зерновке достигает 65–70 % от конечной, влажность зерна снижается до 35–40 %.

Во время второго этапа заканчивается накопление сухого вещества, но процесс потери влаги продолжается. В конце этой фазы начинается период активной потери влаги, поступление пластических веществ в зерновку прекращается и зерно достигает физиологической спелости. В этот момент в зерновке содержится максимальное количество сухого вещества и на месте крепления к початку образуется черная точка (Павленко, 2020, Кошкин, 2020). Физиологическая спелость зерна наступает при содержании сухого вещества в зерна равном 68–74 %. Генотипы с быстрой влагоотдачей зерна достигают этой фазы быстрее и имеют высокие темпы потери влаги в сравнении с генотипами, которые высыхают медленнее (Терещенко, 2017).

До образования черной точки, снижение влажности зерна происходит посредством физиологических процессов (Гатаулина, 2019). Доказана положительная корреляция между наливом зерна и скоростью снижения процентного содержания воды, т. е. если скорость накопления сухого вещества в зерне увеличивается, потеря влаги происходит с большей скоростью. После наступления полной спелости процесс влагоотдачи носит физический характер. Уборочная влажность зерна определяется двумя факторами: влажностью зерна во время физиологической зрелости и последующей скоростью влагоотдачи в полевых условиях (Аммосов и др., 2021, Сулиев, 2020).

Существует ряд исследований, направленных на изучение зависимости уборочной влажности зерна кукурузы от группы спелости. Установлено, что среднеранние, среднеспелые гибриды отдают влагу зерна быстрее, чем среднепоздние. Игнатьев А., Кривошеев Г. изучили динамику влажности зерна кукурузы при созревании у 18 среднеспелых инбредных линий. Ими выделены новые среднеспелые

самоопыленные линии ЗС123, ЗС226, ЗС121 и др., с высокой интенсивностью влагоотдачи у зерна – от 1,04 до 1,14 % в сутки за весь период проведения измерений и после наступления физиологической спелости зерна – от 0,94 до 1,08 % в сутки. Авторы отмечают высокое значение наличия периодов с интенсивной отдачей влаги после наступления физиологической спелости для уборочной влажности зерна (Игнатъев, 2011). Н. Красковская, Е. Бутовец проводили изучение гибридов кукурузы разных групп спелости. В их работе были изучены зарубежные и отечественные гибриды кукурузы. При анализе данных по урожайности зерна и уборочной влажности была отмечена зависимость изучаемых признаков от группы спелости. Также, при помощи селекционного индекса (Си), были выделены гибриды, сочетающие в себе пониженную уборочную влажность зерна и высокую урожайность; Си составил: Р7043-0.63, 37054-0,58. Исследователи отметили, что уборочная влажность гибридов определяется не только группой спелости, но и их генетическими особенностями (Красковская и др., 2020).

И. Люлюк и другие провели экологическое испытание новых гибридов кукурузы по признаку «уборочная влажность зерна» в нескольких учреждениях с совершенно разными агроэкологическими условиями. В результате широкого экологического испытания, были выделены высокоурожайные раннеспелые гибриды Во178 и Во179, имеющие пониженную уборочную влажность в большинстве точек испытания (от 12,6 до 22,4 % у Во178 и от 11,7 до 21,2 % у Во179). В группе раннеспелых был выделен гибрид Во280, обладающий повышенной урожайностью в десяти пунктах испытаний и низкой уборочной влажностью (от 11,7 до 23,5 %) (Люлюк и др., 2021). А. Гульняшкин и другие в результате исследований, проводимых в 2016 г. в Национальном центре зерна им. П. П. Лукьяненко, выделили ряд раннеспелых и среднеранних тест-кроссов с уборочной влажностью на 7–9 % ниже, чем у районированных стандартов (Гульняшкин и др., 2020, Петряков и др., 2018). Однако, по мнению О. Божко, скороспелость не оказывает непосредственного влияния на снижение влажности зерна, так как имеют место более благоприятные условия по температуре и осадкам, в которые попадают более раннеспелые гибриды (Божко, 2017).

Е. Иванова указывает на высокую значимость признаков «высота прикрепления початка» и «масса 1000 зерен» при выведении гибридов кукурузы для условий Южного Урала. Установлена обратная корреляционная зависимость скорости влагоотдачи от массы 1000 зерен, и прямая – от высоты прикрепления початка, однако, эти зависимости не доказаны по критерию Стьюдента (Иванова, 2017).

Существует мнение, что линии кукурузы кремнистого подвида обладают более низкой уборочной влажностью, чем зубовидные. В некоторых случаях зубовидная кукуруза имеет более высокую влажность зерна в момент наступления физиологической спелости по сравнению с кремнистой, однако после – более высокие темпы влагоотдачи (Сотченко и др., 2020, Орлянский, 2020). Как утверждает В. Плотка, на скорость потери влаги оказывает большое влияние состав эндосперма, поскольку менее гидрофильные соединения, такие как сахара и водорастворимые полисахариды способствуют стремительной влагоотдаче. Гибриды с низким содержанием масла быстрее теряют влагу, чем гибриды с высоким содержанием масла в зерне (Плотка, 2022). Однако О. Божко отмечает, что темпы созревания зависят от взаимодействия морфологических признаков початка и зерновки. Исследователь подчеркивает, что тесных генетических связей между характером потери влаги и типом зерна, морфологическими признаками зерна и группой спелости не обнаружено (Божко, 2017). В 2011–2012 гг. в центральной зоне Краснодарского края был проведен ряд исследований с целью создания высокопродуктивных раннеспелых линий кукурузы с быстрой влагоотдачей при созревании. Для создания новых линий в качестве первого компонента использовалась линия Кр48 как донор быстрой влагоотдачи зерна при созревании. Как второй компонент использовались: раннеспелая линия Кр703 и среднеранние линии Кр742 и Кр731. В результате проведенных скрещиваний было получено 35 новых линий. В качестве тестеров были подобраны кремнистые линии Кр602 и Кр681 и зубовидная линия Кр801. Результаты исследований показали, что низкую уборочную влажность имеют как среднеранние гибриды с зубовидным зерном, так и раннеспелые гибриды с кремнистым, либо зубовидным зерном (Чилашвили, 2012, Чистяков и др., 2012, Чистяков, 2013).

1.4 Влияние условий окружающей среды на уборочную влажность зерна кукурузы

По мере развития зерновки возрастает роль абиотических факторов. Влажность зерна кукурузы в предуборочный период может варьировать в зависимости от условий года и от места выращивания (Сотченко, 2021). О. Божко изучал динамику влагоотдачи зерна у гибридов кукурузы в условиях приморского края и установил, что процесс влагоотдачи зерна кукурузы определяется генотипом и погодными условиями (Божко, 2017). Е. Иванова проводила исследования по оценке скорости потери влаги зерном кукурузы на неблагоприятном погодном фоне, и отмечает, что погодные условия Южного Урала нивелируют различия между гибридами кукурузы (Иванова Е., 2017). Е. Иванова, А. Панфилов проводили наблюдения за динамикой влажности зерна кукурузы в условиях северной лесостепи Зауралья, и определили, что при влажности зерна выше 40 % высокую степень влияния на процесс потери влаги оказывает температурный режим, при влажности зерна менее 40 %, потеря влаги представляет собой физический процесс, зависящий от относительной влажности воздуха и осадков (Иванова, 2013, Иванова и др., 2013). Некоторые ученые считают, что на скорость влагоотдачи зерна в предуборочный период влияет температурный режим. Так, М. Поскребышева считает, что после появления черной точки скорость влагоотдачи зерна кукурузы не зависит от содержания влаги в стебле и стержне початка, а связана с температурой воздуха окружающей среды (Поскребышева, 2020). В работе Е. Ивановой указано на возможность прогнозирования уборочной влажности, используя данные о сумме эффективных температур в различные фазы вегетации растений (Иванова, 2018).

Ученые А. Замятин, А. Панфилов из института агроэкологии (Челябинская область) при проведении многолетних испытаний ультраскороспелого гибрида Кубанский 101 СВ доказали, что динамика влагоотдачи состоит из двух отчетливо различимых этапов с разной скоростью потери влаги. На первом этапе, когда влажность зерна находится в диапазоне 40 % и выше, показатель влажности напрямую

зависит от колебаний среднесуточной температуры воздуха, его относительной влажности и осадков. На втором этапе, когда влажность зерна ниже 40 %, потеря влаги зерном мало зависит от теплообеспеченности и в большей степени – от колебаний относительной влажности воздуха и суммы осадков. В случае повышенной влажности воздуха, процесс потери влаги замедляется, тогда как обильные осадки приводят к прекращению влагоотдачи, которая возобновляется после прекращения выпадения осадков. Температура воздуха в этот период косвенно влияет на темпы потери влаги, определяя относительную влажность воздуха (Замятин, 2018, Замятин 2016, Замятин и др., 2014, Панфилов 2018, Панфилов, 2022).

Е. Демин изучил влияние минеральных удобрений и сроков сева на уборочную влажность зерна кукурузы в условиях Тюменской области. Он выяснил, что на черноземе выщелоченном внесение минеральных удобрений обеспечивает повышение урожайности до 3,9–4,5 т/га, однако, одновременно с этим возрастает и влажность зерна (до 42–44 %) (Демин, 2021).

В условиях центральной зоны Краснодарского края была проведена оценка ОКС по признаку «урожайность зерна» среди новых автодиплоидных линий кукурузы в контрастные по погодным условиям годы (2018–2020 гг.). В 2018 г. погодные условия были неблагоприятными: высокая среднесуточная температура воздуха в сочетании с малым количеством осадков. В 2019 г. в критические периоды вегетации кукурузы выпадали осадки в достаточном количестве, температурный режим оптимальный. В 2020 г. на протяжении всего периода вегетации наблюдались высокая температура воздуха в сочетании с малым количеством осадков, однако, большое количество осадков, выпавшее в июле, позволило линиям кукурузы сформировать урожай. В результате проведенных исследований удалось выделить раннеспелые и среднеранние гибридные комбинации, устойчивые к высоким температурам и засухам во время вегетационного периода (Перевязка, 2021).

1.5 Влажность зерна кукурузы как наследуемый признак

Установление генетической основ изменчивости влажности зерна кукурузы при созревании составляет значительный интерес для селекции. Brooking Ian R. предположил, что скорость снижения влажности зерна во время молочно-восковой фазы спелости по большей части контролируется генотипом и зависит от условий окружающей среды, однако, после наступления физиологической спелости становится более чувствительной к температуре и влажности воздуха. Тип взаимодействия генов, влияющих на потерю влаги, носит название эпистаз. Он проявляется на ранней стадии развития. В разные фазы развития зерновки эпистаз может включать в себя:

- а) два локуса, которые не взаимодействуют с окружающей средой;
- б) два локуса, которые взаимодействуют с окружающей средой;
- в) один локус, взаимодействующий со средой, и один не взаимодействующий (Brooking Ian R, 1990).

В условиях Краснодарского края в 2016–2017 гг. проводилось изучение новых линий кукурузы, полученных с помощью линии-донора признака пониженной уборочной влажности. В результате проведенных исследований выделены высокоурожайные линии с низкой уборочной влажностью (Луковкина, 2017, Рудичев, Зеленский, 2018, Рудичев, 2019).

О. Панфилова, Е. Чугунова отмечают, что с помощью синтетических популяций возможно получение новых инцухт-линий с низкой уборочной влажностью зерна: в группе раннеспелых – в среднем 13,1 %, среднеранних – в среднем 14,4 % (Панфилова и др., 2022).

В работах ученых А. Супрунова, А. Терещенко, С. Хорошилова отмечается высокая наследуемость признака низкой уборочной влажности зерна кукурузы и эффективность отбора по этому признаку (Супрунов, 2019, Супрунов и др., 2016, Терещенко, 2018, Хорошилова, 2009).

В. Кравцов, Л. Шиманский изучали исходный материал кукурузы по интенсивности влагоотдачи в предуборочный период. Исследователи определили ОКС исходного материала кукурузы по признаку «интенсивная влагоотдача зерном» и

выделили следующие линии с интенсивной потерей влаги в предуборочный период: БКР901, БКР903, БКР109 (материнский компонент), БКР105, БКР801, БКР505 (отцовский компонент) и предложили следующие гетерозисные модели для получения гибридов кукурузы с интенсивной влагоотдачей: Рейд+Лакон, Рейд+Со-125, Рейд+Ланкастер и др. (Кравцов и др., 2022). Учеными Н. Орлянским, Н. Орлянской установлено, что линия В11, принадлежащая к зародышевой плазме Айодент, интенсивно теряет влагу (0,99–1,36 % в сутки) и имеет уборочную влажность зерна 16,0 %. С ее помощью можно получить гибрид для любой зоны кукурузосеяния, в том числе и северных регионов. В целом по темпам влагоотдачи линии, принадлежащие к зародышевой плазме Айодент, превосходят линии, принадлежащие к гетерозисной группе Ланкастер (Орлянский, 2019).

Г. Кривошеев, А. Игнатъев при создании тестеров для селекционных программ по созданию гибридов кукурузы с быстрым высыханием зерна при созревании, пришли к заключению, что интенсивность влагоотдачи и ее варьирование в процессе наступления физиологической спелости зерна зависит от генотипа. Ими были получены тестеры – Юца М и Лира М, обладающие высокой интенсивностью высыхания зерна (1,23 и 0,99 % в сутки соответственно). Эти тестеры обладают высокой комбинационной способностью, устойчивы к полеганию и болезням, а также рекомендованы для использования в селекционных программах по созданию гибридов кукурузы с высоким темпом влагоотдачи зерна (Кривошеев и др., 2010). Установлено, что доля влияния влажности зерна отцовских форм на влажность зерна у простых межлинейных гибридов среди факторов, влияющих на влажность зерна в предуборочный период, составляет 44,7–50,5 % (Панфилова, 2018).

Ученые Wenqiang Li, Yanhui Yu, Luxi Wang и др. изучали взаимодействие генотипа и окружающей среды. Они показали, что содержание сухого вещества в зерне достигает своего максимума в момент наступления физиологической спелости, когда влажность зерна составляет от 32 до 38 %. Для изучения влияния системы генотип – среда на влажность зерна, они использовали линейную модель, описывающую действие генов, факторов окружающей среды и совокупное действие системы генотип – среда. Ученые разделили период развития зерновки на две

стадии: раннюю (34 и 40 дней после опыления) и позднюю (46, 52 и 58 дней после опыления), и увидели, что 8 локусов количественных признаков взаимодействуют с окружающей средой на ранней стадии, 28 локусов – на поздней и 13 локусов последовательно взаимодействуют с окружающей средой на протяжении всего процесса потери влаги зерновкой. Эти данные помогают установить, что взаимодействие генотипа с окружающей средой начинается на ранней стадии развития зерновки и продолжается на протяжении фаз налива и созревания.

Влияние системы генотип – среда постепенно усиливается с течением времени, поэтому влажность зерна сильнее зависит от условий среды на поздней стадии развития. Ученые также установили, что локус, связанный с содержанием влаги в зерне расположен на хромосоме 9. Ген *CRY1-9* (n = 341 п. н.) специфически и высоко экспрессируется в эндосперме кукурузы в промежутке от шестого до пятнадцатого дня после опыления. Локус *chr9.S_93812340* (n = 341 п. н.) одновременно влияет на экспрессию *CRY1-9* и содержание влаги. Содержание влаги в зерне контролируется локусами на хромосоме 9, что может быть связано с регуляцией экспрессии гена *CYR1-9*. Также существует ген *GAR2*, расположенный на хромосоме 7, который также может быть геном, регулирующим влажность зерна (Li W., 2021, Liu, J., 2020, Qu J., 2023, Siyuan S., 2018).

Ученые Wenqiang Li, Yanhui Yu, Luxi Wang и другие протестировали 513 различных инбредных линий кукурузы и установили, что процесс снижения влажности зерна в основном контролируется генетикой, и клонировали ген, контролирующей влажность зерна, идентифицировали *GRMZM5G805627* и *GRMZM2G137211* как гены-кандидаты, лежащие в основе основных локусов, кодирующих влажность зерна кукурузы. Ученые выделили локус *chr9.S_93812340*, SNP которого дает ПЦР продукт размером 467 пар нуклеотидов и выяснили, что этот локус, вероятно, взаимодействует с изменениями условий окружающей среды и стадией развития растения. При изучении взаимодействия локусов *chr3.S_203291222* и *chr9.S_93812340* было сделано заключение, что взаимодействие локусов динамически регулирует содержание влаги в зерне во время процесса влагоотдачи, который может изменяться под действием конкретных факторов окружающей среды. Установлено, что

влажность зерна очень чувствительна к стадии развития растения и климатическим условиям (Li W., 2021, Liu J., 2020).

Ученые J. Liu, H. Yu, Y. Liu и другие установили, что геном кукурузы действительно имеет набор генов, ответственных за содержание влаги в зерне и скорость обезвоживания зерна. Они обнаружили, что на хромосоме 1 существуют два локуса, а именно *qGwc1.1* и *qGdr1.2*, которые связаны с влажностью зерна: *qGwc1.1* контролирует только влажность зерна, *qGdr1.2* влияет как на влажность зерна, так и на скорость потери влаги. Это указывает на существование потенциального гена, который может как снижать влажность зерна, так и ускорять потерю влаги после наступления физиологической спелости. Так как *qGwc1.1* действует полудоминантно, для создания гибридов с низкой влажностью зерна необходимо подбирать родительские компоненты только с низкой влажностью. Это потребует использования разных линий – доноров низкой влажности, чтобы избежать гомозиготного участка на участке хромосомы, содержащем локус *qGwc1.1*. Использование линий, содержащих в себе локус *qGwc1.1* позволяет получить гибриды, влажность зерна которых на 1,49–3,31 % ниже, чем у контроля (Li W., 2022, Liu, J., 2018, Qu J., 2023).

1.6 Влияние физико-механических свойств кукурузы на содержание влаги в зерне

Как отмечает А. Шамин, снижение урожайности зерновых в России связано с задержками сроков уборки. Значительные потери урожая отмечаются в засушливые годы, либо в случае обильного выпадения осадков в период уборочных работ. Если в первом случае проблема решается увеличением количества уборочной техники, то во втором случае сократить потери поможет создание страховых фондов зерна, либо с помощью специальных агротехнических приемов (Шамин, 2022, Прохорова 2020, Данилов, 2015). Зерно кукурузы имеет специфические физико-механические свойства, которые изменяются вместе с изменением влажности зерна. От этого показателя зависят: усилие на отрыв единичной зерновки от стержня, угол естественного откоса насыпи зерна, скважистость и гигроскопичность зерна и початков и др. (Шекихачев, 2016).

Одной из главных особенностей кукурузы, имеющей значение в технологии механизированной уборки урожая, является повышенная влажность органов растения (Долбаненко, 2019). Так, во влажных условиях осеннего периода Волго-Вятского региона посевы кукурузы имеют высокую влажность зерна, что затрудняет их механизированную уборку. Использование десикантов позволяет снизить влажность зерна до 31,1 %. Десикация посевов кукурузы позволяет снизить влажность ножки початка на 8,7–11,2 %, стебля – на 6,4–9,6 %, стержня початка – на 3,3–5,6 %, листьев обертки – на 0,7–1,9 % и листьев – на 0,4–1,0 %. Это способствует исключению обмена влагой между растением и зерном (Панфилов, 2007, Волков, 2020).

Известно, что чем выше температура и влажность зерна, тем интенсивнее происходит клеточное дыхание зерновки. При охлаждении зерновой массы, благодаря структуре и строению оболочки зерна, а также его теплопроводности, зерновая масса долго сохраняет низкую температуру (Юлдашев, 2019, Назирова и др., 2020). Зерно кукурузы обменивается с окружающей средой теплом и влагой. В случае, если влажность окружающей среды выше, чем влажность зерна, зерно поглощает влагу, если влажность окружающей среды ниже влажности зерна – зерно отдает влагу. В результате этих процессов между окружающим воздухом и зерном устанавливается равновесная влажность. Таким образом, сорбционные свойства зерна регулируют способность зерновой массы впитывать в себя пары различных веществ из окружающей среды (Новиков, 2021).

Семена растений, в том числе и зерно кукурузы, относятся к коллоидным капиллярно-пористым материалам. Для расчета процесса сушки таких материалов необходимы данные о их равновесном влагосодержании. Изменение этого показателя зависит от влажности воздуха и его температуры, а также варьирует в пределах одной культуры в зависимости от сорта. Согласно данным, полученным С. Рудобаштой и другие, равновесное влагосодержание зерна гибридов кукурузы зависит от относительной влажности воздуха при

той или иной температуре, и изотерма сорбции имеет типичный для капиллярно-пористых тел S-образный вид (De Oliveira G. H. N. and etc., 2010, Рудобашта, 2015, Рудобашта и др., 2017, Choque-Quispe D., 2022). Большую часть эндосперма зерновки у зубовидных и зубовидно-кремнистых гибридов кукурузы занимает мучнистый эндосперм, большая часть которого состоит из крахмала. Он является биополимером, определяющим гигроскопические свойства зерна. процесс сорбции паров воды протекает внутри крахмальных зерен, количество адсорбированной воды зависит от степени кристалличности и структуры зерен крахмала. Установлено, что кукурузный крахмал более гигроскопичен, чем пшеничный, но менее гигроскопичен, чем картофельный (Бузунова и др., 2019, Угрозов, 2008).

Известно, что при сушке зерна в сушильной установке уменьшение влажности зерна происходит вслед за уменьшением массы (Линькова и др., 2023). Потеря влаги зерном – сложный термодинамический процесс, происходящий благодаря взаимосвязанным изменениям как в зерновке, так и в окружающей его среде (Сорочинский, 2019).

Внутри зерна, на его поверхности и в слое окружающего воздуха происходит два отдельных процесса теплообмена. Внешний теплообмен – это перемещение тепла и влаги между наружными частями зерновок и движущимся потоком воздуха. Внутренний – это процесс движения тепла и влаги между внутренними частями зерновки и его оболочкой. На этот процесс влияют физические свойства зернового материала – плотность, теплопроводность, масса и площадь зерновки, продолжительность температурного воздействия. Теплота, попадающая на поверхность зерновки, постепенно передается во внутренние слои из-за градиента температур. Теплоперенос на поверхности зерновки характеризуется испарением влаги и подводом тепла от окружающего слоя воздуха. вследствие этого, внутри зерна происходит процесс тепло- и массопереноса (Аммосов и др., 2021, Сохроков, 2022). Движение влаги внутри зерновки происходит вследствие возникновения в ней градиентов температуры,

давления и содержания влаги. При достижении на поверхности зерновки температуры испарения, влага испаряется, в первую очередь, не связанная с сухим веществом зерна, и создается градиент влажности. После испарения свободной влаги поверхность зерновки нагревается, и тепловой поток перемещается вглубь зерновки, и скорость потери влаги зерновкой падает. В момент сушки во внутреннем пространстве зерна образуется также градиент избыточного давления пара, который ускоряет процесс внутреннего массопереноса, и происходит посредством интенсивности молекулярного движения (Чеботарев, 2010, Загоруйко, 2023). Выше описан процесс сушки единичной зерновки в сушильной установке. В полевых условиях в предуборочный период, после появления черной точки у основания зерновки, происходит потеря влаги зерном по схожим механизмам (Fan L. F. and etc., 2021).

Таким образом, анализ научных статей, учебников и монографий отечественных и зарубежных авторов показал, что создание гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью зерна является актуальным направлением селекции во всем мире. В нашей стране такие гибриды необходимы повсеместно. В северных регионах возделывание скороспелых гибридов с низкой уборочной влажностью позволит получить максимальный для этой зоны урожай с минимальными потерями, а также провести уборку в сжатые сроки. В южных регионах страны необходимы среднеспелые и среднепоздние гибриды с низкой уборочной влажностью, которые позволят реализовать потенциал позднеспелых генотипов и получить максимальный урожай зерна, рентабельность которого возрастет, если сократить затраты на послеуборочную сушку. Влажность зерна на момент наступления полной спелости зерна является полигенным признаком, генетическая основа которого до конца не известна. Из результатов современных исследований следует, что этот признак контролируется набором генов и зависит от погодных условий. Эту зависимость также косвенно подтверждают опыты по изучению явлений сорбции и десорбции зерна.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Почвенно-климатические условия проведения опыта

2.1.1 Характеристика почвы опытного участка

Опыт проводится в селекционном питомнике ООО «НПО «Семеноводство Кубани» в х. Александровском Усть-Лабинского района. Территория Усть-Лабинского района Краснодарского края относится к Западной Предкавказской почвенной провинции степной зоны. Основную часть почвенного покрова составляют типичные карбонатные черноземы. Толщина гумусового слоя составляет 115–137 см, почвы повсеместно распаханы, за исключением неудобий и речных пойм. Среди черноземов и луговато-черноземных почв района встречаются участки с признаками уплотнения в верхней части гумусовых горизонтов. На основании морфологических признаков эти почвы отнесены к роду слитых черноземов. Для таких почв характерно следующее: блочная структура верхней части гумусового горизонта, образование вертикальных трещин в засушливый период глубиной 40–50 см и шириной 5–7 см, низкая внутриагрегатная пористость, вскипание в нижней части горизонта АВ. Данные почвы отнесены к типу агрочерноземов, подтипам агропереуплотненных, миграционно-сегрегационных и гидрометаморфизированных почв (Сорокин, 2015, Липчиу и др., 2013).

Нижняя граница «слитого» подпахотного горизонта может спускаться до 40–45 см при мощности пахотного слоя 22–24 см. Уплотненный подгоризонт, помимо пашни, встречается в лесополосах 40–50-летнего возраста и старше, восстановление уплотненных горизонтов наблюдается через 3–5 лет даже после обработки чизелеванием на глубину до 45–50 см, что говорит о природной предрасположенности этих почв к уплотнению и, возможно, слитогенезу (Коновалов, 2011).

Основные физико-механические свойства почв Усть-Лабинского района на пониженных участках в пахотном горизонте: структура – уплотненная, глыбистая, плотность (D) – 1,4 г/см³, содержание фракции менее 0,001 мм – 35 %, отношение содержания водопептизированного ила к содержанию фракции менее 0,001 мм

(ВПИ/Ил) – 78,9, содержание фракции менее 0,01 мм – 58,1 %, гранулометрический показатель структурности (Pc) – 120 %, набухаемость почвы по объему и высоте (Rv(Rh)) – 18,2 %, относительное набухание почвенной массы через 0,5 ч после начала набухания (h 0,5/H) – 81,9 %, влажность максимального набухания (Wr) – 48,9 %. В составе фракций преобладают илистая – 32–38 %, на втором месте – крупная пыль – 27–35 %. На территории Усть-Лабинского района Краснодарского края преобладают самые плодородные почвы – черноземы типичные и выщелоченные мало- и слабогумусные сверхмощные глинистые и тяжелосуглинистые. Балл бонитета по Усть-Лабинскому району составляет 93 балла. В хозяйствах района преобладают земли первой категории, пригодные для использования под любые сельскохозяйственные угодья (Сорокин, 2015, Кумачева, 2021).

2.1.2 Погодные условия в годы проведения опыта

Посев линий кукурузы в 2020 г. в селекционном питомнике ООО «НПО «Семеноводство Кубани» в х. Александровском Усть-Лабинского района проводился в оптимальные сроки в третьей декаде апреля, когда среднесуточная температура воздуха достигла +11,6 °С, почва на глубине сева прогрелась до +8...+10 °С. Для появления всходов кукурузы необходимо, чтобы сумма активных температур была не менее 100 °С, поэтому всходы наблюдались в первой декаде мая. На момент появления всходов засухи не наблюдалось. Весь вегетационный период 2020 г. был засушливым, каждый месяц отмечалась засуха различной степени интенсивности. К моменту массового цветения метелок (вторая декада июля) сумма эффективных температур достигла 1712,4 °С, что является достаточным для формирования вегетативной массы и урожая. К концу вегетации растений (начало августа) этот показатель достиг 2233,6 °С. ГТК вегетационного периода в 2020 г. составил 0,9, что говорит о недостаточной влагообеспеченности в этот период. Выметывание, начало цветения, массовое цветение и даты самоопылений линий кукурузы в 2020 г. наступило в третьей декаде июня и продолжалось до второй декады июля. В период с 3 по 7 июля и с 11 по 12 июля наблюдалась аномально высокая температура

воздуха от +35,6 до +37,8 °С, на этот период пришлось наибольшее количество выметываний и самоопылений, что является причиной плохой озерненности початков некоторых линий (таблица 1) (Агроклиматический обзор за 2019–2020 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю, Краснодар, 2020).

Таблица 1 – Погодные условия вегетационного периода, город Усть-Лабинск, 2020 г.

Период	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %	Количество выпавших осадков, мм	Сумма активных температур	ГТК	Интенсивность засухи
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>T_{ср}</i>					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-я декада апреля	+0,4	+24,9	+11,6	57,0	0,5	90,6	0,05	Сильная
1-я декада мая	+4,8	+28,6	+16,4	69,0	28,0	153,6	1,80	Засухи нет
2-я декада мая	+4,8	+28,6	+17,5	58,0	0,3	175,5	0,01	Сильная
3-я декада мая	+6,3	+28,3	+16,3	73,0	61,0	179,9	3,40	Засухи нет
1-я декада июня	+12,2	+33,4	+21,0	70,0	17,0	211,2	0,80	Средняя
2-я декада июня	+16,9	+34,5	+23,2	77,0	19,0	231,7	0,80	Средняя
3-я декада июня	+15,7	+32,9	+24,4	58,0	1,0	244,6	0,04	Сильная
1-я декада июля	+16,0	+37,8	+27,0	61,0	18,0	270,1	0,60	Средняя
2-я декада июля	+16,0	+36,4	+24,6	64,0	28,0	245,8	1,10	Засухи нет
3-я декада июля	+17,2	+32,3	+24,6	66,0	59,0	271,1	2,10	Засухи нет

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-я декада августа	+14,8	+34,7	+25,1	54,0	6,0	250,1	0,20	Сильная
Сумма осадков за весь период, мм						234,8		
ГТК вегетационного периода						0,9 (недостаточное увлажнение)		
Сумма активных температур (май – август), °С						2233,6		

В 2021 г. мы продолжили изучение линий кукурузы ладожской селекции разных групп спелости. Погодные условия второй и третьей декады апреля и первой декада мая в 2021 г. не позволили провести посев кукурузы в оптимальные сроки. Во второй декаде апреля средняя температура воздуха составила +11,0 °С, каждый день выпадали осадки, количество выпавших осадков составило 61,0 мм. В третьей декаде апреля среднесуточная температура составила +12,4 °С, наблюдались кратковременные осадки, почва в поле оставалась влажной, что задерживало предпосевную подготовку почвы. Посев линий кукурузы на поле в хуторе Александровском в 2021 г. начался в конце первой декады мая, когда среднесуточная температура воздуха достигла +15,0 °С, и продолжился до середины второй декады мая. Вегетационный период 2021 г., в отличие от 2020 г., был менее засушливым.

Периоды с обильными осадками чередовались с засухами различной интенсивности. Посев проводился в начале второй декады мая, что на три недели позже, чем в 2020 г. Всходы появились в конце второй декады мая, что на две недели позже, чем в 2020 г. К моменту массового цветения метелок сумма активных температур составила 1583,6 °С, что меньше, чем в 2020 г. Полная спелость зерна у большинства исследуемых линий в 2021 г. наступила во второй декаде августа. К этому моменту сумма эффективных температур составила 2375,3 °С. ГТК вегетационного периода 2021 г. равен 1,3, что говорит об оптимальном уровне увлажнения. Фазы выметывание, начало и массовое цветение линий кукурузы в 2021 г. наступили в первой, второй и третьей декадах июля. В этот период наблюдалась засуха сильной и средней степени интенсивности, самой жаркой была вторая де-

када июля – максимальная температура декады составила +37,7 °С (таблица 2) (Агроклиматический обзор за 2020–2021 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю, Краснодар, 2021).

Таблица 2 – Погодные условия вегетационного периода, город Усть-Лабинск, 2021 г.

Период	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %	Количество выпавших осадков, мм	Сумма активных температур	ГТК	Интенсивность засухи
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>T_{ср}</i>					
2-я декада апреля	+5,3	+13,2	+11,0	75,0	61,0	115,1	5,3	Засухи нет
3-я декада апреля	+5,0	+22,4	+12,4	72,0	35,0	134,5	2,6	Засухи нет
1-я декада мая	+4,7	+28,5	+15,4	65,0	17,0	158,1	1,10	Засухи нет
2-я декада мая	+8,0	+32,3	+18,0	72,0	38,0	180,2	2,10	Засухи нет
3-я декада мая	+13,0	+29,1	+19,8	77,0	9,2	218,6	0,42	Средняя засуха
1-я декада июня	+12,1	+25,1	+18,0	77,0	21,0	179,7	1,10	Засухи нет
2-я декада июня	+13,0	+31,3	+22,8	74,0	49,0	224,7	2,10	Засухи нет
3-я декада июня	+18,5	+31,1	+24,8	78,0	38,0	247,7	1,50	Засухи нет
1-я декада июля	+17,9	+34,2	+25,1	67,0	15,0	251,4	0,60	Средняя засуха
2 декада июля	+18,5	+37,7	+28,2	52,0	0,1	281,3	0,00	Сильная засуха
3-я декада июля	+16,3	+33,5	+25,4	60,0	12,0	279,5	0,40	Средняя засуха
1-я декада августа	+20,2	+35,9	+27,6	64,0	10,0	275,7	0,36	Сильная засуха
2-я декада августа	+18,2	+32,0	+23,6	81,0	141,0	236,5	6,00	Избыточное увлажнение
Сумма осадков за весь период, мм					350,3			
ГТК вегетационного периода					1,3 (оптимальное увлажнение)			
Сумма активных температур (май – август), °С					2375,3			

В 2022 г. изучение влажности зерна линий кукурузы ладожской селекции разных групп спелости продолжилось. Погодные условия третьей декады апреля и первой декады мая не позволили провести посев линий кукурузы в оптимальные сроки. В первой декаде мая выпадали дожди, среднесуточная температура воздуха составила $+11,5$ °С, в отдельные дни температура воздуха снижалась до $+6,0$ °С. В конце первой декады мая среднесуточная температура воздуха повысилась до $+14,7$ °С, и в начале второй декады был произведен посев линий кукурузы. Всходы появились в третьей декаде мая, в этот период среднесуточная температура воздуха поднялась до $+18,5$ °С, а в некоторые дни достигала $+32,9$ °С, выпадало умеренное количество осадков, влаго- и теплообеспеченность периода были оптимальными.

Вегетационный период 2022 г. был достаточно хорошо обеспечен влагой и теплом. Сильная засуха наблюдалась в первой декаде июня и первой декаде июля, однако перед и после этих засух наступали периоды с достаточным или избыточным увлажнением. Также сильная засуха наблюдалась в третьей декаде августа, но она не нанесла вреда продуктивности растений. Массовое цветение большинства линий наступило во второй декаде июля, к этому моменту сумма эффективных температур составила $1526,0$ °С (конец второй декады июля). На момент наступления полной спелости зерна у большинства линий (начало второй декады августа) сумма эффективных температур составила $2274,3$ °С. ГТК вегетационного периода 2022 г. составляет $1,4$, что говорит о оптимальном увлажнении периода. Фазы выметывания, начало и массовое цветение линий кукурузы наступили в первой и второй декадах июля. Максимальные среднесуточные температуры в этот период составили $+31,7$ и $+29,1$ °С, что находится в пределах нормы и не вызвало череззерницы (таблица 3) (Агроклиматический обзор за 2021–2022 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю, Краснодар, 2022).

Таблица 3 – Погодные условия вегетационного периода, город Усть-Лабинск, 2022 г.

Период	Температура воздуха, °С			Относи- тельная влаж- ность воз- духа, %	Коли- чество выпав- ших осад- ков, мм	Сумма актив- ных темпе- ратур	ГТК	Интенсив- ность засухи
	<i>min</i>	<i>max</i>	T ср					
1-я декада мая	+6,0	+21,0	+11,5	78,0	26,0	83,2	3,1	Избыточное увлажнение
2-я декада мая	+4,6	+25,8	+15,3	62,0	8,4	153,4	0,5	Средняя засуха
3-я декада мая	+8,9	+32,9	+18,5	67,0	23,0	202,7	1,1	Засухи нет
1-я декада июня	+17,0	+32,7	+24,1	59,0	0,0	240,8	0,0	Сильная засуха
2-я декада июня	+14,8	+32,2	+23,4	59,0	16,0	233,4	0,7	Засухи нет
3-я декада июня	+15,5	+30,8	+21,5	73,0	144,0	215,2	6,7	Избыточное увлажнение
1-я декада июля	+14,5	+31,7	+24,4	55,0	0,0	244,5	0,0	Сильная засуха
2-я декада июля	+16,8	+29,1	+23,6	67,0	34,0	236,0	1,4	Засухи нет
3-я декада июля	+15,5	+34,4	+23,1	72,0	29,0	255,0	1,1	Засухи нет
1-я декада августа	+19,5	+33,6	+25,7	63,0	17,0	257,3	0,7	Засухи нет
2-я декада августа	+19,3	+33,2	+26,3	70,0	70,0	262,1	2,7	Избыточное увлажнение,
Сумма осадков за весь период, мм					367,4			
ГТК вегетационного периода					1,4 (оптимальное увлажнение)			
Сумма активных температур (май – август), °С					2569,1			

Годы проведения исследований оказались достаточно контрастными по погодным условиям. Наглядно погодные условия вегетационного периода в годы проведения опыта показаны на рисунках 1 и 2.

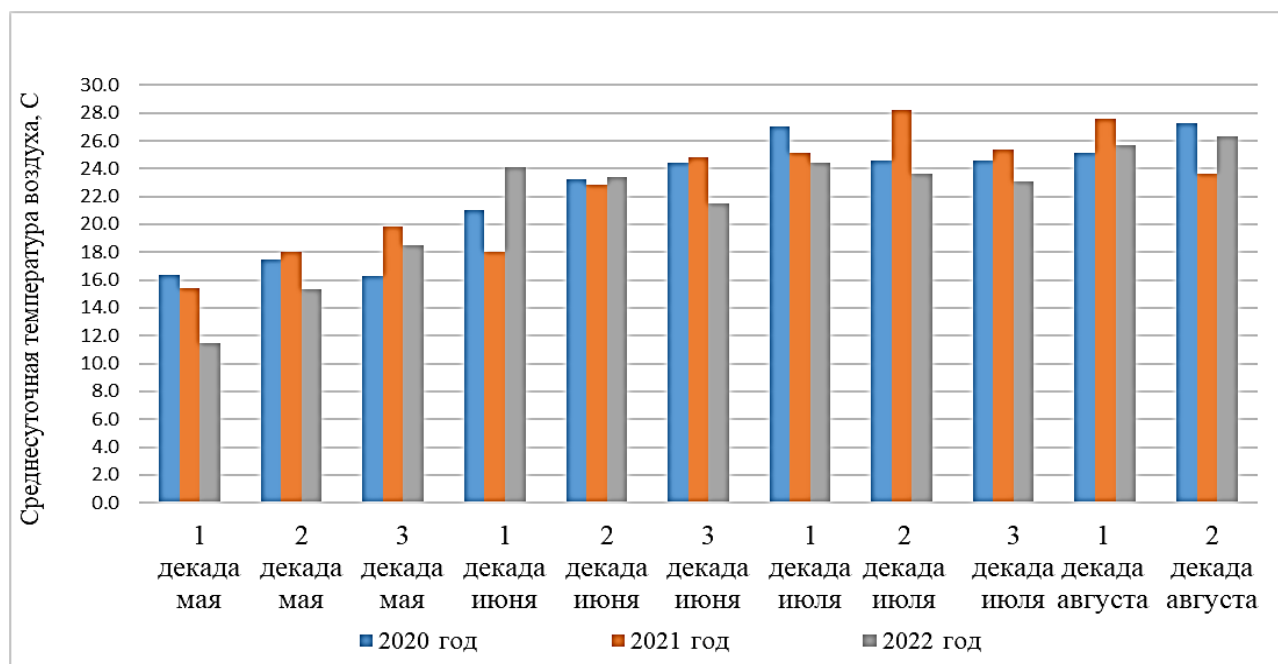


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха вегетационного периода, город Усть-Лабинск, 2020–2022 гг.

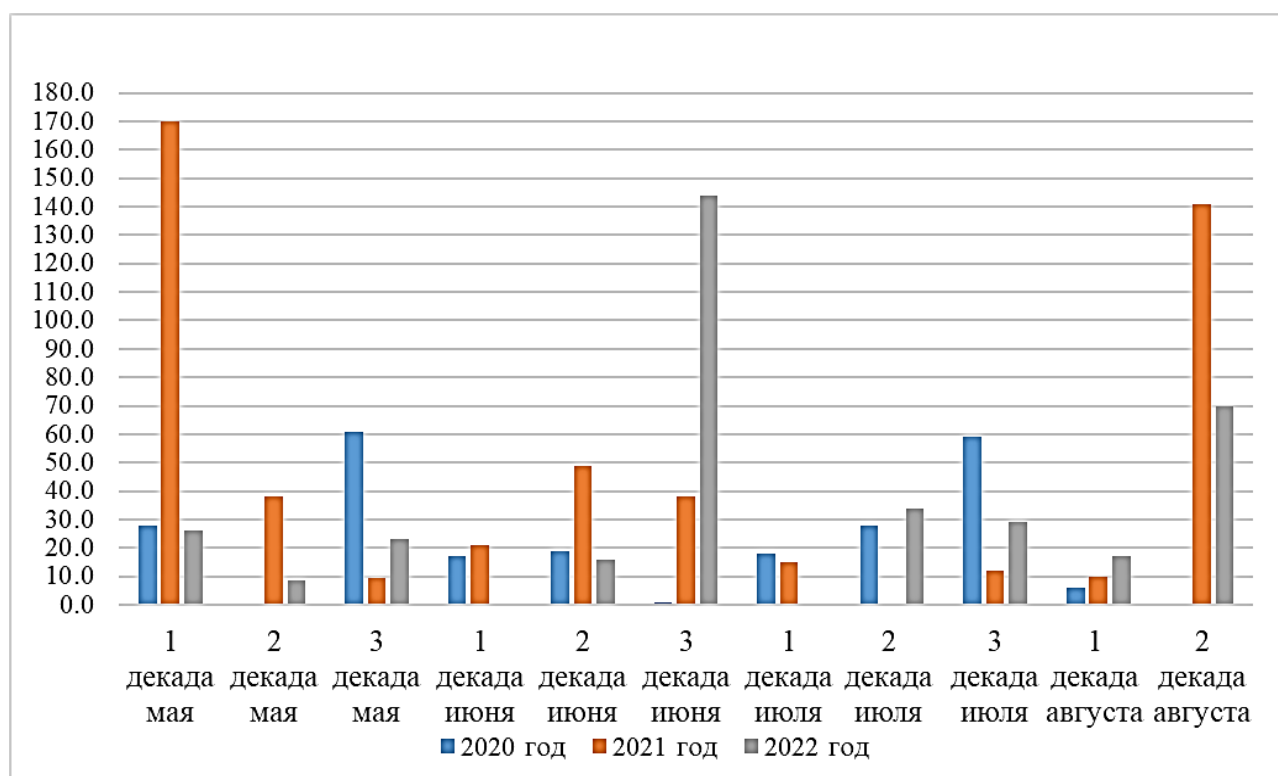


Рисунок 2 – Сумма осадков вегетационного периода, город Усть-Лабинск, 2020–2022 гг.

2.1.3 Характеристика погодных условий предуборочного периода в годы проведения исследований

Вегетационный период 2020 года был засушливым. Показатель гидротермического коэффициента (ГТК) указывает на недостаточную увлажненность вегетационного периода, и равен 0,9. Измерения влажности зерна линий кукурузы на 50-й, 55-й и 60-й день после снятия изоляторов проводились с 14.08 по 14.09. Этот период также был засушливым, ГТК равен 0,7 (недостаточное увлажнение). Относительная влажность воздуха на протяжении всего периода проведения измерений была невысокой, и составляла не более 64 %. Во второй и третьей декадах августа осадков не было, наблюдалась сильная засуха. В первой декаде сентября наблюдались осадки в виде дождей; в такие дни измерения влажности не проводились и переносились на следующий день. Среднесуточные температуры оставались высокими, обертки початков быстро теряли влагу, и избыточная влага быстро испарялась с початков и листьев обертки. Во второй декаде сентября осадков не наблюдалось, среднесуточная температура была высокой (таблица 4).

Таблица 4 – Погодные условия предуборочного периода, город Усть-Лабинск, 2020 г.

Период	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %	Количество выпавших осадков, мм	Сумма активных температур	ГТК	Интенсивность засухи
	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>T_{ср}</i>					
2-я декада августа	+12,7	+33,5	+22,8	53,0	0,3	227,9	0,01	Сильная
3-я декада августа	+12,4	+34,4	+23,5	55,0	5,1	258,5	0,20	Сильная
1-я декада сентября	+10,8	+35,7	+23,7	64,0	64,0	234,0	2,7	Засухи нет
2-я декада сентября	+6,8	+31,2	+20,5	55,0	0,0	205,8	0,0	Сильная
Сумма осадков за период, мм				69,4				
ГТК вегетационного периода				0,7 (недостаточное увлажнение)				
Сумма активных температур, °С				925,9				

В 2021 г. уровень влагообеспеченности вегетационного периода был оптимальным (ГТК = 1,3). Измерение влажности зерна линий кукурузы на 50-й, 55-й и 60-й день после снятия изоляторов проводились с 24.08 по 18.09. ГТК предуборочного периода 2,0, что говорит о избыточном увлажнении. Во второй декаде августа прошли обильные дожди, относительная влажность воздуха повысилась до 81 %, из-за чего, вероятно, влагоотдача зерна некоторых линий замедлилась. Начало измерений влажности в 2021 г. наступило в третьей декаде августа, когда осадков не наблюдалось. В первую и вторую декады сентября выпадали кратковременные дожди, что также повлияло на влажность зерна исследуемых линий. В первой декаде сентября выпадали осадки в виде дождя, температура воздуха понижалась до +9,4 °С. В дождливые дни измерения влажности не проводились и переносились на день без осадков. Из-за повышенной влажности и низких температур обертки початков высыхали медленно, зерно линий кукурузы подвергалось вторичному увлажнению (таблица 5).

Таблица 5 – Погодные условия предуборочного периода, город Усть-Лабинск, 2021 г.

Период	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %	Количество выпавших осадков, мм	Сумма активных температур	ГТК	Интенсивность засухи
	<i>min</i>	<i>max</i>	T ср					
2-я декада августа	+18,2	+32,0	+23,6	81,0	141,0	236,5	6,00	Избыточное увлажнение
3-я декада августа	+18,4	+34,9	+25,5	68,0	2,3	280,6	0,08	Сильная засуха
1-я декада сентября	+9,4	+27,8	+18,1	67,0	21,0	180,7	1,10	Засухи нет
2-я декада сентября	+9,6	+28,2	+19,2	73,0	15,0	192,0	0,80	Засухи нет
Сумма осадков за весь период, мм					179,3			
ГТК вегетационного периода					2,0 (избыточное увлажнение)			
Сумма активных температур, °С					889,8			

Вегетационный период 2022 г. был оптимальным по тепло- и влагообеспеченности. ГТК вегетационного периода составил 1,4. Измерения влажности зерна линий кукурузы проводились с 29.08 по 19.09. ГТК предуборочного периода составил 1,1. Во второй декаде августа, перед началом измерений, прошли дожди. Однако высокие среднесуточные температуры воздуха не позволили относительной влажности воздуха повыситься более чем до 70 %, что не замедлило влагоотдачу зерна линий кукурузы. Период с третьей декады августа по вторую декаду сентября был сухим, что позволило проводить измерения своевременно. Во второй декаде сентября выпали осадки, которые не способствовали переносу дат измерений (таблица 6).

Таблица 6 – Погодные условия предуборочного периода, х. Александровский, Усть-Лабинский район, 2022 г.

Период	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %	Количество выпавших осадков, мм	Сумма активных температур	ГТК	Интенсивность засухи
	min	max	T ср					
2-я декада августа	+19,3	+33,2	+26,3	70,0	70,0	262,1	2,7	Избыточное увлажнение,
3-я декада августа	+18,5	+34,8	+26,8	54,0	3,1	294,8	0,1	Сильная засуха
1-я декада сентября	+6,6	+35,0	+20,0	52,0	0,9	199,8	0,0	Сильная засуха
2-я декада сентября	+12,9	+38,0	+21,0	62,0	11,0	210,3	0,5	Средняя засуха
Сумма осадков за весь период, мм						84,7		
ГТК вегетационного периода						1,1 (оптимальное увлажнение)		
Сумма активных температур (май – август), °С						777,0		

Годы проведения исследований были достаточно контрастными по погодным условиям. Периоды проведения измерений влажности зерна линий кукурузы по влагообеспеченности характеризовались как: в 2020 г. – засушливый, в 2021 г. –

влажный, в 2022 г. – оптимальный. Это позволило нам изучить динамику влагоотдачи исследуемых линий в различных условиях. Для наглядности погодные условия предуборочного периода в годы исследований показаны на рисунках 3 и 4.

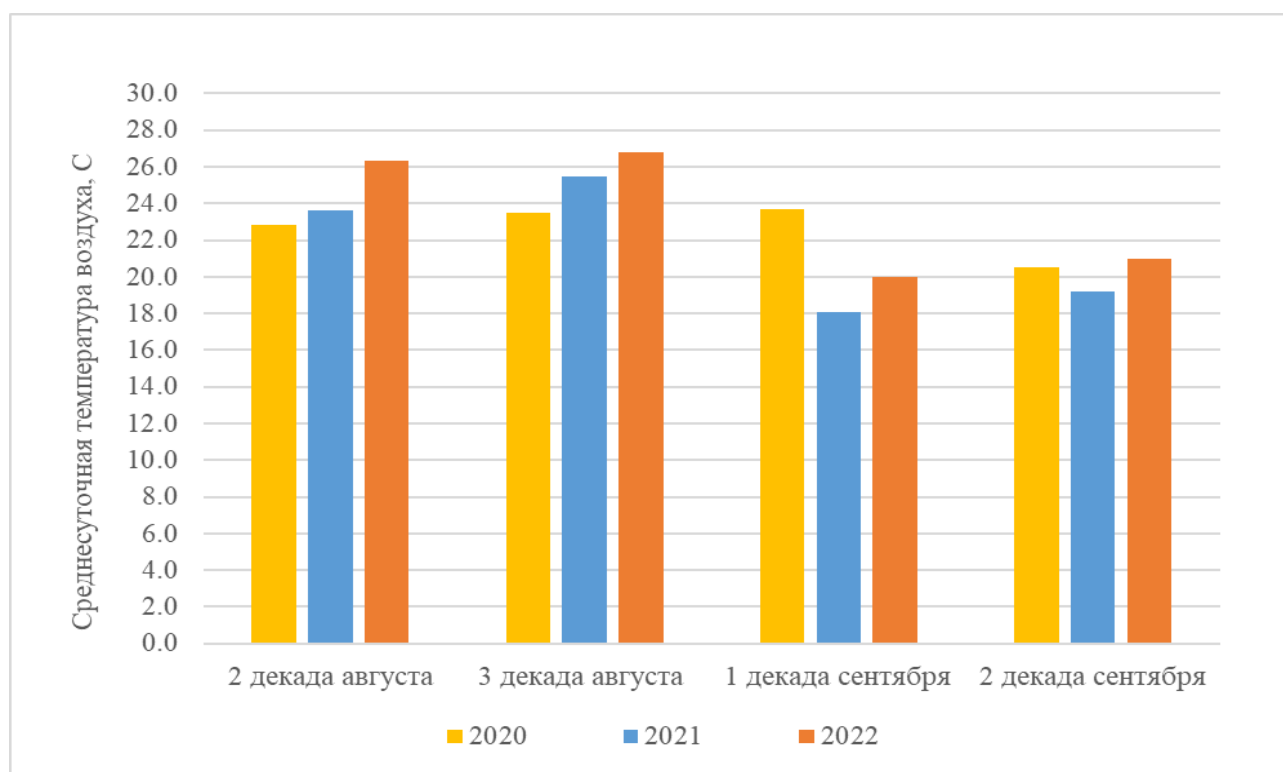


Рисунок 3 – Среднесуточная температура воздуха в предуборочный период в годы проведения опыта, город Усть-Лабинск, 2020–2022 гг.

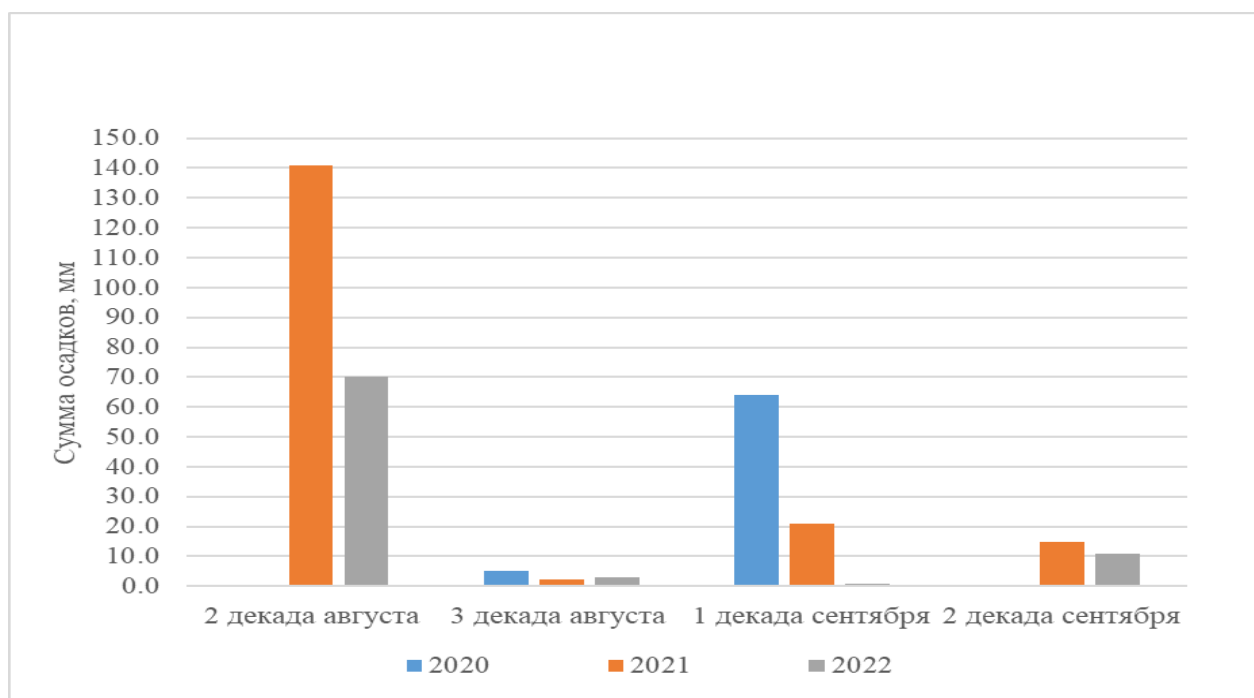


Рисунок 4 – Сумма осадков в предуборочный период в годы проведения опыта, город Усть-Лабинск, 2020–2022 гг.

2.2 Исходный материал и методика проведения исследований

В данной работе изучалась влажность зерна в предуборочный период у линий кукурузы, созданных в отделе селекции и семеноводства ООО «НПО «Семеноводство Кубани».

Исходным материалом для создания новых линий кукурузы послужили 8 линий различных групп спелости: раннеспелые – Кл7421, S54555; среднеранняя – Кл7407; среднеспелые – Кл7427, Кл7401, Кл7435, Кл7408, среднепоздняя – Кл7424.

С целью получения новых линий нами было создано 7 гибридных комбинаций и получено 20 автодиплоидных и инбредных линий. С помощью комбинации Кл7407+Кл7427 были получены автодиплоидные линии 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12 и инбредная линия 7400/18. С помощью комбинации Кл7408+Кл7427 были получены автодиплоидные линии 69/1, 69/3, 69/7 и инбредные линии 7400/20, (Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1, (Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1. С помощью комбинации Кл7401+Кл7427 получена инбредная линия (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1. С помощью комбинации Кл7427+Кл7435 получены инбредные линии (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1. С помощью комбинации Кл7421+Кл7427 получены автодиплоидные линии 80/1, 80/2. С помощью комбинации Кл7424+Кл7427 получена инбредная линия 7400/15. С помощью комбинации S54555+Кл7427 получена автодиплоидная линия 70/2. Также в работе представлены данные о линиях, изучаемых в качестве предполагаемых источников признака интенсивной влагоотдачи, но не участвующих в комбинациях: раннеспелые Кл7901, Кл421, среднеранние Кл7209, Кл7801, Кл7201 МВ, Кл7202 МВ, среднепоздняя Кл7437.

Для изучения влажности зерна линий кукурузы в предуборочный период по мере появления верхнего початка в пазухе листа проводилась изоляция початков пергаментными изоляторами. В период массового появления нитей завязи изоляторы снимались для проведения свободного опыления. Измерения влажности зерна проводились на 50-й, 55-й, 60-й день после снятия изоляторов на пяти початках с делянки, повторность трехкратная.

Измерение влажности зерна линий кукурузы проводилось при помощи влагомера Pfeuffer НОН-Express HE 50. Этот прибор представляет собой микропроцессорный электронный прибор, в основе работы которого использован диэлькометрический метод измерения влажности сыпучих материалов. Диапазон измерения влажности зерна кукурузы 10–35 %.

Для оценки гидротермического режима исследуемого периода использовался гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова (Селянинов, 1928), ГТК – показатель увлажненности территории, установленный климатологом Г. Т. Селяниновым. Гидротермический коэффициент характеризует засуху с точки зрения соотношения тепла и влаги и определяется как: $ГТК = R \times 10 / \Sigma t$, где R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10 °С, Σt – сумма температур в градусах за то же период. Если ГТК меньше, либо равен 0,39 отмечается сильная засуха, если 0,4–0,7 – средняя засуха, если 0,71–5,0 – засухи нет. Увлажнение оптимальное, если ГТК = 1–1,5, избыточное – ГТК более 1,6, недостаточное – ГТК менее 1, слабое – ГТК менее 0,5.

В работе представлены данные о испытании гибридов, полученных с помощью новых линий в контрольном питомнике. Линии, показавшие лучшие результаты по отдаче влаги, изучались в 2020–2022 гг. в тест-кроссных скрещиваниях со следующими тестерами: Кл7201МВ, Кл7202МВ, 7200/6МВ. Испытание гибридов в контрольном питомнике проводилось согласно общепринятым методическим указаниям. Экспериментальные гибриды изучались в трех повторениях с площадью делянки 9,8 м², с междурядьями 70 см. В качестве стандарта представлен наилучший по урожайности гибрид Ладожский 292 АМВ.

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (Москва, 2014). Результаты, полученные при проведении исследований, обработаны при помощи пакетов прикладных программ Statistica версии 10 и Microsoft Exel 2016.

Данная работа проиллюстрирована рисунками, созданными с помощью программы PaintTool SAI Ver/2.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Характеристика изучаемых линий кукурузы

3.1.1 Характеристика морфологических признаков исходного материала

В генетической коллекции ООО «НПО «Семеноводство Кубани» имеются линии, являющиеся родительскими формами гибридов кукурузы под брендом «Ладожские» в качестве родительских компонентов. Они обладают высокой комбинационной способностью, полезными качественными признаками, ценными селекционными свойствами. Такие линии широко используются в качестве исходного материала для создания новых линий кукурузы, обладающих спектром хозяйственно-значимых признаков, одними из которых являются высокая влагоотдача и низкая уборочная влажность зерна кукурузы.

В данной работе в качестве исходного материала для создания линий с низкой уборочной влажностью и интенсивной влагоотдачей использовались следующие линии: Кл7421, S54555, Кл7407, Кл7427, Кл7401, Кл7435, Кл7408, Кл7424.

Морфологические особенности зерна линий кукурузы Кл7401, Кл7435, Кл7408, Кл7424 говорят о том, что они относятся к группе зубовидно-кремнистых. Основная часть эндосперма мучнистая и рыхлая, по бокам зерновки ярко выражен роговидный эндосперм (рисунок 5, а). Линия Кл7421 также относится к группе зубовидно-кремнистых, однако, роговидный эндосперм выражен слабее (рисунок 5, б). Линии S54555, Кл7407, Кл7427 относятся к группе зубовидных, эндосперм мучнистый, перикарпий тонкий, роговидный слой выражен очень слабо (рисунок 5, в).

У исходного материала также изучены морфологические признаки строения початка. У линий Кл7421, S54555, Кл7407, Кл7435 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, не прикрывающие верхнюю часть початка (рисунок 6, а). У линий Кл7427 и Кл7424 тонкий стержень початка и длинные листья обертки (рисунок 6, б). У линии Кл7401 толстый стержень початка и короткие листья обертки (рисунок 6, в). У линии Кл7408 толстый стержень початка и длинные листья обертки, прикрывающие верхнюю часть початка (рисунок 6, г).

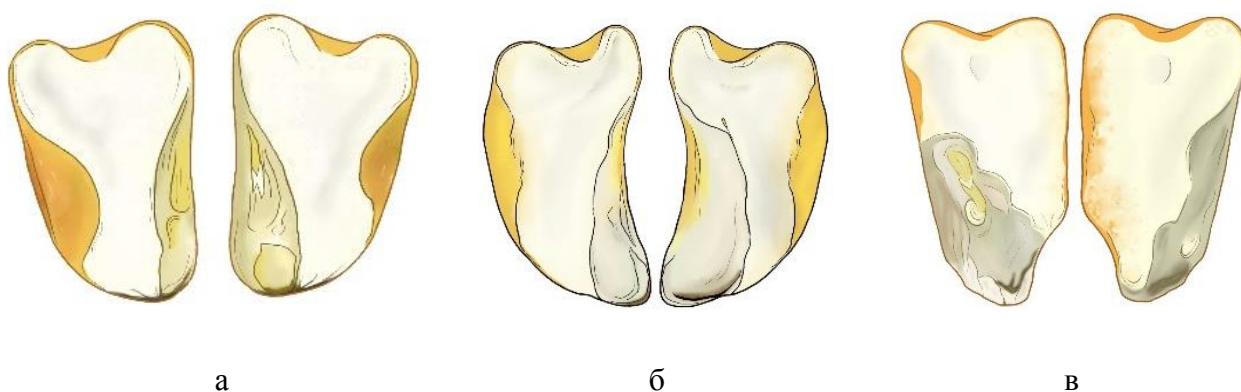


Рисунок 5 – Морфологическое строение зерновок изучаемых линий кукурузы:

а, б – группа зубовидно-кремнистых; в – группа зубовидных

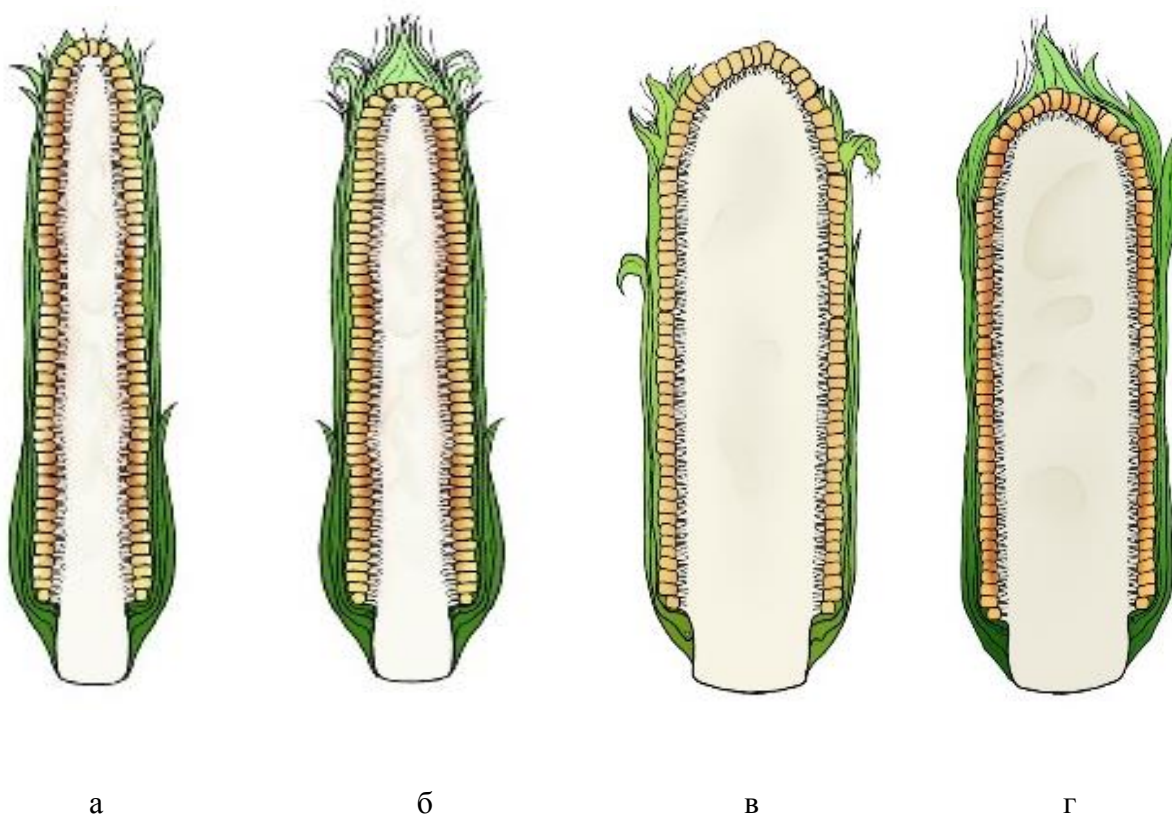


Рисунок 6 – Морфологическое строение початка и длина листьев обертки изучаемых линий кукурузы:

а, б – тонкий стержень, в, г – толстый стержень; а, в – короткие листья обертки;

б, г – длинные листья обертки

Для того чтобы оценить исходный материал по признаку «уборочная влажность зерна», мы изучили влажность зерна линий кукурузы на 50-й, 55-й и 60-й день после массового появления нитей завязи.

Таблица 7 – Влажность зерна исходного материала линий кукурузы в предуборочный период, 2020–2022 гг.

№ п/п	Название	Влажность зерна на 50-й день***, %	Влажность зерна на 55-й день***, %	Влажность зерна на 60-й день***, %	Потеря влаги в сутки, %
1	Кл7427	19,5	14,9	13,5	0,7
2	S54555	18,5	14,1	14,6	0,4
3	Кл7407	25,1	15,2	13,7	1,1
4	Кл7424	24,1	19,4	15,0	0,9
5	Кл7408	28,0	20,3	16,3	1,2
6	Кл7421	24,6	19,2	15,1	0,9
7	Кл7435	23,8	15,1	14,8	0,9
8	Кл7401	26,5	22,0	21,8	0,5

*** (здесь и в последующих аналогичных таблицах) – обозначено количество дней после массового появления нитей завязи.

На 50-й день после массового появления нитей завязи самую высокую влажность зерна имеют линии Кл7408 (28,0 %) и Кл7401 (26,5 %), самую низкую – линии Кл7427 (19,5 %) и S54555 (18,5 %). Самая высокая влажность зерна линий кукурузы на 55-й день наблюдается у Кл7401 (22,0 %) и Кл7408 (20,3 %), самая низкая – у Кл7427 (14,9 %) и S54555 (14,1 %). На 60-й день самой высокой влажностью зерна обладает линия Кл7401 (21,8 %), влажность зерна ниже 14,0 % наблюдается у Кл7407 (13,7 %) и Кл7427 (13,5 %). Высокой интенсивностью потери влаги в сутки обладают следующие линии: Кл7408 (1,2 %), Кл7407 (1,1 %), Кл7424 (0,9 %), Кл7421 (0,9 %), Кл7435 (0,9 %). Способностью резко терять влагу зерна с 50 по 60 день после массового появления нитей завязи до 15,0 % и ниже обладают линии Кл7427, Кл7407, Кл7424, Кл7435. Наглядно изменение влажности зерна линий исходного материала кукурузы представлено на рисунке 7.

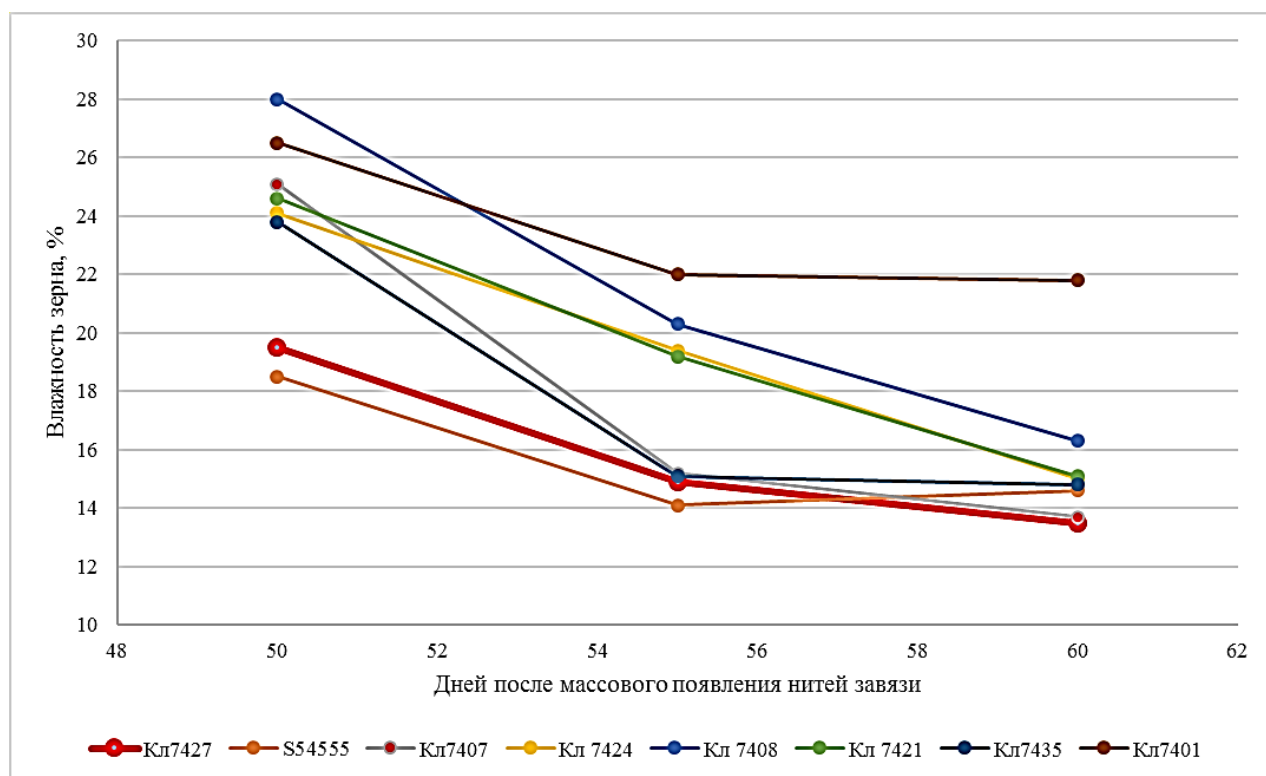


Рисунок 7 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7427, S54555, Кл7407, Кл7424, Кл7408, Кл7421, Кл7435, Кл7401 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Таким образом, наиболее благоприятными для быстрой влагоотдачи морфологическими особенностями зерна и початка, а также самой низкой уборочной влажностью зерна обладает линия Кл7427, поэтому она была выбрана в качестве донора признаков высокой влагоотдачи и низкой уборочной влажности.

3.1.2 Характеристика исходного материала и новых линий кукурузы по длительности вегетационного периода и способу получения

Продолжительность вегетационного периода является важнейшей характеристикой линий кукурузы. Из источников литературы известно, что линии кукурузы, принадлежащие к группе раннеспелых, имеют низкую уборочную влажность. Поэтому важной селекционной задачей является создание среднеспелых и среднепоздних линий кукурузы с низкой уборочной влажностью и высокой влагоотдачей.

Основными способами получения линий кукурузы в селекционном питомнике ООО «НПО «Семеноводство Кубани» является инбридинг и гаплоидный метод.

Линии кукурузы были разделены по группам спелости в соответствии с продолжительностью периода всходы-полное цветение (Богданов, 2021, Надточаев, 2022). Линии, используемые как исходный материал и линии и изучаемые как предполагаемые источники признаков низкой уборочной влажности и интенсивной влагоотдачи, принадлежат к среднеранней, среднеспелой и среднепоздней группам спелости (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристика линий кукурузы селекции НПО «Семеноводство Кубани» по длительности вегетационного периода и способу получения, 2020–2022 гг.

№ п/п	Название линий	Продолжительность всходы – полная спелость, дней	Группа спелости	Тип линий
1	Кл 7901	90–100	Раннеспелые	Инбредная
2	Кл 421	90–100	Раннеспелые	Инбредная
3	Кл 7421	90–100	Раннеспелые	Инбредная
4	S 54555	90–100	Раннеспелые	Инбредная
5	Кл 7407	105–115	Среднеранние	Инбредная
6	Кл 7209	105–115	Среднеранние	Инбредная
7	Кл 7801	105–115	Среднеранние	Инбредная
8	Кл 7201 МВ	105–115	Среднеранние	Инбредная
9	Кл 7202 МВ	105–115	Среднеранние	Инбредная
10	Кл 7427	115–120	Среднеспелые	Инбредная
11	Кл 7401	115–120	Среднеспелые	Автодиплоидная
12	Кл 7435	115–120	Среднеспелые	Инбредная
13	Кл 7408	115–120	Среднеспелые	Инбредная
14	Кл 7424	120–130	Среднепоздние	Инбредная
15	Кл 7437	120–130	Среднепоздние	Инбредная

С помощью линий Кл7421, S54555, Кл7407, Кл7401, Кл7435, Кл7408, Кл7424 и линии – донора признаков низкой уборочной влажности и интенсивной влагоотдачи Кл7427 было создано 7 гибридных комбинаций, из которых путем многолетнего отбора, используя инбридинг и гаплоидный метод было получено 20 линий, относящихся к среднеспелой и среднепоздней группам спелости (таблица 9).

Таблица 9 – Характеристика новых линий кукурузы селекции кукурузы селекции
НПО «Семеноводство Кубани» по длительности вегетационного периода
и способу получения, 2020–2022 гг.

№ п/п	Название линии	Происхождение (генотип линий)	Продолжительность всходы – полная спелость, дн	Группа спелости	Тип линии
1	2	3	4	5	6
1	70/2	S54555+Кл7427+ Кл7427	105–115	Среднеранние	Дигаплоидная
2	80/1	Кл7421+Кл7427	105–115	Среднеранние	Дигаплоидная
3	80/2	Кл7421+Кл7427	120–130	Среднеспелые	Дигаплоидная
4	69/1	Кл7408+Кл7427+ Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
5	69/3	Кл7408+Кл7427+ Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
6	69/7	Кл7408+Кл7427+ Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
7	(Кл7408+ Кл7427)– 20-1-1-1-1	Кл7408+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Инбредная
8	(Кл7408+ Кл7427)– 23-1-1-1-1	Кл7408+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Инбредная
9	79/2	Кл7407+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
10	79/5	Кл7407+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
11	79/6	Кл7407+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
12	79/8	Кл7407+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
13	79/12	Кл7407+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Дигаплоидная
14	7400/18	Кл7407+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Инбредная
15	(Кл7401+ Кл7427)– 1-1-1-1-1- 1	Кл7401+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Инбредная
16	(Кл7427+Кл7435)–2- 2-1-1-1-1	Кл7427+Кл7435	115–120	Среднеспелые	Инбредная

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6
17	(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	Кл7427+Кл7435	115–120	Среднеспелые	Инбредная
18	(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	Кл7427+Кл7435	115–120	Среднеспелые	Инбредная
19	7400/20	Кл7408+Кл7427	115–120	Среднеспелые	Инбредная
20	7400/15	Кл7424+Кл7427	120–130	Среднепоздние	Инбредная

Среди новых линий к группе среднеранних (ФАО 200–299) относятся 2 линии: 70/2 и 80/1. Они получены гаплоидным методом. Самой многочисленной является группа среднеспелых (ФАО 300–399), в нее входят 17 новых линий: 80/2, 69/1, 69/3, 69/7, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12 (получены гаплоидным методом); (Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1, (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1, 7400/18, (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1, 7400/20 (получены методом инбридинга). К группе среднепоздних (ФАО 400–499) относится линия 7400/15, полученная методом инбридинга.

3.1.3 Характеристика морфо-биологических признаков линий кукурузы

Скорость потери влаги зерна кукурузы во время созревания является сложным физиологическим процессом и представляет собой результат взаимодействия генотипа и среды. На влажность зерна кукурузы оказывают влияние как факторы окружающей среды, так и морфо-биологические параметры початка. Из различных источников литературы известно, что такими показателями являются: длина и диаметр початка, диаметр стержня, количество рядов зерен.

Нами были изучены морфо-биологические особенности линий кукурузы из генетической коллекции ООО «НПО «Семеноводство Кубани», использованных в качестве родительских компонентов, новых линий, полученных с их участием, а также перспективных линий, привлекаемых для изучения влагоотдачи зерна, но не участвующих в скрещиваниях. Для проведения данных исследований изучалось

5 растений с делянки в 3-кратной повторности в 2020–2021 гг. проведения исследований. Полученные данные были подвергнуты статистической обработке. Результаты проведения исследований по изучению морфо-биологических особенностей приведены в таблицах 10–15.

Для начала мы изучили различия в структуре изменчивости и средних значений признаков между линиями разных групп спелости. Количественная оценка влияния срока созревания на учетные признаки проводилась с помощью дисперсионного анализа (таблица 10).

Таблица 10 – Результаты дисперсионного анализа характеристик початка у линий кукурузы разных групп спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Длина початка					
Между группами спелости	3	283,84	57,7**	0,71	12,6
Остаточная	1571	4,91	–	4,91	87,4
Диаметр початка					
Между группами спелости	3	52,56	253,8**	0,13	39,9
Остаточная	1571	0,20	–	0,20	60,1
Диаметр стержня початка					
Между группами спелости	3	17,38	93,3**	0,04	19,5
Остаточная	1571	0,18	–	0,18	80,5
Количество рядов зерен					
Между группами спелости	3	766,42	205,4**	1,94	34,2
Остаточная	1571	3,73	–	3,73	65,8
Масса 1000 зерен					
Между группами спелости	3	118943,95	88,6**	298,67	18,2
Остаточная	941	1342,26	–	1342,26	81,8
Масса зерна с початка					
Между группами спелости	3	2816,26	17,3**	6,74	4,0
Остаточная	1571	162,18	–	162,18	96,0
** (здесь и в последующих аналогичных таблицах) – критерий Фишера достоверен на 1%-м уровне значимости; * – критерий Фишера достоверен на 5%-м уровне значимости.					

По данным, представленным в таблице 10, можно сказать, что фактор «группа спелости» оказывает статистически достоверное влияние на все учтенные признаки початка кукурузы. Сильнее всего группа спелости линий влияет на признаки «диаметр початка» (39,9 %) и «количество рядов зерен» (34,2 %).

Данный дисперсионный анализ позволил выявить наличие изменчивости признаков початка в зависимости от группы спелости. Для выявления сходства средних значений этих признаков у линий, относящихся к разным срокам созревания. Для установления такого сходства использован множественный ранговый тест (таблица 11).

Таблица 11 – Множественный ранговый тест средних значений параметров початка у линий кукурузы

Группа спелости	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
		Длина початка, см			
1	2	3	4	5	
Раннеспелые	14,40 ± 0,17		****		
Среднеранние	15,17 ± 0,16			****	
Среднеспелые	16,39 ± 0,06	****			
Среднепоздние	16,54 ± 0,19	****			
Диаметр початка, см					
Раннеспелые	3,38 ± 0,05		****		
Среднеранние	3,82 ± 0,02			****	
Среднепоздние	4,30 ± 0,01	****			
Среднеспелые	4,25 ± 0,03	****			
Диаметр стержня початка, см					
Среднеранние	1,82 ± 0,02	****			
Раннеспелые	1,84 ± 0,04	****			
Среднепоздние	1,97 ± 0,04		****		
Среднеспелые	2,22 ± 0,01			****	
Количество рядов зерен, шт.					
Раннеспелые	12,77 ± 0,13	****			
Среднеранние	13,19 ± 0,12		****		
Среднепоздние	15,17 ± 0,14			****	
Среднеспелые	15,68 ± 0,06			****	
Масса 1000 зерен, г					
Раннеспелые	231,42 ± 6,44	****			
Среднеранние	248,05 ± 1,20		****		
Среднеспелые	278,22 ± 1,42			****	
Среднепоздние	299,07 ± 3,68			****	
Масса зерна с початка, г					
Среднеранние	64,64 ± 0,52	****			

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
Среднепоздние	65,50 ± 0,57	****	****	
Раннеспелые	67,05 ± 1,75		****	
Среднеспелые	70,06 ± 0,37			****
**** (здесь и в последующих аналогичных таблицах) – символы, расположенные на одной вертикали, обозначают сходство средних значений, расположенные на разных вертикалях – их различие на 5%-м уровне значимости.				

По данным, представленным в таблице 11, можно сказать, что средние значения длины початка среднеспелых и среднепоздних линий оказываются наибольшими и статистически не различаются (16,39–16,54 см). Наименьшая длина початка оказалась у линий раннеспелой группы (14,40 см), которые статистически достоверно отличаются по этому показателю от линий среднераннего срока созревания (15,17 см). Как и в случае с длиной початка, средние значения диаметра початка среднеспелых и среднепоздних линий оказываются наибольшими и статистически не различаются (4,25–4,30 см). Диаметр початка является наименьшим у раннеспелых линий (3,38 см), который статистически достоверно отличается по этому показателю от линий среднеранней группы спелости (3,82 см). Средние значения диаметра стержня початка оказались наименьшими у среднеранних и раннеспелых линий кукурузы (1,82–1,84 см).

Наибольший диаметр стержня початка характерна для среднеспелых линий (2,22 см) и статистически достоверно отличается от такового показателя у линий среднепозднего срока созревания (1,97 см). Средние значения количества рядов зерен статистически достоверно различаются у линий разного срока созревания. Наименьшие значения этого показателя характерны для раннеспелых линий (12,77 шт.), а наибольшие для среднеспелых линий (15,68 шт.). Средние значения массы 1000 зерен статистически достоверно различаются у линий разного срока созревания. Наименьшие значения этого показателя характерны для раннеспелых линий (231,42 г), а наибольшие для линий среднепозднего срока созревания (299,07 г). Средние значения массы зерна с початка статистически достоверно не различаются у линий среднераннего и среднепозднего сроков созревания (64,64–65,50 г), а также у линий среднепозднего и раннеспелого сроков созревания

(65,50–67,05 г). Максимальное значение этого показателя характерно для средне-спелых линий (70,06 г) и статистически достоверно отличаются от линий других сроков созревания. Таким образом мы установили различие значений учетных признаков у линий кукурузы разных групп спелости.

Изучив значения вариации морфо-биологических признаков у исследуемых линий можно сделать вывод, что в работе изучается разнообразный селекционный материал.

В работах отечественных и иностранных авторов встречаются данные о том, что многие морфо-биологические параметры растения кукурузы находятся в тесной зависимости от погодных условий года возделывания. Условия в период вегетации способны влиять на размерно-весовые характеристики початка и зерна. К примеру, в засушливые годы длина початка и масса зерна меньше, чем в годы без засухи (Назаренко, 2015, Гуторова, 2022, Носко, 2022). Чтобы понять, насколько характеристики початка исследуемых нами линий зависят от условий года, мы провели качественную оценку влияния генотипа и условий года выращивания с помощью двухфакторного дисперсионного анализа (таблица 12).

Таблица 12 – Результаты дисперсионного анализа характеристик початка линий кукурузы раннеспелой группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
1	2	3	4	5	6
Длина початка					
Между линиями	3	214,00	136,2**	4,72	72,9
Между годами	2	12,42	7,9**	0,18	2,8
«Линия × год»	6	2,29	1,5	0,00	0,0
Остаточная	168	1,57	–	1,57	24,3
Диаметр початка					
Между линиями	3	20,44	193,6**	0,45	80,4
Между годами	2	0,02	0,2	0,00	0,0
«Линия × год»	6	0,03	0,3	0,00	0,0
Остаточная	168	0,11	–	0,11	19,6
Диаметр стержня початка					
Между линиями	3	6,49	49,8**	0,14	52,1
Между годами	2	0,02	0,2	0,00	0,0

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
«Линия × год»	6	0,04	0,3	0,00	0,0
Остаточная	168	0,13	–	0,13	47,9
Количество рядов зерен					
Между линиями	3	39,55	15,9**	0,82	24,9
Между годами	2	0,01	0,01	0,00	0,0
«Линия × год»	6	0,59	0,24	0,00	0,0
Остаточная	168	2,48	–	2,48	75,1
Масса 1000 зерен					
Между линиями	3	159612,65	16663,3**	5911,22	99,8
Между годами	2	30,11	3,1	0,00	0,0
«Линия × год»	6	16,09	1,7	0,00	0,0
Остаточная	96	9,58	–	9,58	0,2
Масса зерна с початка					
Между линиями	3	32045,60	2696,5**	711,86	98,4
Между годами	2	29,70	2,5	0,00	0,0
«Линия × год»	6	11,40	0,9	0,00	0,0
Остаточная	168	11,90	–	11,90	1,6

По данным, представленным в таблице 12, можно сказать, что сильнее всего на изменчивость признаков початка у линий кукурузы раннеспелой группы спелости влияет генотип линий. Доля влияния этого фактора составляет от 24,9 (количество рядов зерен) до 99,8 % (масса 1000 зерен). Самые высокие показатели этого влияния выявлены для признаков «масса 1000 зерен» (99,8 %), «масса зерна с початка» (98,4 %), «диаметр початка» (80,4 %), «длина початка» (72,9 %). Доля влияния условий года минимальна (небольшой вклад условий года выращивания установлен на изменчивость длины початка и равен 2,8 %) либо равна нулю, а также доля влияния взаимодействия «Линия × год» равна нулю.

Таблица 13 – Результаты дисперсионного анализа характеристик початка линий кукурузы среднеранней группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
1	2	3	4	5	6
Длина початка					
Между линиями	6	335,79	160,3**	7,42	73,5

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6
Между годами	2	7,24	3,5*	0,05	0,5
«Линия × год»	12	3,93	1,9*	0,52	5,2
Остаточная	294	2,10	–	2,10	20,8
Диаметр початка					
Между линиями	6	2,88	22,1**	0,06	32,0
Между годами	2	0,32	2,4	0,00	0,0
«Линия × год»	12	0,11	0,8	0,00	0,0
Остаточная	294	0,13	–	0,13	68,0
Диаметр стержня початка					
Между линиями	6	1,75	14,7**	0,04	23,2
Между годами	2	0,13	1,1	0,00	0,0
«Линия × год»	12	0,13	1,1	0,00	0,0
Остаточная	294	0,12	–	0,12	76,8
Количество рядов зерен					
1	2	3	4	5	6
Между линиями	6	101,05	42,2**	2,19	47,7
Между годами	2	0,85	0,36	0,00	0,0
«Линия × год»	12	1,22	0,51	0,00	0,0
Остаточная	294	2,40	–	2,40	52,3
Масса 1000 зерен					
Между линиями	6	7588,58	287,2**	280,08	89,3
Между годами	2	482,23	18,3**	7,24	2,3
«Линия × год»	12	32,72	1,2	0,00	0,0
Остаточная	168	26,42	–	26,42	8,4
Масса зерна с початка					
Между линиями	6	3547,67	212,7**	78,47	80,7
Между годами	2	80,85	4,8**	0,01	0,6
«Линия × год»	12	38,31	2,8**	1,44	1,5
Остаточная	294	16,66	–	16,66	17,1

По данным, представленным в таблице 13, можно сказать, что у линий кукурузы среднеранней группы спелости наибольший вклад в изменчивость признаков початка вносит генотип линии. Доля соответствующей дисперсии варьирует от 23,2 (диаметр стержня початка) до 89,3 % (масса 1000 зерен). Как и у раннеспелых у среднеранних линий высокая доля влияния генотипа выявлена у признаков «масса 1000 зерен» (89,3 %), «масса зерна с початка» (80,7 %), «длина початка» (73,5 %), доля влияния генотипа линий на признаки «диаметр початка», «диаметр стержня початка» и «количество рядов зерен» составляет менее 50,0 %. Небольшое влияние

условий года и взаимодействия факторов установлено на длину початка, массу 1000 зерен, массу зерна с початка.

Таблица 14 – Результаты дисперсионного анализа характеристик початка линий кукурузы среднеспелой группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Длина початка					
Между линиями	20	52,72	20,5**	1,11	30,0
Между годами	2	12,49	4,8**	0,03	0,8
«Линия × год»	40	2,89	1,1	0,00	0,0
Остаточная	882	2,57	–	2,57	69,2
Диаметр початка					
Между линиями	20	2,80	23,1**	0,06	31,1
Между годами	2	0,26	2,1	0,00	0,0
«Линия × год»	40	0,30	2,4**	0,01	6,3
Остаточная	882	0,12	–	0,12	62,6
Диаметр стержня початка					
Между линиями	20	3,70	35,2**	0,08	43,6
1	2	3	4	5	6
Между годами	2	1,15	10,3**	0,01	1,8
«Линия × год»	40	0,15	1,4	0,00	0,0
Остаточная	882	0,10	–	0,10	54,5
Количество рядов зерен					
Между линиями	20	73,85	31,1**	1,59	40,1
Между годами	2	0,40	0,17	0,00	0,0
«Линия × год»	40	2,19	0,92	0,00	0,0
Остаточная	882	2,37	–	2,37	59,9
Масса 1000 зерен					
Между линиями	20	31242,62	1093,2**	1156,08	96,8
Между годами	2	1019,48	35,7**	5,24	0,4
«Линия × год»	40	66,33	2,3**	4,19	0,4
Остаточная	504	28,58	–	28,58	2,4
Масса зерна с початка					
Между линиями	20	5141,81	244,9**	113,80	82,8
Между годами	2	307,20	14,6**	0,91	0,7
«Линия × год»	40	47,97	2,3**	1,78	1,3
Остаточная	882	21,00	–	21,0	15,3

По данным, представленным в таблице 14, можно сказать, что у линий кукурузы среднеспелой группы спелости генотип линии оказывает наибольшее влияние

на признаки. У признаков «масса 1000 зерен» и «масса зерна с початка» доля влияния составила 96,8 и 82,8 % соответственно. На остальные признаки доля влияния генотипа составила менее 50,0 %. Небольшое влияние условий года и взаимодействия факторов установлено на признаки «длина початка», «диаметр початка», «диаметр стержня початка», «масса 1000 зерен», «масса зерна с початка».

Таблица 15 – Результаты дисперсионного анализа характеристик початка линий кукурузы среднепоздней группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Длина початка					
Между линиями	2	133,47	50,1	2,91	52,2
Между годами	2	3,47	1,3	0,00	0,0
«Линия × год»	4	3,01	1,1	0,00	0,0
Остаточная	126	2,66	–	2,66	47,8
Диаметр початка					
Между линиями	2	0,80	9,7**	0,02	15,9
Между годами	2	0,29	3,5*	0,01	4,6
«Линия × год»	4	0,09	1,1	0,00	0,0
Остаточная	126	0,08	–	0,08	79,5
Диаметр стержня початка					
1	2	3	4	5	6
Между линиями	2	6,29	51,6**	0,14	53,3
Между годами	2	0,06	0,6	0,00	0,0
«Линия × год»	4	0,15	1,2	0,00	0,0
Остаточная	126	0,12	–	0,12	46,7
Количество рядов зерен					
Между линиями	2	14,25	5,8**	0,26	9,8
Между годами	2	1,81	0,7	0,00	0,0
«Линия × год»	4	0,21	0,1	0,00	0,0
Остаточная	126	2,43	–	2,43	90,2
Масса 1000 зерен					
Между линиями	2	22651,51	60,3**	825,05	53,6
Между годами	2	925,04	2,5	0,00	0,0
«Линия × год»	4	3424,74	9,1**	338,81	22,0
Остаточная	72	375,46	–	375,46	24,4
Масса зерна с початка					
Между линиями	2	895,70	38,9**	19,39	36,4
Между годами	2	510,30	22,1**	10,84	20,4
«Линия × год»	4	31,70	1,4	0,00	0,0
Остаточная	126	23,00	–	23,00	43,2

Из данных, представленных в таблице 15, можно сделать вывод, что у линий среднепоздней группы спелости наибольший вклад в изменчивость признаков вносит генотип линии. На признаки «масса 1000 зерен», «диаметр стержня початка» и «длина початка» доля влияния генотипа составила 53,6, 53,3 и 52,2 % соответственно. На остальные признаки початка доля влияния генотипа линии составила менее 40,0 %. Условия года оказали влияние на диаметр початка (4,6 %) и массу зерна с початка (20,4 %). Совместное влияние факторов оказало влияние на массу 1000 зерен (22,0 %).

Таким образом, дисперсионный анализ данных позволил установить, что у изучаемых линий кукурузы на изменчивость признаков початка влияет генотип линий, а не условия года исследований.

3.2 Изучение влажности зерна линий кукурузы в предуборочный период

Существует мнение, что группа спелости влияет на влажность зерна: у более раннеспелых генотипов кукурузы имеют низкую уборочную влажность зерне, в отличие от позднеспелых генотипов. Чтобы определить, насколько велико влияние группы спелости на влажность зерна в предуборочный период у изучаемых нами линий, мы провели дисперсионный анализ влажности зерна разных групп спелости (таблица 16).

Таблица 16 – Результаты дисперсионного анализа влажности зерна линий кукурузы разных групп спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Влажность зерна на 50-й день					
Между группами спелости	3	4189,99	189,0**	10,58	32,3
Остаточная	1571	22,16	–	22,16	67,7
Влажность зерна на 55-й день					
Между группами спелости	3	2844,14	121,4**	7,16	23,4
Остаточная	1571	23,41	–	23,14	76,6
Влажность зерна на 60-й день					
Между группами спелости	3	1040,74	78,5**	2,61	16,5
Остаточная	1571	13,24	–	13,24	85,5

Исходя из данных, представленных в таблице 16, можно сказать, что доля влияния группы спелости линий на влажность зерна на 50-й день равна 32,3 % и на 60-й день снижается до 16,5 %.

Чтобы выявить сходство средних значений влажности зерна линий кукурузы разных групп спелости в предуборочный период, мы использовали множественный ранговый тест (таблица 17).

Таблица 17 – Множественный ранговый тест средних значений влажности зерна линий кукурузы

Группа спелости	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
50-й день					
Раннеспелые	17,84 ± 0,37	****			
Среднеранние	21,84 ± 0,26		****		
Среднеспелые	25,44 ± 0,16			****	
Среднепоздние	28,15 ± 0,33				****
55-й день					
Раннеспелые	14,75 ± 0,28	****			
Среднеранние	17,38 ± 0,25		****		
Среднеспелые	19,88 ± 0,17			****	
Среднепоздние	24,29 ± 0,42				****
60-й день					
Раннеспелые	13,83 ± 0,20	****			
Среднеранние	14,57 ± 0,17		****		
Среднеспелые	16,29 ± 0,12			****	
Среднепоздние	19,39 ± 0,47				****

По данным, представленным в таблице 17, можно сказать, что по средним значениям влажности зерна на 50-й день линии статистически достоверно различаются по всем группам спелости. Наименьшее значение этого показателя характерно для линий раннеспелой группы (17,84 %), а наибольшее для среднепоздних линий (28,15 %). На 55-й день линии статистически достоверно различаются по всем группам спелости. Наименьшее значение этого показателя характерно для линий раннеспелой группы (14,75 %), а наибольшее для среднепоздних линий (24,29 %).

На 60-й день линии статистически достоверно различаются по всем группам спелости. Наименьшее значение этого показателя характерно для линий раннеспелой группы (13,83 %), а наибольшее для среднепоздних линий (19,39 %).

Для количественной оценки влияния генотипа линии и условий года возделывания мы провели двухфакторный дисперсионный анализ данных (таблицы 18).

Таблица 18 – Результаты дисперсионного анализа влажности зерна линий кукурузы раннеспелой группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Влажность зерна на 50-й день					
Между линиями	3	1185,58	625,7**	26,30	77,2
Между годами	2	160,59	84,7**	2,65	7,8
«Линия × год»	6	50,15	26,5**	3,22	9,4
Остаточная	168	1,89	–	1,89	5,5
Влажность зерна на 55-й день					
Между линиями	3	576,11	1034,8**	12,79	63,9
Между годами	2	29,78	53,5**	0,49	2,4
«Линия × год»	6	93,17	167,3**	6,17	30,9
Остаточная	168	0,56	–	0,56	2,8
Влажность зерна на 60-й день					
Между линиями	3	80,30	128,7**	1,77	15,5
Между годами	2	287,06	460,3**	4,77	41,7
«Линия × год»	6	64,69	103,7**	4,27	37,3
Остаточная	168	0,62	–	0,62	5,4

По данным, представленным в таблице 18, можно сказать, что на влажность зерна раннеспелых линий оказывают влияние все факторы, включая их взаимодействие. На 50-й день доля влияния генотипа линии на влажность зерна максимальна и равна 77,2 %, доля влияния условий года и взаимодействия факторов мала. На 55-й день влияние генотипа снижается, но все равно остается высоким (63,9 %), и возрастает доля влияния взаимодействия факторов «линия × год» (30,9 %). На 60-й день влияние генотипа линий на влажность зерна сокращается до 15,5 %, однако, возрастает доля влияния условий года (41,7 %) и взаимодействия факторов «линия × год» (35,3 %).

Таблица 19 – Результаты дисперсионного анализа влажности зерна линий кукурузы
среднеранней группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Влажность зерна на 50-й день					
Между линиями	6	947,50	996,7**	21,03	79,5
Между годами	2	51,20	53,8**	0,48	1,8
«Линия × год»	12	60,20	63,3**	3,95	14,9
Остаточная	294	1,00	–	1,00	3,8
Влажность зерна на 55-й день					
Между линиями	6	759,51	953,7**	16,86	66,2
Между годами	2	269,89	341,0**	2,56	10,1
«Линия × год»	12	79,80	100,8**	5,27	20,7
Остаточная	294	0,79	–	0,79	3,1
Влажность зерна на 60-й день					
Между линиями	6	414,50	842,9**	9,20	78,9
Между годами	2	11,47	23,3**	0,10	0,9
«Линия × год»	12	28,57	58,1**	1,87	16,0
Остаточная	294	0,49	–	0,49	4,2

По данным, представленным в таблице 19, можно сказать, что на влажность зерна среднеранних линий оказывает влияние генотип линий. Доля влияния этого фактора остается высоким на протяжении с 59-го по 60-й день (66,2–79,5 %). Взаимодействие факторов «линия × год» составляет 14,9–20,7 %. Вклад в изменчивость влажности зерна условий года составляет от 0,9 до 10,1 %.

Таблица 20 – Результаты дисперсионного анализа влажности зерна линий кукурузы
среднеспелой группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
1	2	3	4	5	6
Влажность зерна на 50-й день					
Между линиями	20	638,60	354,4**	14,15	50,8
Между годами	2	412,90	229,1**	1,31	4,7
«Линия × год»	40	160,50	89,1**	10,58	38,0
Остаточная	882	1,80	–	1,80	6,5
Влажность зерна на 55-й день					
Между линиями	20	747,15	549,1**	16,57	51,6
Между годами	2	1098,24	807,2**	3,48	10,8
«Линия × год»	40	162,17	119,2**	10,72	33,4

Продолжение таблицы 20

1	2	3	4	5	6
Остаточная	882	1,36	–	1,36	4,2
Влажность зерна на 60-й день					
Между линиями	20	443,93	469,8	9,84	64,4
Между годами	2	151,34	160,1	0,48	3,1
«Линия × год»	40	61,01	64,6**	4,00	26,2
Остаточная	882	0,96	–	0,96	6,3

По данным, представленным в таблице 20, можно сказать, что у среднеспелых линий кукурузы зерна наибольшее влияние на влажность зерна в предуборочный период оказывает генотип линии (50,8–64,4 %). Это влияние возрастает от 50-го к 60-му дню. Влияние взаимодействия «линия × год», напротив, сокращается с 38,0 до 26,2 %. Вклад в изменчивость условий года невелик, и составляет от 3,1 до 10,8 %.

Таблица 21 – Результаты дисперсионного анализа влажности зерна линий кукурузы среднепоздней группы спелости

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Влажность зерна на 50-й день					
Между линиями	2	584,80	220,2**	12,94	58,5
Между годами	2	26,20	9,9**	0,52	2,4
«Линия × год»	4	91,90	34,6**	5,95	26,9
Остаточная	126	2,70	–	2,70	12,2
Влажность зерна на 55-й день					
Между линиями	2	913,07	369,4**	20,24	57,3
Между годами	2	481,96	194,9**	10,66	30,2
«Линия × год»	4	32,11	12,9**	1,98	5,6
Остаточная	126	2,47	–	2,47	7,0
Влажность зерна на 60-й день					
Между линиями	2	735,33	270,5**	16,88	33,7
1	2	3	4	5	6
Между годами	2	680,42	250,3**	15,06	31,1
«Линия × год»	4	217,24	79,9**	14,30	29,6
Остаточная	126	2,72	–	2,72	5,6

По данным, представленным в таблице 21, можно сказать, что у линий среднепоздней группы спелости наибольший вклад в изменчивость влажности зерна вносит генотип линии. На 50-й день доля влияния генотипа составляет 58,5 %, доля влияния

взаимодействия факторов «линия × год» невысока, и равна 26,9 %. На 55-й день влияние генотипа остается на уровне 50-го дня, влияние условий года возрастает до 30,2 %, а влияние взаимодействия факторов падает. На 60-й день влияние генотипа линий на влажность зерна снижается (33,7 %), доля влияния условий года и взаимодействия факторов «линия × год» возрастают до 31,1 и 29,6 % соответственно.

Определение взаимосвязи между влажностью зерна на 60-й день и характеристиками початка проводилось с помощью вычисления коэффициента корреляции Пирсона (таблица 22).

Таблица 22 – Корреляция влажности зерна на 60-й день и характеристик початка

Признак	Ранние	Среднеранние	Среднезрелые	Среднепоздние
Длина початка	0,34*	0,21*	0,16*	0,47*
Диаметр початка	0,34*	0,15*	0,21*	0,48*
Диаметр стержня початка	0,27*	-0,06	0,39*	0,42*
Количество рядов зерен	0,11	-0,23*	0,08	-0,23*
Масса 1000 зерен	0,35*	0,32*	0,12*	-0,36*
Масса зерна с початка	0,39*	0,23*	-0,22*	0,25*

По данным, представленным в таблице 22, можно сказать, что корреляция с влажностью зерна на 60-й день оказалась недостоверной у линий ранней степени зрелости с количеством рядов зерен, у линий среднераннего срока созревания с диаметром стержня початка, у линий среднезрелого срока созревания с количеством рядов зерен. Для остальных признаков по шкале Чеддока корреляция слабая (0,1–0,3) или умеренная (0,3–0,5). Следует обратить внимание на тот факт, что у линий разного срока созревания коэффициент корреляции может менять свой знак, что говорит об изменении направления связи. Это может свидетельствовать о значительных генотипических различиях между линиями разной степени зрелости, что косвенно подтверждается результатами дисперсионного анализа.

Таким образом, мы видим, что влажность зерна линий кукурузы в предуборочный период сильно зависит от генотипа линий. В период с 50-го по 60-й день доля

влияния условий года и взаимодействия факторов «линия × год» у линий разных групп спелости может быть различной.

3.3 Влияние погодных условий на влажность зерна исследуемых линий кукурузы в предуборочный период

Такой процесс как снижение влажности зерна кукурузы после наступления физиологической спелости контролируется генотипом, но, в то же время, сильно зависит от условий окружающей среды. Из литературных источников известно, что на скорость влагоотдачи в большей степени влияют относительная влажность воздуха и количество осадков, в то время как температура воздуха влияет слабее, определяя влажность воздуха. В данной работе изучена влажность зерна линий кукурузы в предуборочный период, а также погодные условия и их влияние на указанные признаки в течение трех лет проведения исследований.

3.3.1 Дисперсионный анализ погодных показателей предуборочного периода

Чтобы узнать, зависит ли влажность зерна линий кукурузы от собственно погодных показателей, мы использовали средние значения относительной влажности и среднесуточной температуры воздуха и суммы осадков за три периода (45–50-й, 50–55-й, 55–60-й день). Значения влажности зерна были разделены на 4 категории: 1) сухие (до 14 %), 2) средней сухости (14–16 %), 3) влажные (16–18 %), 4) сырые (более 18 %) (Винникова, 2020). Влияние погодных показателей на категорию влажности зерна изучалось с помощью дисперсионного анализа (таблицы 23–25).

Таблица 23 – Результаты дисперсионного анализа погодных показателей в период 45–50-й день

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
1	2	3	4	5	6
2020 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	110,42	79,5**	0,83	37,6
Остаточная	521	1,38	–	1,38	62,4
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	24,93	6,5**	0,16	4,1

Продолжение таблицы 23

1	2	3	4	5	6
Остаточная	521	3,81	–	3,81	95,9
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	2,70	4,5**	0,02	2,5
Остаточная	521	0,61	–	0,61	97,5
2021 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	3027,27	41,0**	22,50	23,4
Остаточная	521	73,76	–	73,76	76,6
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	674,28	27,4**	4,95	16,7
Остаточная	521	24,66	–	24,66	83,3
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	131,32	30,9**	0,97	18,6
Остаточная	521	4,24	–	4,24	81,4
2022 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	27,18	29,1**	0,20	17,7
Остаточная	521	0,93	–	0,93	82,3
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	917,05	78,1**	6,90	37,0
Остаточная	521	11,74	–	11,74	63,0
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	256,65	68,7**	1,93	34,1
Остаточная	521	3,72	–	3,72	65,9

По данным, представленным в таблице 23, можно сказать, что на категорию влажности зерна на 50-й день оказывают влияние все учтенные погодные характеристики за период 45–50-й день. В 2020 г. наибольшая доля влияния принадлежит сумме осадков (37,6 %), в 2021 г. – также сумме осадков (23,4 %), в 2022 г. – относительной влажности воздуха (37,0 %) и среднесуточной температуре воздуха (34,1 %).

Таблица 24 – Результаты дисперсионного анализа погодных показателей в период 50–55-й день

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
1	2	3	4	5	6
2020 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	29517,26	45,0**	219,90	25,1
Остаточная	521	655,20	–	655,20	74,9

Продолжение таблицы 24

1	2	3	4	5	6
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	506,66	29,0**	3,73	17,6
Остаточная	521	17,45	–	17,45	82,4
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	3,77	3,2**	0,02	1,6
Остаточная	521	1,18	–	1,18	98,4
2021 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	564,95	7,6**	3,74	4,8
Остаточная	521	74,32	–	74,32	95,2
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	18,99	1,4	0,00	0,0
Остаточная	521	13,53	–	13,53	100,0
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	437,80	41,5**	3,25	23,6
Остаточная	521	10,50	–	10,50	76,4
2022 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	40,38	18,7**	0,29	11,9
Остаточная	521	2,16	–	2,16	88,1
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	122,17	14,0**	0,86	9,0
Остаточная	521	8,75	–	8,75	91,0
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	246,49	42,9**	1,83	24,2
Остаточная	521	5,74	–	3,74	75,8

По данным, представленным в таблице 24, можно сказать, что на категорию влажности зерна на 55-й день оказывают влияние все учтенные погодные характеристики за 50–55 дней. В 2020 г. наибольшая доля влияния принадлежит сумме осадков (25,1 %), в 2021 г. – среднесуточной температуре воздуха (23,6 %), в 2022 г. – также среднесуточной температуре воздуха (24,2 %).

Таблица 25 – Результаты дисперсионного анализа погодных показателей в период 55–60-й день

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
1	2	3	4	5	6
2020 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	1945,50	1,6*	5,84	0,5

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5	6
Остаточная	521	1178,80	–	1178,80	99,5
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	289,73	9,7**	1,97	6,2
Остаточная	521	29,79	–	29,79	93,8
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	35,68	28,7**	0,26	17,5
Остаточная	521	1,24	–	1,24	82,5
2021 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	279,25	13,5**	1,97	8,7
Остаточная	521	20,67	–	20,67	91,5
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	185,84	20,8**	1,35	13,1
Остаточная	521	8,94	–	8,94	86,9
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	18,03	11,9**	0,13	7,7
Остаточная	521	1,51	–	1,51	92,3
2022 г.					
Сумма осадков					
Между категориями	3	92,26	5,9**	0,58	3,6
Остаточная	521	15,54	–	15,54	96,4
Относительная влажность воздуха					
Между категориями	3	183,86	9,4**	1,25	6,0
Остаточная	521	19,60	–	19,60	94,0
Среднесуточная температура воздуха					
Между категориями	3	40,91	20,3**	0,30	12,9
Остаточная	521	2,01	–	2,01	87,1

Исходя из данных, представленных в таблице 25, можно сказать, что на категорию влажности зерна на 60-й день оказывают влияние все учтенные погодные характеристики за период 55–60 дней. В 2020 г. наибольшая доля влияния принадлежит среднесуточной температуре воздуха (17,5 %), в 2021 г. – относительной влажности воздуха (13,1 %), в 2022 г. – среднесуточной температуре воздуха (12,9 %).

Таким образом, результаты дисперсионного анализа показывают, что небольшое влияние погодных показателей на категорию влажности несомненно есть, хотя и может значительно варьировать в зависимости от условий года. Это только один из факторов, определяющих влажность зерна, но не основной.

3.3.2 Анализ корреляционных связей между влажностью зерна линий кукурузы и погодными условиями в предуборочный период

Уборочная влажность зерна кукурузы зависит от влажности зерна сразу после наступления физиологической спелости и последующей скорости потери влаги в полевых условиях. От колебаний среднесуточной влажности воздуха и суммы осадков зависят темпы влагоотдачи зерна кукурузы в предуборочный период (Куприянова, 2021). Чтобы понять, насколько сильна зависимость влажности зерна исследуемых линий кукурузы от гидротермических условий в предуборочный период, мы вычислили коэффициенты корреляции Пирсона между скоростью влагоотдачи, а также влажностью зерна и погодных условий в годы проведения исследований для всех групп спелости изучаемых линий. Коэффициенты корреляции были оценены по шкале Чеддока: 0–0,1 (практически отсутствует), 0,1–0,3 (слабая), 0,3–0,5 (умеренная), 0,5–0,7 (заметная), 0,7–0,9 (сильная), 0,7–0,9 (очень сильная). Для удобства описания корреляционной зависимости, мы разделили предуборочный период на три части: I, II и III периоды, которые соответствуют 50, 55 и 60-му дню после массового появления нитей завязи соответственно.

Таблица 26 – Множественный ранговый тест значений интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период

Группа спелости	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
		3	4	5	6
50–55-й день					
Раннеспелые	0,61 ± 0,12	****			
Среднепоздние	0,77 ± 0,34		****		
Среднеранние	0,89 ± 0,21			****	
Среднеспелые	1,11 ± 0,15				****
55–60-й день					
Раннеспелые	0,18 ± 0,06	****			
Среднеранние	0,56 ± 0,18		****		
Среднеспелые	0,72 ± 0,16			****	
Среднепоздние	0,98 ± 0,11				****
50–60-й день					
Раннеспелые	0,40 ± 0,17	****			

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4	5	6
Среднеранние	0,72 ± 0,12		****		
Среднепоздние	0,88 ± 0,14			****	
Среднеспелые	0,92 ± 0,19				****

Исходя из данных, представленных в таблице 26, можно заключить, что по средним значениям интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период линии статистически достоверно различаются по всем группам спелости. В период 50–55-й день самая низкая интенсивность влагоотдачи наблюдается у линий раннеспелой группы спелости и составляет 0,61 % в сутки, самая высокая – у линий среднеспелой группы спелости (1,11 % в сутки). За период 55–60-й день самой низкой интенсивностью влагоотдачи обладают линии раннеспелой группы спелости (0,18 % в сутки), самой высокой – линии среднепоздней группы спелости (0,98 % в сутки). В целом, за период 50–60-й день самая низкая интенсивность влагоотдачи наблюдается у линий раннеспелой группы спелости (0,40 % в сутки), зерно линий среднеспелой группы спелости теряют влагу интенсивнее остальных (0,92 % в сутки). Следует заметить, что в период 50–55-й день линии раннеспелой, среднеранней, среднеспелой групп спелости теряют влагу интенсивнее, чем в период 55–60-й день. У линии среднепоздней группы спелости, наоборот, интенсивность влагоотдачи в период 50–55-й день ниже, чем в период 55–60-й день.

3.3.3 Зависимость влажности зерна раннеспелых линий кукурузы от погодных условий в предуборочный период

Влияние погодных условий на влажность зерна раннеспелых линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа. Корреляционные связи рассчитывались между показателями влажности зерна в различные периоды (50-й, 55-й и 60-й день после массового появления нитей завязи) и показателями среднесуточной температуры, относительной влажности воздуха и суммой осадков за пять дней, предшествующих дню проведения измерений, включая день измерений (таблица 27).

Таблица 27 – Корреляция влажности зерна раннеспелых линий кукурузы и погодных условий

Название линии / погодный фактор	Период		
	50-й день (I период)	55-й день (II период)	60-й день (III период)
Среднесуточная температура воздуха			
Кл7901	-0,57*	0,19*	-0,17
Кл421	0,25*	0,13	-0,51*
Кл7421	-0,36*	-0,27*	-0,59*
S54555	-0,24*	0,23*	-0,28*
Относительная влажность воздуха			
Кл7901	0,29*	0,47*	-0,09
Кл421	0,32*	0,51*	0,59*
Кл7421	0,55*	-0,11*	0,18
S54555	0,09	0,50*	0,45*
Сумма осадков			
Кл7901	0,30*	-0,09	0,60*
Кл421	-0,22*	0,59*	0,17
Кл7421	0,58*	0,18*	0,21*
S54555	-0,23*	0,45*	-0,18
Сумма осадков, выпавших за весь период			
Кл7901	–	–	0,52*
Кл421	–	–	0,26*
Кл7421	–	–	0,11
S54555	–	–	0,07

По данным, представленным в таблице 27, можно сказать, что между среднесуточной температурой воздуха и влажностью зерна раннеспелых линий кукурузы наблюдается обратная корреляционная связь. Это говорит о том, что чем выше температура воздуха, тем ниже влажность зерна. В I период заметная корреляция отмечена у линии Кл7901 (-0,57), умеренная – у Кл7421 (-0,36) и слабая – у S54555 (-0,24). Во II период слабая обратная корреляция отмечена у линии Кл7421 (-0,27). В III период заметная обратная корреляции отмечается у линий Кл421 (-0,51) и Кл7421 (-0,59).

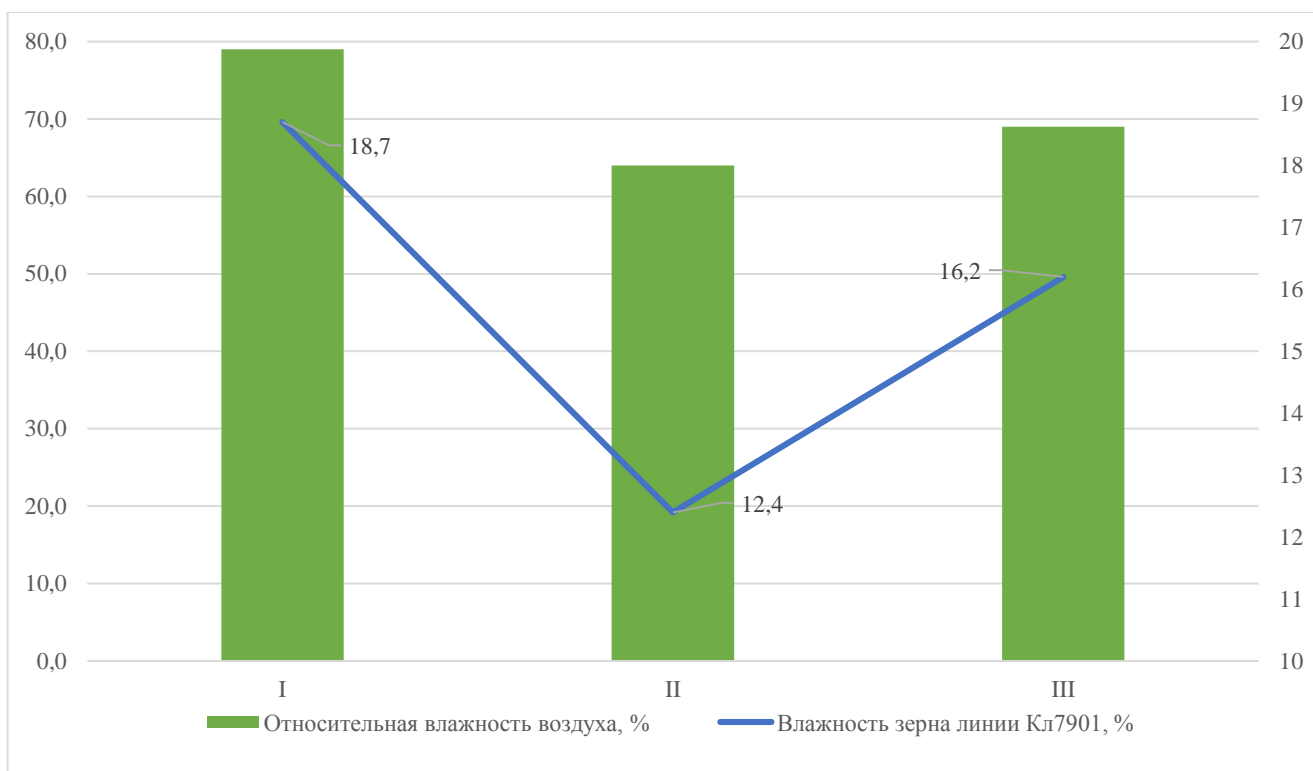
Между относительной влажностью воздуха и влажностью зерна раннеспелых линий кукурузы отмечена прямая корреляционная зависимость: чем выше относительная влажность воздуха, тем выше влажность зерна. В I период заметная корреляция отмечена у линии Кл7421 (0,55), умеренная – у Кл421 (0,32), слабая у Кл7901 (0,29). Во II период влияние этого погодного фактора возросло: наблюдалась умеренная и заметная прямая корреляция для линий Кл7901 (0,47), S54555 (0,50),

Кл421 (0,51). В III периоде умеренная корреляция отмечалась для линии S54555 (0,45), заметная корреляция – у линии Кл421 (0,59). В III периоде заметная прямая корреляция отмечена у линии Кл7901 (0,60). Между осадками, выпавшими за весь период проведения измерений, и влажностью зерна заметная корреляция отмечена у линии Кл7901 (0,52).

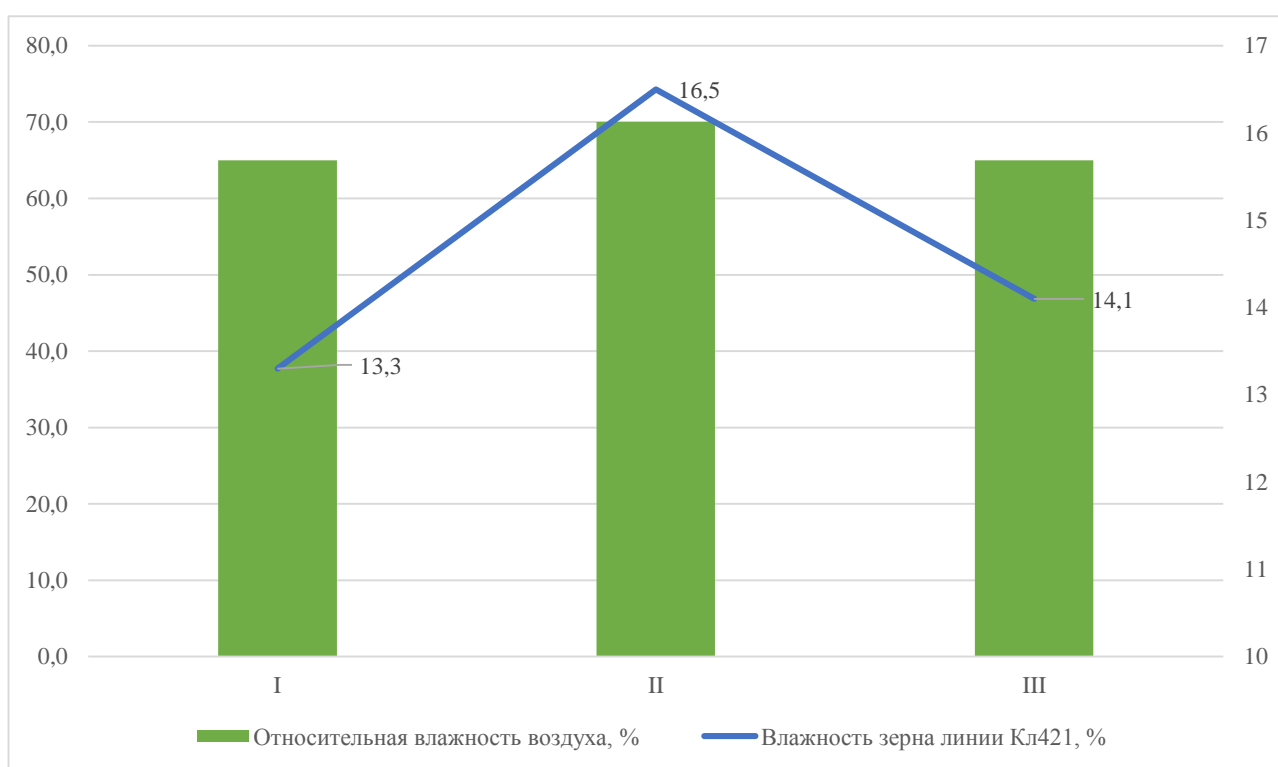
Таким образом, влажность зерна в предуборочный период у раннеспелых линий наиболее чувствительна к повышению относительной влажности воздуха и выпадению осадков. Наглядно изменение влажности зерна раннеспелых линий кукурузы и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период показано на рисунке 8 (а, б) на примере линий Кл7901 и Кл421 в 2021 г.

Влияние погодных условий на интенсивность влагоотдачи у раннеспелых линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа. Корреляционные связи рассчитывались между показателями влагоотдачи зерна в различные периоды (50–55-й и 55–60-й день после массового появления нитей завязи) и показателями среднесуточной температуры, относительной влажности воздуха и суммой осадков за пять дней, предшествующих дню проведения измерений, включая день измерений (таблица 28).

Интенсивность влагоотдачи могут снижать следующие погодные факторы: относительная влажность воздуха и сумма осадков: чем они выше, тем ниже интенсивность влагоотдачи. Высокая среднесуточная температура воздуха способствует увеличению интенсивности влагоотдачи. В период 50–55-й день наибольшее влияние на интенсивность влагоотдачи оказывает относительная влажность воздуха: заметная обратная корреляция отмечена у линий Кл421 (–0,54) и S54555 (–0,60), и сумма выпавших осадков: заметная обратная корреляция отмечена у линий Кл7901 (–0,55), Кл421 (–0,60), S54555 (–0,60). В период 55–60-й день наибольшее влияние на интенсивность влагоотдачи оказала относительная влажность воздуха, заметная корреляция отмечена у линии Кл7901 (–0,60), и сумма осадков: заметная обратная корреляция наблюдается у линии Кл7901 (–0,57). Влияние среднесуточной температуры воздуха на интенсивность влагоотдачи у раннеспелых линий кукурузы минимально.



а



б

Рисунок 8 – Изменение влажности зерна раннеспелых линий кукурузы Кл7901 и Кл421 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, х. Александровский, 2021 г.

Таблица 28 – Корреляция интенсивности влагоотдачи раннеспелых линий кукурузы и погодных условий

Название линии / погодный фактор	Период	
	Интенсивность влагоотдачи за период 50–55-й день	Интенсивность влагоотдачи за период 55–60-й день
Среднесуточная температура воздуха		
Кл7901	0,41*	0,31*
Кл421	–0,13	–0,64*
Кл7421	0,30*	0,40*
S54555	–0,33*	0,33*
Относительная влажность воздуха		
Кл7901	0,29*	–0,60*
Кл421	–0,51	0,45*
Кл7421	0,29*	–0,49*
S54555	–0,60*	–0,11*
Сумма осадков		
Кл7901	–0,55*	–0,57*
Кл421	–0,60*	–0,45*
Кл7421	–0,24*	–0,41*
S54555	–0,60*	0,33*

Таким образом мы видим, что корреляция между погодными условиями и влажностью зерна раннеспелых линий может быть заметной (0,5–0,7), умеренной (0,3–0,5) и слабой (0,1–0,3). Самое высокое значение корреляции влажности зерна и среднесуточной температуры отмечены в I и III периодах. Влажность зерна линии Кл7421 коррелирует с среднесуточной температурой воздуха на протяжении всего предуборочного периода. Высокое значение корреляции влажности зерна и относительной влажности воздуха установлено в II и III периодах. Для линии Кл421 корреляция влажности зерна и этого погодного показателя сохраняется на протяжении предуборочного периода. Высокое значение корреляции влажности зерна и суммы выпавших осадков отмечается у всех исследуемых раннеспелых линий в разные периоды. Между интенсивностью влагоотдачи и среднесуточной температурой воздуха отмечена умеренная корреляция, между интенсивностью влагоотдачи и относительной влажностью воздуха и суммой выпавших осадков выявлена заметная корреляция.

3.3.4 Зависимость влажности зерна среднеранних линий кукурузы от погодных условий в предуборочный период

Влияние погодных условий на влажность зерна среднеранних линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа (таблица 29).

Таблица 29 – Корреляция влажности зерна среднеранних линий кукурузы и погодных условий

Название линии / погодный фактор	Период		
	50-й день (I период)	55-й день (II период)	60-й день (III период)
Среднесуточная температура воздуха			
Кл7407	0,15*	-0,20*	-0,21*
Кл7209	0,23*	-0,54*	-0,20*
Кл7801	-0,14*	-0,09	-0,50*
Кл7201 МВ	0,12	0,21*	0,17*
Кл7202 МВ	0,20*	-0,34*	-0,32*
70/2	-0,59*	-0,54*	-0,12*
80/1	0,10*	0,11*	0,22*
Относительная влажность воздуха			
Кл7407	0,59*	0,27*	-0,18*
Кл7209	0,58*	0,21*	-0,13*
Кл7801	0,12*	0,59*	-0,10*
Кл7201 МВ	0,13*	0,18*	0,11*
Кл7202 МВ	0,18*	0,20*	-0,20*
70/2	0,17*	0,56*	0,10
80/1	0,18*	0,12	0,51*
Сумма осадков			
Кл7407	0,03	0,20*	-0,20*
Кл7209	-0,19*	0,23*	-0,22*
Кл7801	0,26*	0,59*	-0,20*
Кл7201 МВ	0,09	-0,05	0,18*
Кл7202 МВ	-0,16	0,37*	-0,12*
70/2	0,28*	-0,03	-0,23*
80/1	0,28*	0,60*	0,21*
Сумма осадков, выпавших за весь период			
Кл7407	–	–	0,33*
Кл7209	–	–	-0,16
Кл7801	–	–	-0,17*
Кл7201 МВ	–	–	0,29*
Кл7202 МВ	–	–	-0,21*
70/2	–	–	-0,08*
80/1	–	–	0,33*

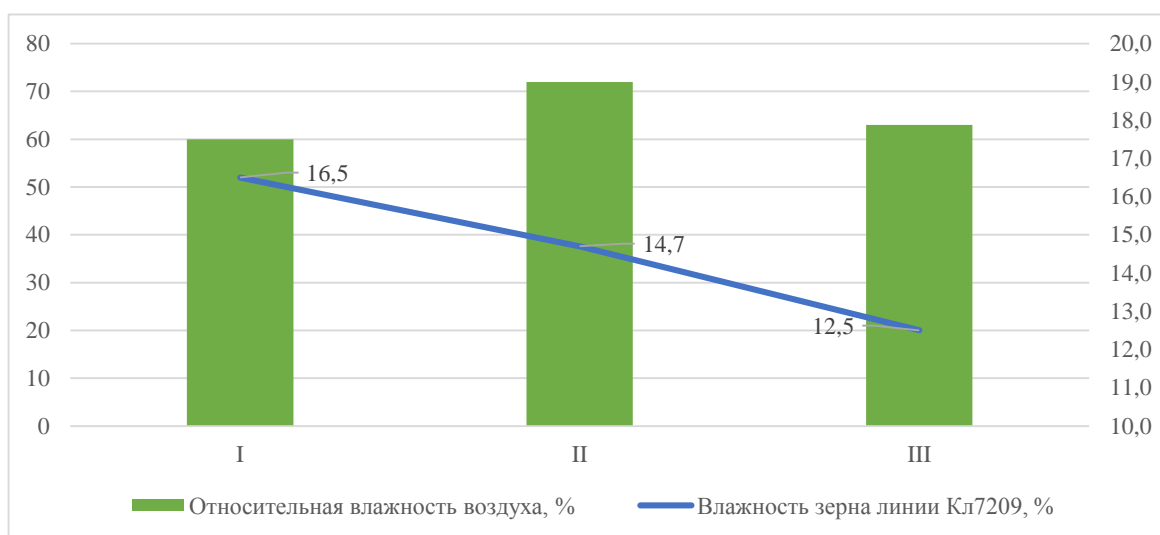
По данным, представленным в таблице 29, можно сказать, что в I период влажность зерна большинства среднеранних линий слабо коррелирует с среднесуточной температурой воздуха, заметная обратная корреляция отмечена у линии 70/2 (-0,59). Во II период слабая и заметная корреляция наблюдается у линий Кл7202 МВ (-0,34), Кл7209 (-0,54) и 70/2 (-0,54). В III период умеренная корреляция наблюдается у Кл7202 МВ (-0,32), заметная – у Кл7801 (-0,50). Относительная влажность воздуха слабо влияет на влажность зерна большинства среднеранних линий в I период, заметная прямая корреляция отмечена у линий Кл7407 (0,59) и Кл7209 (0,58). Во II период корреляция также выражена слабо, заметная прямая корреляция выявлена у линий Кл7801 (0,59) и 70/2 (0,56). В III периоде заметная корреляция отмечена только у линии 80/1 (0,51). Корреляции между влажностью зерна и суммой выпавших осадков были преимущественно слабыми на протяжении предуборочного периода. Во II периоде наблюдалась заметная корреляция у линий Кл7801 (0,59) и 80/1 (0,60). Корреляция влажности зерна среднеранних линий с суммой осадков, выпавших за весь предуборочный период, была слабой.

Таким образом у линий, принадлежащих к среднеранней группе спелости, наибольшее влияние на влажность зерна оказывают среднесуточная температура и относительная влажность воздуха. Наиболее чувствительным к погодным условиям является II период (55-й день). Наглядно изменение влажности зерна среднеранних линий кукурузы и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период показано на рисунке 9 (а, б) на примере линий Кл7801 и Кл7209 в 2021 г.

Влияние погодных условий на интенсивность влагоотдачи у среднеранних линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа (таблица 30).



а



б

Рисунок 9 – Изменение влажности зерна среднеранних линий кукурузы Кл7801 и Кл7209 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, х. Александровский, 2021 г.

Таблица 30 – Корреляция интенсивности влагоотдачи среднеранних линий кукурузы и погодных условий

Название линии / погодный фактор	Период	
	Интенсивность влагоотдачи за период 50–55-й день	Интенсивность влагоотдачи за период 55–60-й день
1	2	3
Среднесуточная температура воздуха		
Кл7407	-0,28*	-0,26*
Кл7209	0,55*	0,23*

Продолжение таблицы 30

1	2	3
Кл7801	-0,08	0,25*
Кл7201 МВ	0,12*	0,32*
Кл7202 МВ	0,20*	0,22*
70/2	0,17	0,27*
80/1	0,13	0,31*
Относительная влажность воздуха		
Кл7407	0,22*	-0,53*
Кл7209	-0,21*	-0,54*
Кл7801	-0,60*	-0,49*
Кл7201 МВ	0,42*	-0,19*
Кл7202 МВ	0,38*	-0,02
70/2	-0,24*	-0,30*
80/1	-0,07	-0,51*
Сумма осадков		
Кл7407	0,05	-0,58*
Кл7209	-0,21*	-0,59*
Кл7801	-0,60*	-0,25*
Кл7201 МВ	-0,23*	-0,46*
Кл7202 МВ	0,10	-0,21
70/2	-0,46*	-0,56*
80/1	-0,59*	-0,51*

По данным, представленным в таблице 30, можно сказать, что интенсивность влагоотдачи слабо коррелирует с среднесуточной температурой воздуха. Заметная корреляция отмечена лишь у линии Кл7209 (0,55). Корреляция с относительной влажностью воздуха в период 50–55-й день преимущественно слабая, заметная корреляция отмечена лишь у линии Кл7801 (-0,60). В период 55–60-й день корреляция между интенсивностью влагоотдачи зерна и относительной влажностью усиливается. Отмечается слабая и умеренная корреляция у линий 70/2 (-0,30) и Кл7801 (-0,49), заметная – у линий 80/1 (-0,51), Кл7407 (-0,53) и Кл7209 (-0,54). Корреляция влажности зерна с суммой осадков в период 50–55-й день у разных линий варьирует от слабой до заметной. Заметная корреляция отмечена у линий 80/1 (-0,59) и Кл7801 (-0,60). В период 55–60-й день заметная корреляция с суммой осадков отмечена у линий 80/1 (-0,51), 70/2 (-0,56), Кл7407 (-0,58) и Кл7209 (-0,59).

Таким образом мы видим, что сильнее всего влажность зерна среднеранних линий кукурузы коррелирует с среднесуточной температурой и относительной влажностью воздуха. Корреляция с суммой выпавших осадков у влажности зерна большинства линий слабая. Интенсивность влагоотдачи зерна среднеранних линий слабее всего коррелирует с среднесуточной температурой воздуха. Корреляционная связь с относительной влажностью воздуха и суммой выпавших осадков сильнее, и усиливается в период 55–60-й день.

3.3.5 Зависимость влажности зерна среднеспелых линий кукурузы от погодных условий в предуборочный период

Группа среднеспелых линий является самой многочисленной, к ней принадлежит 21 исследуемая линия. Влияние погодных условий на влажность зерна среднеспелых линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа (таблица 31).

Таблица 31 – Корреляция влажности зерна среднеспелых линий кукурузы и погодных условий

Название линии /погодный фактор	Период		
	50-й день (I период)	55-й день (II период)	60-й день (III период)
1	2	3	4
Среднесуточная температура воздуха			
Кл7427	0,09	0,26*	0,16*
Кл7401	0,14*	-0,48*	-0,11*
Кл7435	-0,60*	-0,51*	-0,46*
Кл7408	-0,57*	-0,59*	-0,29*
80/2	-0,55*	0,26*	0,12*
69/1	-0,59*	-0,30*	0,13*
69/3	-0,60*	-0,53*	0,10
69/7	-0,28*	-0,39*	-0,50*
(Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1	0,13	0,10	-0,60*
(Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1	0,25*	-0,28*	-0,54*
79/2	-0,15*	-0,30*	0,27*
79/5	-0,46*	-0,43*	-0,27*
79/6	-0,24*	-0,30*	-0,57*
79/8	-0,58*	-0,41*	0,01
79/12	0,14*	-0,34*	-0,57*
7400/18	-0,42*	0,18*	-0,60*

Продолжение таблицы 31

1	2	3	4
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	0,16*	0,16*	0,26*
(Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1	0,21*	-0,20*	-0,29*
(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	0,03	0,05	-0,10
(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	-0,57*	0,27*	-0,11
7400/20	-0,51*	-0,28*	-0,58*
Относительная влажность воздуха			
Кл7427	0,14*	-0,22*	0,35*
Кл7401	-0,22*	0,56*	0,15*
Кл7435	0,38*	0,57*	-0,22*
Кл7408	0,46*	0,14*	-0,18
80/2	-0,26*	-0,24*	0,41*
69/1	0,12*	0,60*	0,47*
69/3	0,21*	0,56*	0,22*
69/7	0,60*	0,58*	-0,23*
(Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1	0,19*	-0,11	-0,17
(Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1	0,27*	0,35*	-0,27*
79/2	-0,22*	0,50*	0,19*
79/5	0,49*	0,58*	0,03
79/6	0,48*	0,51*	-0,23*
79/8	0,28*	0,49*	-0,29*
79/12	0,25*	0,24*	-0,22*
7400/18	-0,29*	0,41	0,37*
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	0,25*	-0,25*	0,29*
(Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1	-0,14	0,38*	-0,32*
(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	0,03	0,05	-0,10
(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	0,29*	-0,26*	-0,13
7400/20	0,54*	0,21*	0,15*
Сумма осадков			
Кл7427	0,03	0,19	0,24*
Кл7401	-0,26*	0,23*	-0,25*
Кл7435	0,50*	-0,08	-0,09
Кл7408	0,55*	-0,24*	-0,08
80/2	-0,22*	0,31*	0,58*

Продолжение таблицы 31

1	2	3	4
69/1	0,31*	-0,26*	0,20*
69/3	0,42*	-0,25*	-0,32*
69/7	0,55*	-0,40*	-0,09
(Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1	0,13	-0,08	-0,19*
(Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1	0,17	0,23*	-0,20*
79/2	-0,28*	-0,28*	0,57*
79/5	0,59*	-0,42*	-0,35*
79/6	0,29*	0,37*	0,35
79/8	0,25*	-0,26*	0,12
79/12	0,59*	0,27*	-0,17*
7400/18	0,47*	0,21*	-0,03
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	-0,04	0,40*	0,60*
(Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1	0,60*	0,26	-0,27*
(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	0,03	0,05	-0,10
(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	0,34*	0,48*	-0,01
7400/20	0,56*	-0,29*	-0,17*
Сумма осадков, выпавших за весь период			
Кл7427	–	–	-0,26*
Кл7401	–	–	-0,10
Кл7435	–	–	-0,28*
Кл7408	–	–	-0,26*
80/2	–	–	0,54*
69/1	–	–	0,20*
69/3	–	–	-0,20*
69/7	–	–	-0,26*
(Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1	–	–	-0,33*
(Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1	–	–	-0,16
79/2	–	–	0,53*
79/5	–	–	-0,23*
79/6	–	–	-0,02
79/8	–	–	-0,04
79/12	–	–	-0,14*
7400/18	–	–	0,10
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	–	–	0,58*

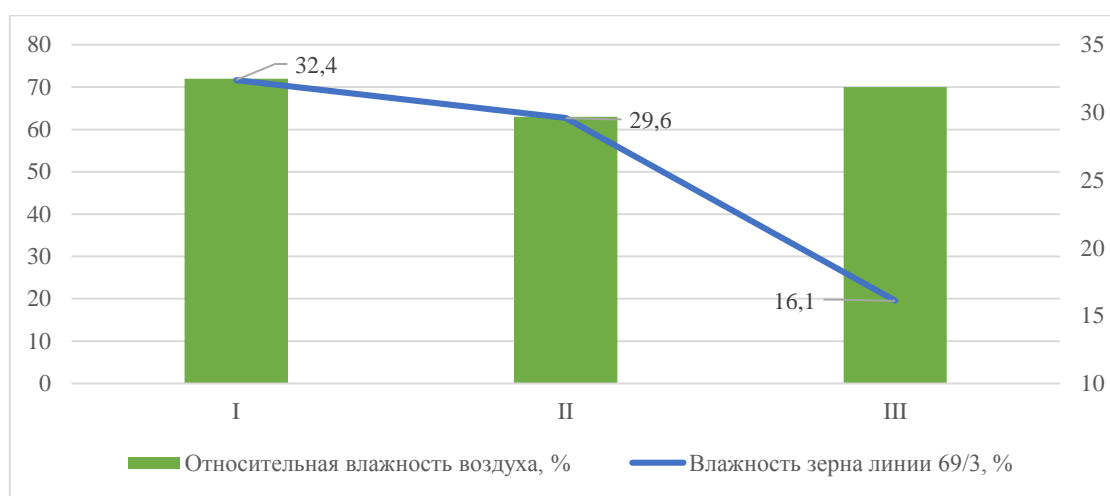
Продолжение таблицы 31

1	2	3	4
(Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1	–	–	–0,22*
(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	–	–	–0,10
(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	–	–	–0,17*
7400/20	–	–	0,01

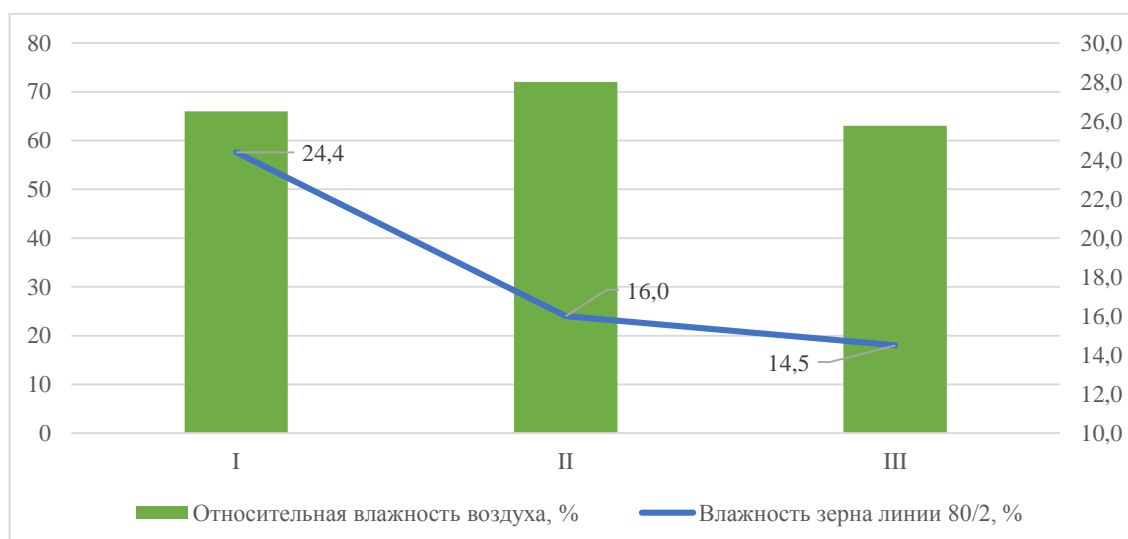
По данным, представленным в таблице 31, можно сказать, что корреляция влажности зерна среднеспелых линий с среднесуточной температурой воздуха в I период является заметной у восьми линий: 7400/20 (–0,51), 80/2 (–0,55), Кл 7408 (–0,57), (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1 (–0,57), 79/8 (–0,58), 69/1 (–0,59), Кл 7435 (–0,60) и 69/3 (–0,60). Во II период влияние этого погодного фактора ослабевает, и заметная корреляция наблюдается лишь у трех линий: Кл7435 (–0,51), 69/3 (–0,53) и Кл7408 (–0,59). В III период заметная корреляция наблюдается у семи линий: 69/7 (–0,50), (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1 (–0,54), 79/6 (–0,57), 79/12 (–0,57), 7400/20 (–0,58), (Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1 (–0,60) и 7400/18 (–0,60). Корреляция между влажностью зерна и относительной влажностью воздуха в I период преимущественно слабая. Заметная корреляция отмечена у линий 7400/20 (0,57) и 69/7 (0,60). Во II период влияние относительной влажности воздуха на влажность зерна возрастает, заметная корреляция наблюдается у восьми линий: 79/2 (0,50), 79/6 (0,51), Кл7401 (0,56), 69/3 (0,56), Кл7435 (0,57), 69/7 (0,58), 79/5 (0,58) и 69/1 (0,60). В III периоде отмечена слабая и умеренная корреляция относительной влажности воздуха и влажности зерна у всех среднеспелых линий кукурузы. Влияние суммы выпавших осадков на влажность зерна ярче всего выражена в I период, заметная корреляция отмечена у семи линий: Кл7435 (0,50), Кл7408 (0,55), 69/7 (0,55), 7400/20 (0,56), 79/5 (0,59), 79/12 (0,59) и (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1 (0,60). Во II периоде отмечена слабая и умеренная корреляция влажности зерна и относительной влажности воздуха. В III периоде между этими показателями отмечена преимущественно слабая корреляция, заметная корреляция выявлена у трех линий: 79/2 (0,57), 80/2 (0,58) и (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 (0,60). Корреляция влажности зерна и суммы осадков, выпавших за весь предуборочный период, преимущественно слабая, заметная

корреляция отмечена у трех линий: 79/2 (0,53), 80/2 (0,54) и (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 (0,58).

Таким образом, мы видим, что влажность зерна среднеспелых линий кукурузы в I период наиболее чувствительна к среднесуточной температуре воздуха и выпадающим осадкам, во II период – к среднесуточной температуре и относительной влажности воздуха, в III период – к среднесуточной температуре воздуха и сумме выпавших осадков. Наглядно изменение влажности зерна среднеспелых линий кукурузы и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период показано на рисунке 10 (а, б) на примере линий 69/3 и 80/2 в 2021 г.



а



б

Рисунок 10 – Изменение влажности зерна среднеспелых линий кукурузы 69/3 и 80/2 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, х. Александровский, 2021 г.

Влияние погодных условий на интенсивность влагоотдачи у среднеспелых линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа (таблица 32).

Таблица 32 – Корреляция интенсивности влагоотдачи среднеспелых линий кукурузы и погодных условиями

Название линии / погодный фактор	Период	
	Интенсивность влагоотдачи за период 50–55-й день	Интенсивность влагоотдачи за период 55–60-й день
1	2	3
Среднесуточная температура воздуха		
Кл7427	–0,13	–0,06
Кл7401	0,49*	–0,01
Кл7435	0,33*	–0,33*
Кл7408	0,40*	–0,25*
80/2	–0,24*	0,52*
69/1	–0,13	–0,18
69/3	0,33*	0,12*
69/7	–0,18*	0,52*
(Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1	–0,01	0,60*
(Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1	–0,01	–0,01
79/2	–0,17*	–0,24*
79/5	–0,16	–0,23*
79/6	0,42*	0,44*
79/8	0,58*	–0,18
79/12	0,34*	–0,19*
7400/18	–0,23*	–0,21*
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	–0,29*	–0,21*
(Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1	0,33*	–0,31*
(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	0,17	–0,02
(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	–0,02	–0,26*
7400/20	–0,30*	0,18*
Относительная влажность воздуха		
Кл7427	0,25*	–0,29*
Кл7401	–0,56*	–0,44*
Кл7435	–0,14	0,30*
Кл7408	0,28*	–0,30*

Продолжение таблицы 32

1	2	3
80/2	0,26*	0,22*
69/1	0,23*	-0,24*
69/3	-0,15	0,34*
69/7	-0,24*	0,10
(Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1	0,10	0,17*
(Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1	-0,60*	-0,55*
79/2	0,24*	0,25*
79/5	0,12*	-0,04
79/6	0,26	-0,14
79/8	-0,54*	0,44*
79/12	-0,23*	-0,57*
7400/18	-0,37*	0,15
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	0,33*	-0,44*
(Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1	-0,24*	-0,22
(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	0,27*	-0,58*
(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	0,08	-0,54*
7400/20	-0,60*	0,09
Сумма осадков		
Кл7427	-0,55*	0,03
Кл7401	-0,22*	-0,60*
Кл7435	-0,49*	-0,41*
Кл7408	0,18	-0,58*
80/2	-0,33*	0,02
69/1	-0,01	-0,54*
69/3	0,10	-0,40*
69/7	-0,32*	0,09
(Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1	-0,50*	0,19
(Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1	-0,50*	-0,53*
79/2	0,05	-0,24*
79/5	-0,21*	-0,18
79/6	0,34*	-0,22*
79/8	-0,12	-0,28*
79/12	-0,27*	-0,51*
7400/18	-0,16	0,12

Продолжение таблицы 32

1	2	3
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	-0,58*	-0,28*
(Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1	-0,28*	-0,31*
(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	0,33*	-0,58*
(Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1	-0,27*	-0,19*
7400/20	-0,30*	-0,11

По данным, представленным в таблице 32, можно сказать, что интенсивность влагоотдачи за период 50–55-й день слабо коррелирует с среднесуточной температурой воздуха, умеренная корреляция выявлена у линий 69/3 (0,33), (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1 (0,33), 79/2 (0,34), Кл7408 (0,40), 79/6 (0,42), Кл7401 (0,49), заметная корреляция отмечена у линии 79/8 (0,58). Умеренная корреляция с относительной влажностью воздуха отмечена у 7400/18 (-0,37), заметная – у линий Кл7401 (-0,56), (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1 (-0,60), 79/8 (-0,54) и 7400/20 (-0,60). Умеренная корреляция с суммой осадков отмечена у линий 69/7 (-0,32), 80/2 (-0,33) и Кл7435 (-0,49), заметная – у линий (Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1 (-0,50), (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1 (-0,50), Кл7427 (-0,55) и (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 (-0,58). Интенсивность влагоотдачи за период 55–60-й день слабо коррелирует с среднесуточной температурой воздуха у большинства линий, умеренная корреляция выявлена у 79/6 (0,44), заметная корреляция отмечена у 80/2 (0,52), 69/7 (0,52), (Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1 (0,60). Умеренная корреляция отмечена у линий Кл7401 (-0,44) и (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 (-0,44), заметная – у линий (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1 (0,54), (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1 (0,55), 79/12 (0,57), и (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1 (0,58). Корреляция интенсивности влагоотдачи с суммой выпавших осадков преимущественно слабая, умеренная корреляция выявлена у 69/3 (-0,40) и Кл7235 (-0,41), заметная – у линий 79/12 (-0,51), (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1 (-0,53), 69/1 (-0,54), Кл7408 (-0,58), (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1 (-0,58) и Кл7401 (0,60).

Таким образом, мы видим, что влажность зерна среднеспелых линий кукурузы сильнее всего коррелирует с среднесуточной температурой воздуха и суммой выпавших осадков. Интенсивность влагоотдачи сильнее всего коррелирует с относительной влажностью воздуха и суммой выпавших осадков.

3.3.6 Зависимость влажности зерна среднепоздних линий кукурузы от погодных условий в предуборочный период

Влияние погодных условий на влажность зерна среднепоздних линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа (таблица 33).

Таблица 33 – Корреляция влажности зерна среднепоздних линий кукурузы и погодных условий

Название линии / погодный фактор	Период		
	50-й день (I период)	55-й день (II период)	60-й день (III период)
Среднесуточная температура воздуха			
Кл7424	0,27*	-0,46*	-0,60*
Кл7437	0,23*	-0,27*	-0,32*
7400/15	0,03	-0,10*	-0,60*
Относительная влажность воздуха			
Кл7424	-0,04	0,59*	-0,05
Кл7437	0,32*	0,27*	0,23*
7400/15	0,33*	0,57*	-0,26*
Сумма осадков			
Кл 7424	-0,01	-0,24*	-0,04
Кл 7437	0,24*	0,32*	0,24*
7400/15	0,21*	0,01	-0,25*
Сумма осадков, выпавших за весь период			
Кл7424	–	–	-0,02
Кл7437	–	–	0,28*
7400/15	–	–	-0,26*

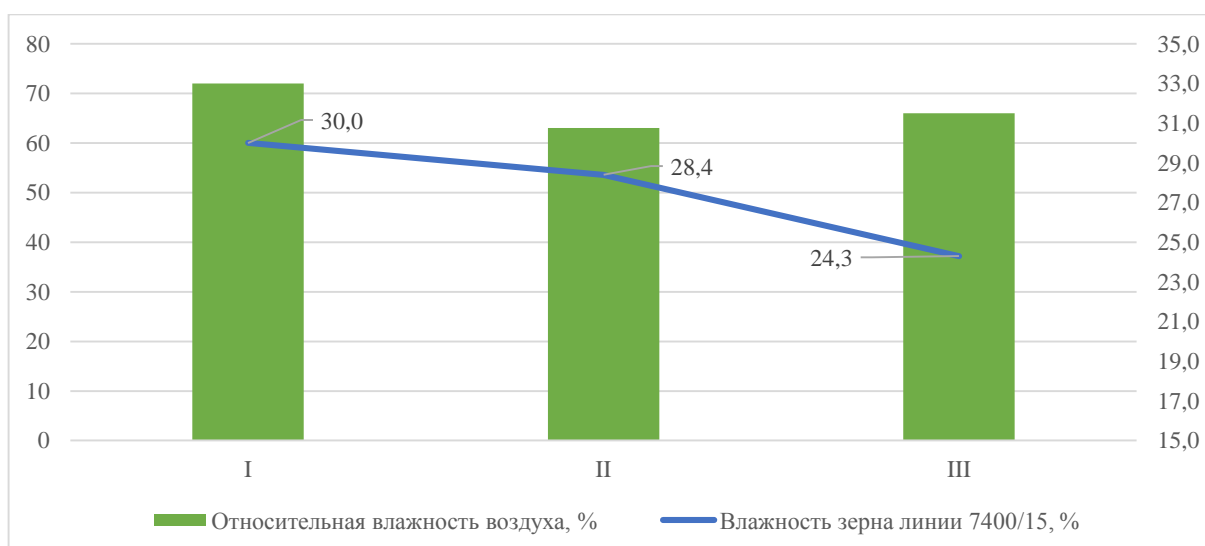
По данным, представленным в таблице 33, можно сказать, что влажность зерна среднепоздних линий кукурузы слабо коррелирует с среднесуточной температурой воздуха в I и II период, умеренная корреляция отмечена во II периоде у линии Кл7424 (-0,46), в III периоде отмечена заметная корреляция у линий Кл7424 (-0,60) и 7400/15 (-0,60). Умеренная корреляция с относительной влажностью воздуха выявлена в I периоде у линий Кл7437 (0,32) и 7400/15 (0,33), во II периоде заметная

корреляция отмечена у 7400/15 (0,57) и Кл7424 (0,59). Корреляция с суммой осадков преимущественно слабая, умеренная корреляция отмечена во II период у линии Кл 7437 (0,32).

Таким образом, мы видим, что влажность зерна среднепоздних линий кукурузы слабо коррелирует с погодными условиями. Наглядно изменение влажности зерна среднепоздних линий кукурузы и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период показано на рисунке 11 (а, б) на примере линий Кл7424 и 7400/15 в 2021 г.



а



б

Рисунок 11 – Изменение влажности зерна среднепоздних линий кукурузы Кл7424 и 7400/15 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, х. Александровский, 2021 г.

Влияние погодных условий на интенсивность влагоотдачи у среднепоздних линий кукурузы оценивалось с помощью корреляционного анализа (таблица 34).

Таблица 34 – Корреляция интенсивности влагоотдачи среднепоздних линий кукурузы и погодных условий

Название линии / погодный фактор	Период	
	Интенсивность влагоотдачи за период 50–55-й день	Интенсивность влагоотдачи за период 55–60-й день
Среднесуточная температура воздуха		
Кл7424	0,44*	0,36*
Кл7437	0,36*	0,42*
7400/15	0,40*	0,37*
Относительная влажность воздуха		
Кл7424	–0,60*	0,17*
Кл7437	0,27*	0,23*
7400/15	–0,43*	0,03
Сумма осадков		
Кл7424	0,33*	0,01
Кл7437	0,42*	0,17*
7400/15	0,27*	0,04

По данным, представленным в таблице 34, можно сказать, что интенсивность влагоотдачи слабо коррелирует с погодными условиями. Умеренная корреляция с среднесуточной температурой воздуха в период 50–55-й день отмечена у линий Кл7437 (0,36), 7400/15 (0,40), Кл7424 (0,44), а также с относительной влажностью воздуха у линии 7400/15 (–0,43). Заметная корреляция с относительной влажностью воздуха отмечена у линии Кл 7424 (–0,60). Слабая и умеренная корреляция с суммой осадков выявлена у линий 7400/15 (0,27), Кл7424 (0,33) и Кл7437 (0,42). В период 55–60-й день умеренная корреляция с среднесуточной температурой воздуха отмечена у линий Кл7424 (0,36), 7400/15 (0,37) и Кл7437 (0,42). С относительной влажностью воздуха и суммой выпавших осадков отмечена слабая корреляция. Таким образом мы видим, что влажность зерна и интенсивность влагоотдачи у среднепоздних линий кукурузы слабо зависят от погодных условий.

Анализ корреляционных связей между влажностью зерна линий кукурузы и погодными условиями показал, что:

– на влажность зерна раннеспелых линий оказывает влияние все регистрируемые нами погодные условия. Наиболее чувствительным среднесуточным температурам воздуха является III период. Относительная влажность воздуха и сумма выпавших осадков влияют на влажность зерна на протяжении I, II и III периодов;

– на влажность зерна среднеранних линий кукурузы оказывают влияние все регистрируемые нами погодные условия. Наиболее чувствительными к среднесуточной температуре воздуха являются II и III периоды, к относительной влажности воздуха – I и II периоды, к выпадающим осадкам – II период;

– на влажность зерна среднеспелых линий кукурузы оказывают влияние все регистрируемые нами погодные условия. Наиболее чувствительными к среднесуточной температуре воздуха являются I и III периоды, к относительной влажности воздуха – I и II периоды, к выпадающим осадкам – I и III периоды;

– на влажность зерна среднепоздних линий регистрируемые нами погодные условия влияют слабо. Наиболее чувствительным к среднесуточной температуре воздуха является III период, к относительной влажности воздуха – II период, выпадающие осадки влияют слабо.

3.4 Характеристика линий кукурузы, полученных в результате скрещивания с линией-донором

Для получения новых линий кукурузы, обладающих признаком низкой уборочной влажности и интенсивной влагоотдачей, были проведены скрещивания с линией – донором Кл7427. Чтобы выявить исходный материал, способный в комбинации с линией-донором передать новой линии этот признак, мы изучили каждую семью отдельно.

3.4.1 Изучение влажности зерна линий кукурузы, полученных из комбинации Кл7401+Кл7427

В 2020–2022 гг. изучалась уборочная влажность зерна линий Кл7427 и Кл7401. С их помощью путем инбридинга была получена линия (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1, влажность зерна которой также была изучена (таблица 35).

Таблица 35 – Влажность зерна линий Кл7427, Кл7401 и (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Название	Год	Осадки за период 45–50-й день*	Влажность зерна на 50-й день*, %	Осадки за период 50–55-й день*	Влажность зерна на 55-й день*, %	Осадки за период 55–60-й день*	Влажность зерна на 60-й день*, %	Потеря влаги в сутки, %
Кл7427	2020	–	20,0	Дождь	15,3	–	13,6	0,6
	2021	Дождь	20,7	–	14,3	Дождь	14,0	0,6
	2022	–	21,7	–	15,2	–	12,7	0,9
Среднее			20,7	–	14,9	–	13,5	0,7
Кл7401	2020	–	26,3	–	20,1	Дождь	21,6	0,5
	2021	Дождь	25,6	–	23,5	–	22,4	0,3
	2022	–	27,7	–	22,5	–	21,3	0,6
Среднее			26,5		22,0	–	21,8	0,5
(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	2020	–	19,2	Дождь	24,4	–	21,1	–**
	2021	Дождь	22,1	–	18,1	–	16,0	0,6
	2022		27,5	–	25,4	–	16,4	1,1
Среднее			22,9	–	22,6	–	17,8	0,5

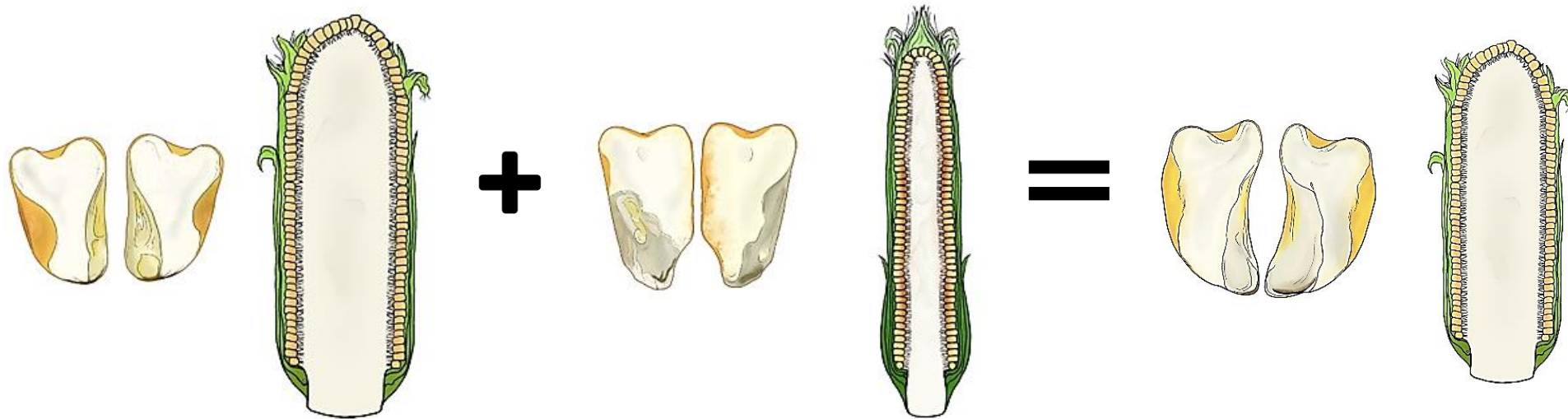
* (здесь и в последующих аналогичных таблицах) – количество дней после массового появления нитей завязи; ** – потерю влаги рассчитать не удалось.

У линии Кл7427 зубовидный тип зерна, мучнистый эндосперм и тонкий перикарпий, а также тонкий стержень початка, что позволяет зерну интенсивно и равномерно терять влагу. Листья обертки длинные и прикрывают початок полностью, что препятствует попаданию влаги атмосферных осадков на зерно, и вторичного увлажнения не происходит (рисунок 12). Так, влажность зерна линии Кл7427 в условиях засушливого 2020 г. равномерно снижалась, несмотря на осадки в предуборочный период. Исследования, проводимые в 2021 г., показали, что в условиях влажного предуборочного периода зерно линии Кл7427 не подвергается вторичному увлажнению, и уборочная влажность составляет до 14,3 %. В условиях 2022 г. линия Кл7427 на 50-й день имела влажность зерна 21,7 %, но затем интенсивно теряла 0,9 % влаги в сутки и имела уборочную влажность зерна 12,7 %. Данные, полученные за годы исследований, показывают, что линия Кл7427 имеет высокую влажность на 50-й день после снятия изоляторов (20,7 %), затем интенсивно теряет

влажность, и к моменту уборки данный показатель составляет 13,5 %. Таким образом, линия Кл7427 имеет низкую уборочную влажность, интенсивную влагоотдачу, способна легко терять избыточную влагу, полученную от атмосферных осадков благодаря особенностям строения зерновки и початка.

У линии Кл7401 толстый стержень початка, зубовидно – кремнистый тип зерна, что, вероятно, является причиной медленного снижения влажности зерна в предуборочный период (см. рисунок 12). Во влажных условиях 2021 г. интенсивность влагоотдачи составила 0,3 % в сутки. Листья обертки короткие, не прикрывающие верхнюю часть початка, из-за чего происходит небольшое вторичное увлажнение зерна. В условиях 2020 г. на 55-й день после массового появления нитей завязи влажность зерна составила 20,1 %, на 60-й день влажность зерна составила 21,6 %, так как перед проведением измерений выпали осадки. В условиях 2022 г., когда на протяжении периода измерений осадков не наблюдалось, влажность зерна линии Кл7401 снизилась с 27,7 до 21,3 % за десять дней, интенсивность влагоотдачи составила 0,6 % в сутки. Линия Кл7401 имеет стабильно высокую уборочную влажность зерна независимо от гидротермического режима в предуборочный период.

Линия (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 получена из комбинации Кл7401+Кл7427. Новая линия имеет зубовидно-кремнистый тип зерна, однако роговидный слой выражен не так ярко, как у родительской линии Кл7401. Перикарпий тонкий и большая часть зерновки заполнена мучнистым эндоспермом, как у Кл7427, а также обертки початка короткие, и не прикрывают верхнюю его часть (см. рисунок 12). Поэтому зерно этой линии подвергается вторичному увлажнению, вследствие высокой гигроскопичности. Так, в 2020 г. на 50-й день после массового появления нитей завязи зерно линии (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 имело влажность 19,2 %, далее выпали осадки, и на 55-й и 60-й день влажность зерна составила 24,4 и 21,1 % соответственно.



♀ Кл7401

♂ Кл7427

(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1

Рисунок 12 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7427, Кл7401, (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1

После осадков, выпавшие в 2021 г. перед первым измерением влажности, интенсивность влагоотдачи замедлилась и составила 0,6 % в сутки. В 2022 г., когда на протяжении периода проведения измерений осадков не наблюдалось, влажность зерна этой линии снизилась с 27,5 до 16,4 % за десять дней, потеря влаги в сутки составила 1,1 %. Таким образом, полученная линия имеет уборочную влажность выше, чем у родительской линии Кл7427, и ниже, чем у Кл7401, равную 17,8 % (в среднем за три года). Результаты исследований показывают, что данная линия склонна к вторичному увлажнению зерна в условиях влажного предуборочного периода, а в год с оптимальными погодными условиями имеет высокую интенсивность потери влаги (рисунок 13).

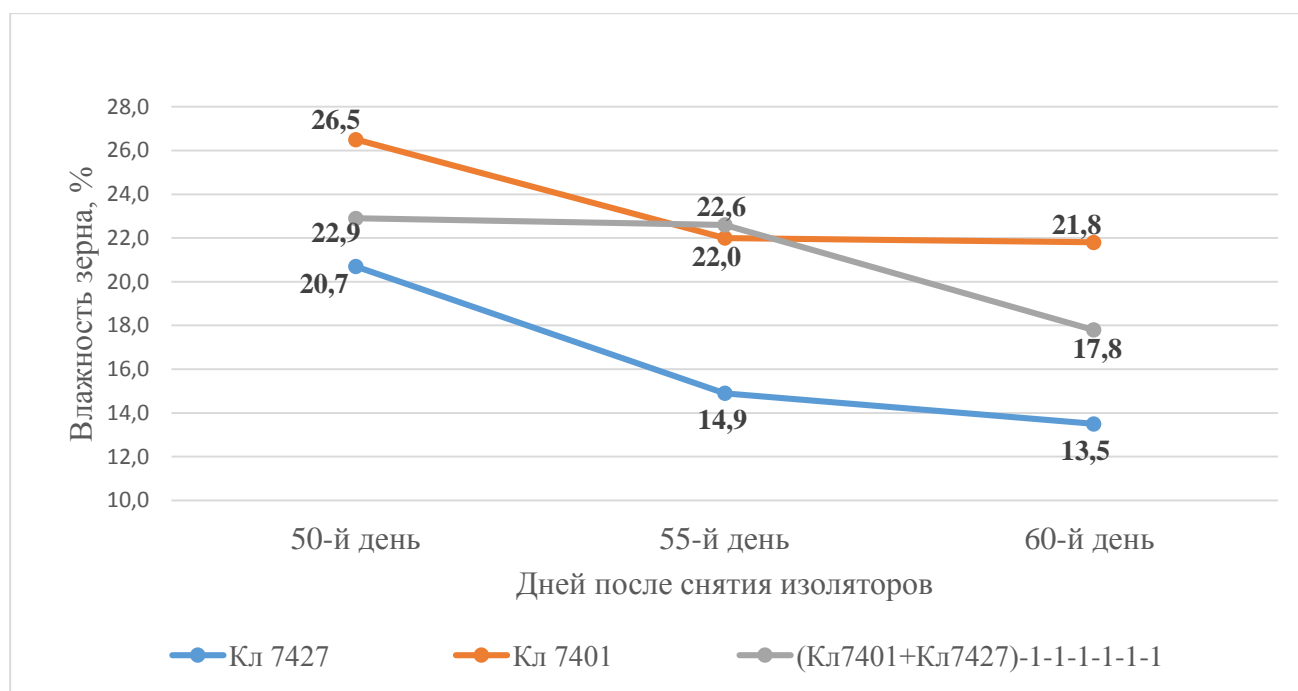


Рисунок 13 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7427, Кл7401 и (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1, 2020–2022 гг.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 36). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.

Таблица 36 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы Кл7427, Кл7401 и (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	Кл7427	$y = 168,85e^{-0,043x}$
2	Кл7401	$y = 68,294e^{-0,02x}$
3	(Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1	$y = 83,799e^{-0,025x}$

Результаты трехлетних исследований показывают, что:

- линия Кл7427 имеет низкую уборочную влажность независимо от погодных условий в предуборочный период (13,5 %);
- линия Кл7401 имеет высокую уборочную влажность зерна (21,8 %);
- в данном случае при скрещивании линии с низкой и линии с высокой уборочной влажностью передать полезный признак не удалось, наблюдается промежуточный тип наследования: уборочная влажность новой линии (Кл7401+Кл7427)-1-1-1-1-1-1 имеет среднюю величину между родительскими, и составляет 17,8 %.

3.4.2 Изучение влажности зерна линий кукурузы, полученных из комбинации Кл7427+Кл7435

В годы проведения исследований изучалась влагоотдача линий Кл7427 и Кл7435, и линий, полученных путем инбридинга на их основе: (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1 (таблица 37).

Стержень початка у линии Кл7435 тонкий, листья обертки короткие, зерно зубовидно-кремнистое, что позволяет интенсивно терять влагу в предуборочный период, когда нет осадков (рисунок 14). Так, в 2020 г. уборочная влажность зерна линии Кл7435 составила 11,1 %, интенсивность влагоотдачи составила 1,2 % в сутки. В условиях влажного предуборочного периода 2021 г. зерно подвергалось вторичному увлажнению: на 50-й день после массового появления нитей завязи влажность зерна составила 28,1 %, далее, теряя 1,0 % влаги в сутки, в конечную

дату проведения измерений, показатель влажности зерна составил 18,4 %. В 2022 г. осадки замедлили темпы влагоотдачи: во вторую дату проведения измерений, влажность зерна составила 14,7 %, далее, после выпадения осадков, влажность зерна осталась на прежнем уровне.

Таблица 37 – Влажность линий Кл7435, (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Название	Год	Осадк и за период 45–50-й день	Влаж- ность зерна на 50-й день, %	Осадки за пе- риод 50-55-й день	Влаж- ность зерна на 55-й день, %	Осадки за пе- риод 55–60-й день	Влаж- ность зерна на 60-й день, %	Потеря влаги в сутки, %
Кл7435	2020	–	22,9	–	11,1	–	11,1	1,2
	2021	Дождь	28,1	–	19,5	–	18,4	1,0
	2022	–	20,4	–	14,7	Дождь	14,9	0,6
Среднее			23,8		15,1	–	14,8	0,9
(Кл7427+ Кл7435)-2- 2-1-1-1-1	2020	-	22,2	-	15,6	-	14,3	0,8
	2021	–	22,3	–	18,6	–	14,5	0,8
	2022	–	29,1	–	18,1	–	16,2	1,3
Среднее			24,5	–	17,4	–	15,0	1,0
(Кл7427+ Кл7435)-1- 4-1-1-1-1	2020	–	24,3	–	17,6	–	14,1	1,1
	2021	Дождь	26,4	–	17,1	–	13,6	1,3
	2022	–	24,3	–	18,2	–	14,8	1,0
Среднее			25,4	–	17,7	–	14,2	1,1
(Кл7427+ Кл7435)-2- 1-1-2-1-1	2020	–	31,9	–	25,7	–	19,2	1,3
	2021	Дождь	32,3	–	22,9	–	17,8	1,5
	2022	–	31,6	–	28,7	–	20,8	1,1
Среднее			32,0		25,8	–	19,3	1,3

Данные трехлетних исследований показывают, что, вследствие морфологических особенностей зерновки и початка, зерно линии Кл7435 обладает высокой гигроскопичностью. У данной линии высокая интенсивность потери влаги в сутки, в среднем за три года 0,9 %, средняя уборочная влажность зерна 14,8 %.

У линии (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1 толстый стержень початка и короткие листья обертки. Зерно зубовидное, основная часть эндосперма крахмалистая, как у родительской линии Кл7427 (см. рисунок 14). На 50-й день после массового появления нитей завязи влажность зерна в разные годы составляет от 22,2 до 29,1 %, на 55-й день снижается до 15,6–18,6 %, и в конечную дату проведения измерений составляет 14,3–16,2 %. За счет тонкого перикарпия, мучнистого эндосперма и коротких листьев обертки интенсивность влагоотдачи высокая – от 0,8 до 1,3 % в сутки. Средняя уборочная влажность зерна за три года проведения исследований больше, чем у родительских линий, и составляет 15,0 %.

Линия (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1 тонкий стержень початка, длинные листья обертки как у родительской линии Кл7427 и зубовидно-кремнистое зерно, с ярко выраженным роговидным эндоспермом (см. рисунок 14). Эти свойства початка и эндосперма позволяют влажности зерна равномерно снижаться в предуборочный период, а также нивелируют влияние осадков на интенсивность влагоотдачи. Данная линия имеет высокую влажность зерна на 50-й день после массового появления нитей завязи, в среднем за три года она составляет 25,4 %, далее снижается до 17,7 %, и в конечную дату проведения измерений составляет 14,2 %, интенсивность влагоотдачи в среднем составляет 1,1 % в сутки.

У линии Линия (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1 толстый стержень початка и длинные листья обертки. Тип зерна – зубовидно-кремнистый, с большой долей мучнистого эндосперма в зерновке, роговидный слой выражен слабо, как и у родительской линии Кл7435 (см. рисунок 14). Влажность зерна новой линии остается высокой вплоть до 60-го дня после массового появления нитей завязи. Она равномерно снижается с 32,0 до 19,3 %. Морфологические свойства зерновки позволяют интенсивно терять влагу – 1,3 % в сутки. Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий и новой линии, лучшей по признаку «уборочная влажность» представлены на рисунке 15.

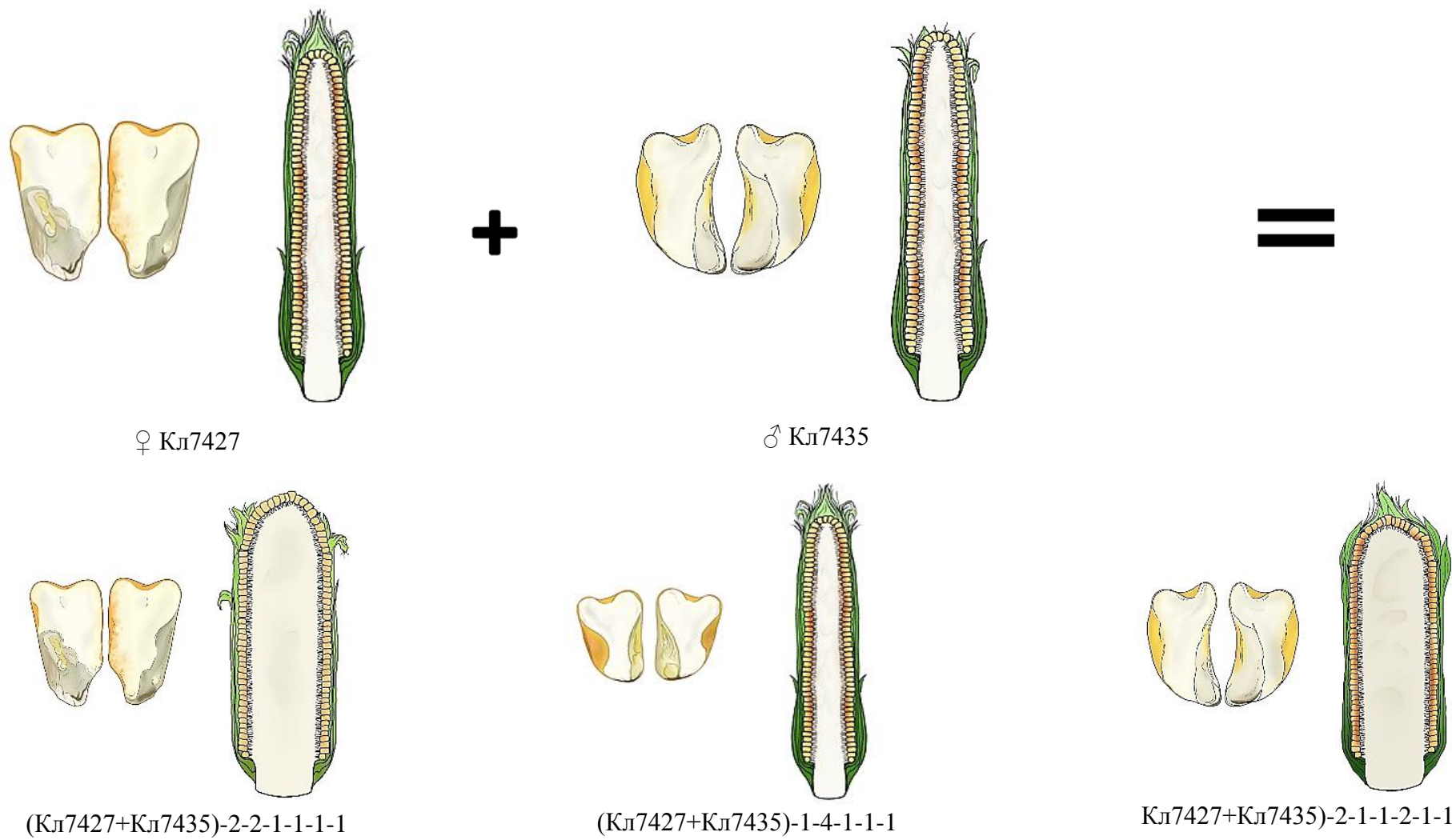


Рисунок 14 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7427, Кл7435, (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1, Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1

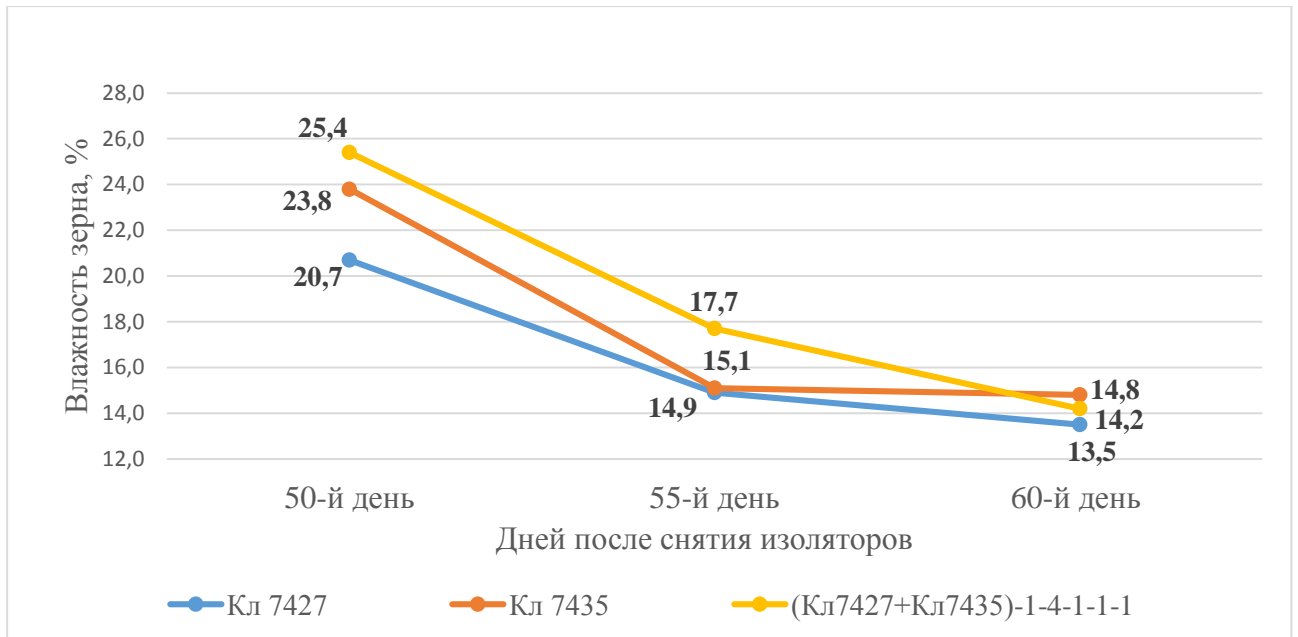


Рисунок 15 – Изменение влажности зерна линий кукурузы КЛ 7427, КЛ 7435, (КЛ7427+КЛ7435)-1-4-1-1-1-1, 2020–2022 гг.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 38). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.

Таблица 38 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы КЛ7435, (КЛ7427+КЛ7435)-2-2-1-1-1-1, (КЛ7427+КЛ7435)-1-4-1-1-1-1, (КЛ7427+КЛ7435)-2-1-1-2-1, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	КЛ7435	$y = 238,05e^{-0,048x}$
2	(КЛ7427+КЛ7435)-2-2-1-1-1-1	$y = 275,75e^{-0,049x}$
3	(КЛ7427+КЛ7435)-1-4-1-1-1-1	$y = 454,32e^{-0,058x}$
4	КЛ7427+КЛ7435)-2-1-1-2-1-1	$y = 406,01e^{-0,051x}$

Результаты трехлетних исследований показывают, что:

– линия Кл7435 имеет уборочную влажность 14,8 %, интенсивность влагоотдачи зависит от погодных условий в предуборочный период;

– линии (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1 и (Кл7427+Кл7435)-2-1-1-2-1-1 имеют уборочную влажность выше, чем у обеих родительских линий (15,0 и 19,3 % соответственно);

– при использовании комбинации Кл7427+Кл7435 удалось передать полезный признак новой линии; линия (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1 имеет уборочную влажность 14,2 %.

3.4.3 Изучение влажности зерна линий кукурузы, полученных из комбинации Кл7421+Кл7427

В годы проведения исследований изучалась уборочная влажность зерна линий Кл7421, Кл7427 и автодиплоидных линий 80/1 и 80/2, полученных с помощью комбинации Кл7421+Кл7427 (таблица 39).

Таблица 39 – Влажность линий Кл7421, 80/1, 80/2 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Название	Год	Осадки за период 45–50-й день	Влажность зерна на 50-й день, %	Осадки за период 50–55-й день	Влажность зерна на 55-й день, %	Осадки за период 55-60-й день	Влажность зерна на 60-й день, %	Потеря влаги в сутки, %
Кл7421	2020	–	24,3	–	22,3	–	11,3	1,3
	2021	–	26,1	–	16,8	Дождь	15,0	1,1
	2022	–	23,3	–	20,4	Дождь	19,1	0,4
Среднее			24,6		19,2	–	15,1	0,9
80/1	2020	–	19,9	–	14,9	–	13,5	0,6
	2021	Дождь	17,6	–	14,7	–	13,5	0,4
	2022	–	22,3	–	17,7	–	13,4	0,9
Среднее			19,9	–	15,8	–	13,5	0,6
80/2	2020	–	29,1	–	25,7	–	18,4	1,1
	2021	Дождь	24,4	–	16,0	–	14,5	1,1
	2022	–	25,7	–	18,4	–	15,4	1,0
Среднее			25,1	–	20,0	–	16,1	1,1

Линия Кл7421 имеет тонкий стержень початка и короткие листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый, со слабовыраженным роговидным слоем эндосперма (рисунок 16). Эти свойства позволяют влажности зерна интенсивно снижаться в сухих и жарких условиях предуборочного периода. Так, в 2020 г. потеря влаги в сутки составила 1,3 %. Влажность зерна на 55-й день после снятия изоляторов составила 24,3 %, а на 60-й день 11,3 %. В последующие годы проведения исследований перед последним измерением влажности выпадали осадки. Данные, полученные в 2021 и 2022 гг. показывают, что влагоотдача зерна у линии Кл7421 может замедлиться из-за дождей. В 2021 г. уборочная влажность зерна составила 15,0 %, интенсивность потери влаги составила 1,1 % в сутки, в 2022 г. уборочная влажность составила 19,1 %, потеря влаги в сутки – 0,4 %.

С помощью комбинации Кл7421+Кл7427 получены две автодиплоидные линии 80/1 и 80/2. Здесь в комбинации участвуют линия с низкой и линия с высокой уборочной влажностью.

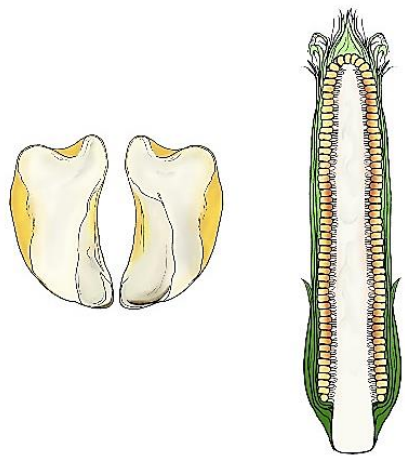
У новой линии 80/1 листья обертки длинные, что не позволяет атмосферным осадкам влиять на влажность зерна, а также тонкий стержень початка и зерно зубовидно-кремнистого типа, со слабовыраженным роговидным эндоспермом, что позволяет влажности зерна равномерно снижаться с течением времени (см. рисунок 16). На 50-й день после массового появления пестичных нитей влажность зерна составляет 19,9 %, на 55-й день – 15,8 %, на 60-й день – 13,5 %, интенсивность влагоотдачи 0,6 % в сутки (в среднем за три года исследований).

У новой линия 80/2 тонкий стержень початка и длинные листья обертки, тип зерна – зубовидное, с преимущественно мучнистым эндоспермом (см. рисунок 16). Благодаря длинным оберточным листьям початка, влажность зерна этой линии равномерно снижается, несмотря на осадки. Морфологические особенности зерновки способствуют интенсивной влагоотдаче, она составляет в среднем 1,1 % в сутки. На 50-й день после снятия изоляторов влажность зерна составляет 25,1 %, на 55-й день – 20,0 %, на 60-й день – 16,1 %.

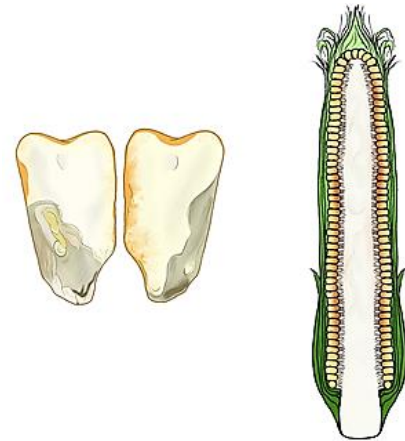


♀ Кл7421

♂ Кл7427



80/1



80/2

Рисунок 16 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7427, Кл7421, 80/1, 80/2

Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий и новой линии, лучшей по признаку «уборочная влажность» представлены на рисунке 17.

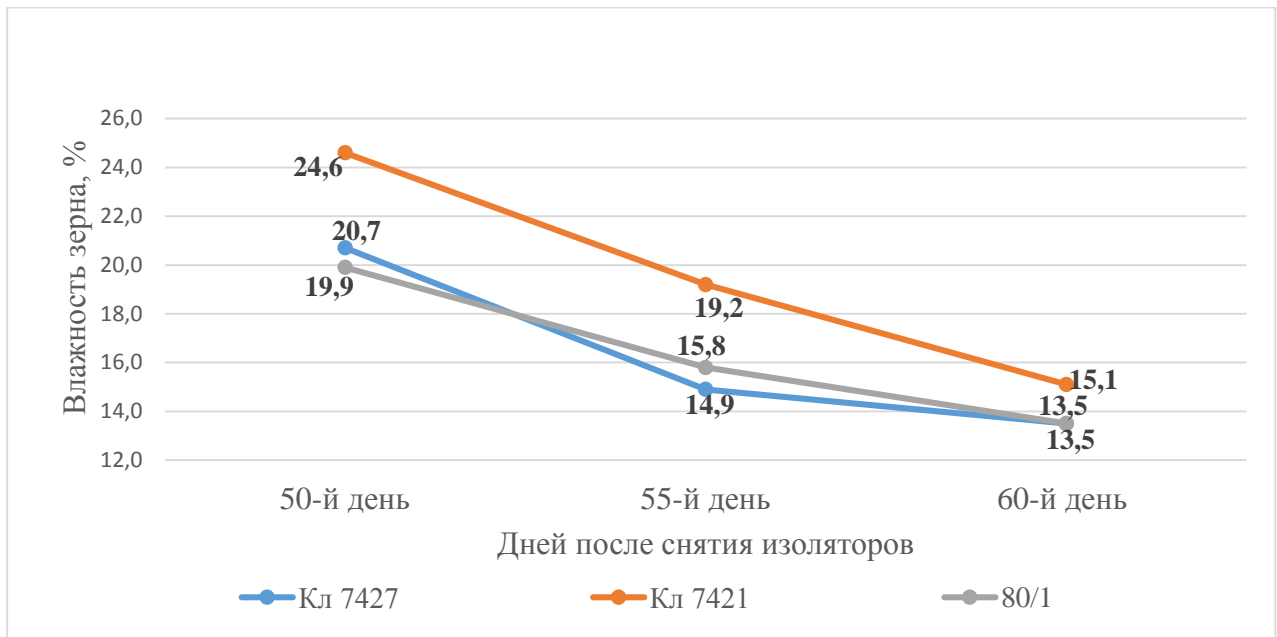


Рисунок 17 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7421, Кл7427, 80/1, 2020–2022 гг.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 40). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.

Таблица 40 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы Кл7421, 80/1 и 80/2, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	Кл7421	$y = 281,95e^{-0,049x}$
2	80/1	$y = 136,82e^{-0,039x}$
3	80/2	$y = 230,77e^{-0,044x}$

Результаты трехлетних исследований показывают, что:

– осадки, выпадающие в предуборочный период, оказывают влияние на интенсивность влагоотдачи зерна у линии Кл7421. В среднем за три года исследований уборочная влажность зерна составляет 15,1 %;

– используя комбинацию Кл7421 + Кл7427 возможно передать новой линии ценный признак «низкая уборочная влажность»; линия 80/1 имеет низкую уборочную влажность зерна, равную 13,5 %, как и у родительской линии Кл7427;

– линия 80/2 имеет высокую уборочную влажность зерна, равную 16,1 %. Осадки, выпадающие в предуборочный период, не оказывают влияния на интенсивность влагоотдачи зерна у линии 80/2.

3.4.4 Изучение влажности зерна линий кукурузы, полученных из комбинации Кл7408+Кл7427 и Кл7408+Кл7427+Кл7427

В годы проведения исследований изучалась влажность зерна линий Кл7408 и Кл7427, инбредных линий, полученных с их помощью: 7400/20, (Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1, (Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-1; а также изучались автодиплоидные линии 69/1, 69/3, 69/7, полученные с помощью беккросирования (Кл7408+Кл7427+Кл7427) (таблица 41).

Таблица 41 – Влажность зерна линий Кл7408, 7400/20, (Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1,

(Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-1, 69/1, 69/3, 69/7 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Название	Год	Осадки за период 45–50-й день	Влажность зерна на 50-й день, %	Осадки за период 50–55-й день	Влажность зерна на 55-й день, %	Осадк и за период 55–60-й день	Влажность зерна на 60-й день, %	Потеря влаги в супки, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кл 7408	2020	–	26,6	Дождь	14,4	–	14,4	1,2
	2021	Дождь	32,0	–	25,2	–	18,2	1,4
	2022	–	25,4	–	21,4	Дождь	16,3	0,9
Среднее			28,0		20,3	–	16,3	1,2
7400/20	2020	–	26,2	–	25,2	–	19,1	0,7
	2021	–	34,9	–	32,4	–	20,1	1,5
	2022	–	30,2	–	23,1	Дождь	20,3	1,0

Продолжение таблицы 41

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее			30,4	–	26,9	–	19,8	1,1
(Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1	2020	–	25,9	–	22,3	–	13,5	1,2
	2021	–	29,2	–	24,2	–	16,7	1,3
	2022	–	32,6	–	26,2	–	20,0	1,3
Среднее			29,3	–	24,3	–	16,8	1,3
(Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-5	2020	–	19,0	–	11,1	–	11,1	0,8
	2021	Дождь	21,7	–	16,4	–	14,0	0,7
	2022	–	23,8	–	17,5	–	13,6	1,0
Среднее			21,4		15,0	–	13,0	0,8
69/1	2020	–	29,8	Дождь	20,6	–	19,0	1,1
	2021	Дождь	33,6	–	24,6	–	19,1	1,5
	2022	–	23,9	–	19,0	–	14,7	0,9
Среднее			29,1	–	21,4	–	17,6	1,2
69/3	2020	–	27,0	Дождь	19,9	–	13,5	1,4
	2021	Дождь	32,4	–	29,6	–	16,1	0,9
	2022	–	22,4	–	19,9	–	12,9	1,0
Среднее			27,3		23,1	–	14,2	1,1
69/7	2020	–	29,2	Дождь	23,8	–	16,9	1,2
	2021	Дождь	33,9	–	30,2	–	25,9	0,8
	2022	–	31,2	–	23,5	–	22,5	0,9
Среднее			31,4	–	25,8	–	21,6	1,0

У линии Кл7408 тонкий стержень початка и длинные листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый с ярко выраженным роговидным эндоспермом (рисунок 18). Морфологические особенности зерновки и початка позволяют снизить влияние осадков на интенсивность влагоотдачи. Влажность зерна линии Кл7408 стабильно высокая во все годы проведения исследований. На 50-й день после массового появления нитей завязи она составляет 28,0 %, на 55-й день – 20,3 %, на 60-й день – 16,3 % (среднее за три года). Интенсивность влагоотдачи высокая, 1,1 % в сутки.

С помощью комбинации Кл7408+Кл7427 были получены следующие инбредные линии: 7400/20, (Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1, (Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-1, влажность которых также изучалась. Здесь в комбинации участвовали линия с низкой и высокой уборочной влажностью.

У новой линии 7400/20 толстый стержень початка и длинные листья обертки, что не позволяет осадкам снизить интенсивность влагоотдачи у зерна. В среднем за три года эта величина составляет 1,1 % в сутки. Высоким темпам влагоотдачи способствует также и зубовидный тип зерна, с преимущественно мучнистым эндоспермом, как у родительской линии Кл7427 (см. рисунок 18). Влажность зерна линии 7400/20 в предуборочный период стабильно высокая на протяжении трех лет проведения исследований. На 50-й день после снятия изоляторов она составляет 30,4 %, на 55-й – 26,9 %, на 60-й день – 19,8 % (среднее за три года).

У новой линии Линия (Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1 толстый стержень початка и короткие листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый с ярко выраженным роговидным эндоспермом по бокам зерновки (см. рисунок 18). Короткие листья обертки способствуют снижению влажности зерна в предуборочный период в сухих и жарких условиях. Так, в 2020 г. наблюдалась самая низкая влажность зерна у этой линии по сравнению с последующими годами исследования. Уборочная влажность в условиях засушливого предуборочного периода составила 13,5 %. В последующие годы влажность зерна изучаемой линии за 10 дней снижалась с 29,2 до 16,7 % (2021 г) и с 32,6 % до 20,0 % (2022 г.). Интенсивность влагоотдачи у линии (Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1 высокая и составляет 1,3 % в сутки.

Новая линия (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-5 имеет тонкий стержень початка и длинные листья обертки, как и у родительской линии Кл7427. Такой тип оберточных листьев позволяет снизить влияние осадков на интенсивность влагоотдачи. Тип зерна – зубовидно-кремнистый, роговидный эндосперм выражен слабо (см. рисунок 18). В сухих и жарких условиях 2020 г. влажность зерна на 50-й день после снятия изоляторов составила 19,0 %, и затем резко снизилась до 11,1 %. В условиях влажного предуборочного периода 2021 г. влажность зерна на 50-й день после массового появления нитей завязи составила 21,7 % и за десять последующих дней снизилась до 14,0 %. В 2022 г. в условиях оптимального по влагообеспеченности предуборочного периода влажность зерна снизилась с 23,8 до 13,6 %. Интенсивность влагоотдачи высокая, и, в зависимости от гидротермического режима года проведения исследований, колеблется от 0,7 до 1,0 % в сутки.

С помощью комбинации Кл7408+Кл7427+Кл7427, используя метод возвратных скрещиваний и гаплоидный метод, были получены автодиплоидные линии 69/1, 69/3, 69/7.

У новой линии 69/1 тонкий стержень початка, длинные листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый, с ярко выраженным роговидным эндоспермом по бокам зерновки, как и у родительской линии Кл7408 (см. рисунок 18). В 2020 г. влажность зерна в предуборочный период снижалась с 29,8 до 19,0 %, в 2021 г. – с 33,6 до 19,1 %, в 2022 г. – с 23,8 до 14,7 %. Интенсивность влагоотдачи высокая, независимо от выпадения осадков и составляет в среднем 1,2 % в сутки.

У новой линии 69/3 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, тип зерна – зубовидное, основная часть эндосперма мучнистая, роговидный эндосперм практически отсутствует (см. рисунок 18). Длина оберточных листьев и структура эндосперма способствовали в условиях сухого и жаркого предуборочного периода 2020 г. даже после выпадения осадков снижению влажности зерна до 13,5 % на 60-й день после снятия изоляторов. В условиях влажного предуборочного периода 2021 г. зерно линии 69/3 подвергалось вторичному увлажнению на протяжении всего периода проведения измерений.

На 50-й день после массового появления нитей завязи влажность зерна составила 32,4 %, на 55-й день – 29,6 %, на 60-й день – 16,1 %. В 2022 г. при отсутствии осадков в период проведения измерений влажность зерна линии 69/3 равномерно снижалась с 22,4 до 12,9 %. Интенсивность влагоотдачи высокая и составляет в среднем 1,1 % в сутки.

Новая линия 69/7 имеет толстый стержень початка, длинные листья обертки, зубовидно-кремнистое зерно с ярко выраженным роговидным слоем по бокам зерновки (см. рисунок 18). Благодаря этим признакам, выпадающие осадки не оказывают влияния на влажность зерна в предуборочный период. Интенсивность влагоотдачи составляет в среднем 1,0 % в сутки. Влажность зерна стабильно высокая на протяжении всего периода проведения измерений. На 50-й день после снятия изоляторов влажность зерна составляет 31,4 %, на 55-й – 25,8 %, на 60-й день – 21,6 % (в среднем за три года проведения исследований).

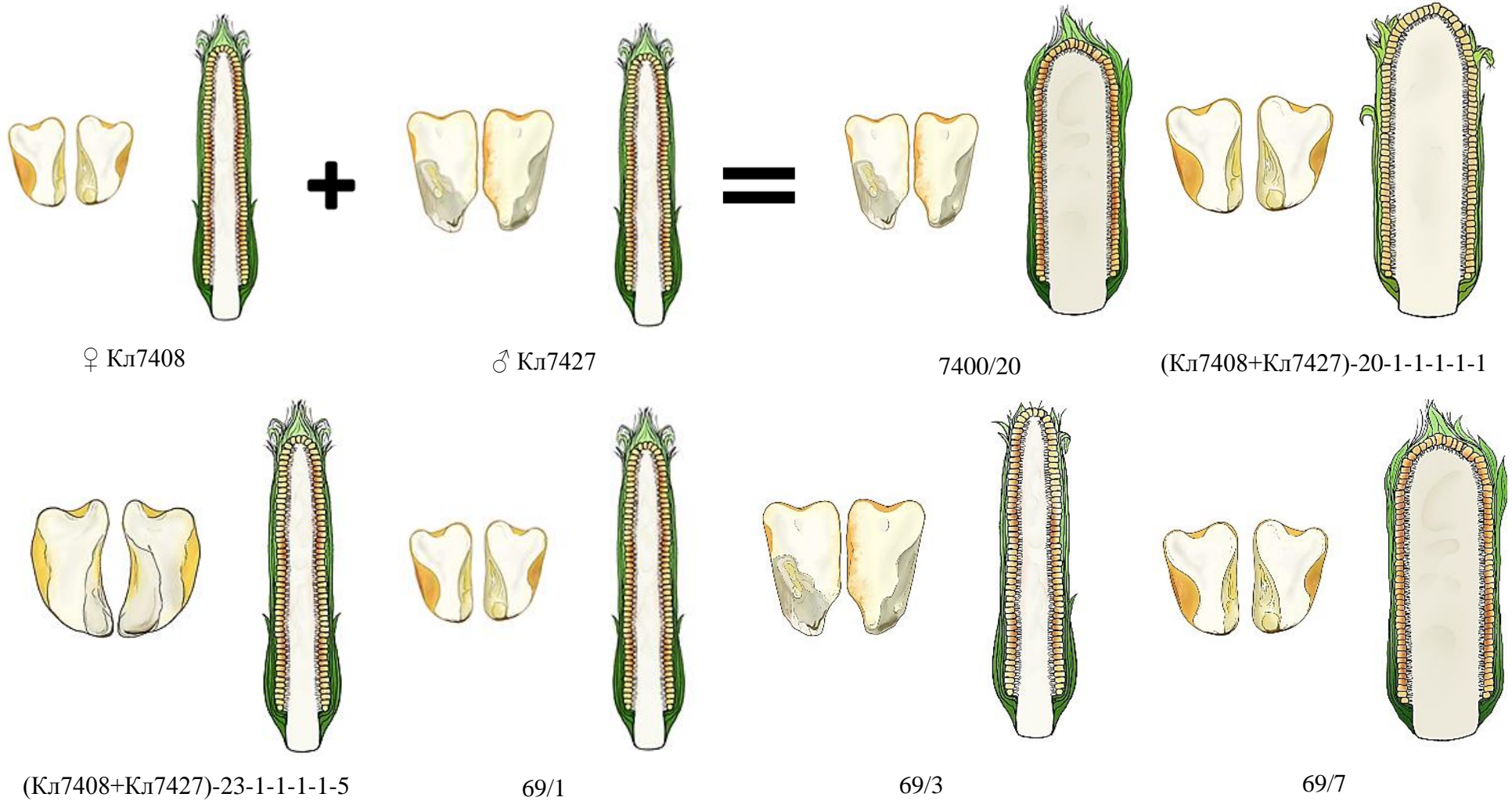


Рисунок 18 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7427, Кл7408, 7400/20, (Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1-1, (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-5, 69/1, 69/3, 69/7

Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий и новой линии, лучшей по признаку «уборочная влажность» представлены на рисунке 19.

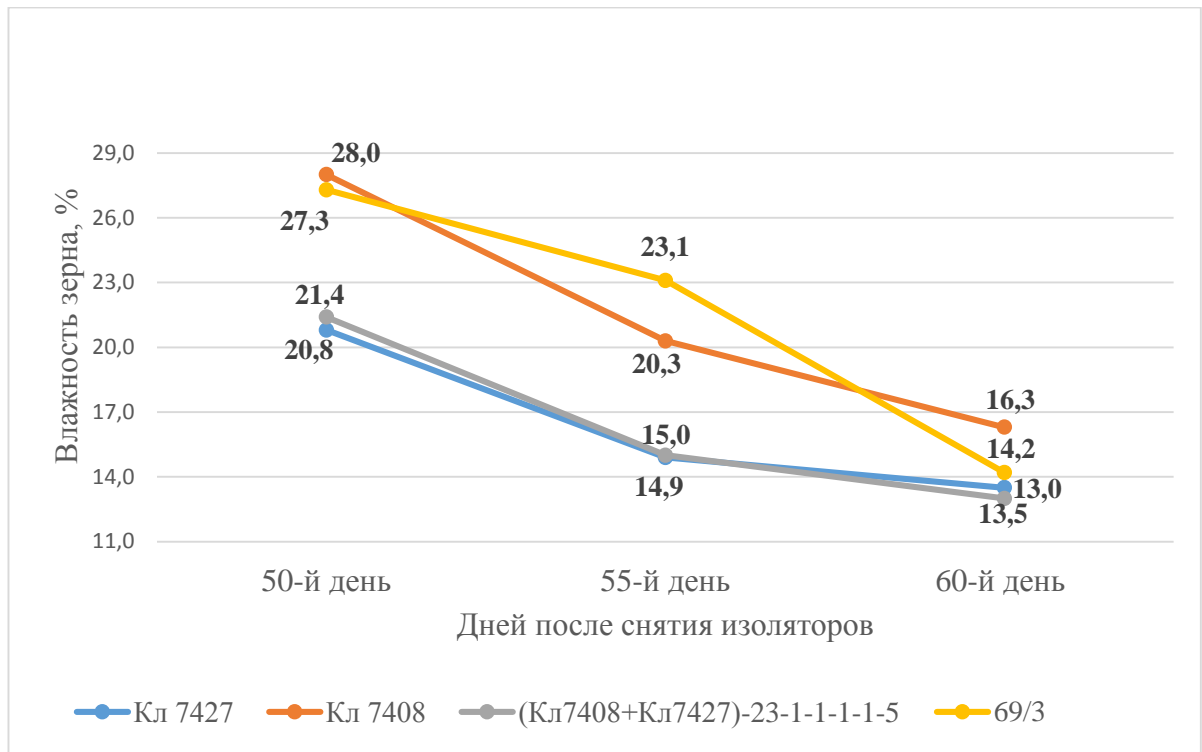


Рисунок 19 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7427, Кл7408, (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-1, 69/3, 2020–2022 гг.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 42). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.

Таблица 42 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы Кл7408, 7400/20, (Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1, (Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-1, 69/1, 69/3, 69/7, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	2	3
1	Кл7408	$y = 411,74e^{-0,054x}$
2	7400/20	$y = 267,45e^{-0,043x}$

Продолжение таблицы 42

1	2	3
3	(Кл7408+Кл727)-20-1-1-1-1-1	$y = 487,34e^{-0,056x}$
4	(Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-5	$y = 249,69e^{-0,05x}$
5	69/1	$y = 352,94e^{-0,05x}$
6	69/3	$y = 756,25e^{-0,065x}$
7	69/7	$y = 203,21e^{-0,037x}$

Результаты трехлетних исследований показывают, что:

- линии Кл7408, 7400/20, (Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1-1, 69/1, 69/7 имеют высокую уборочную влажность зерна (16,3, 19,8, 16,8, 17,6 и 21,6 % соответственно);
- линия (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-5 имеет низкую уборочную влажность (13,0 %) и не уступает родительской линии Кл7427 по скорости влагоотдачи (0,8 % в сутки), интенсивность влагоотдачи зерна у этой линии не зависит от осадков;
- линия 69/3 имеет влажность 14,2 %, она способна долгое время копить питательные вещества и резко терять влагу зерна в период с 55-го по 60-й день после цветения. Интенсивность влагоотдачи составляет 1,1% в сутки.
- используя комбинацию Кл7408+Кл7427 удалось получить две линии с низкой уборочной влажностью.

3.4.5 Изучение влажности зерна линий кукурузы, полученных из комбинации Кл7424+Кл7427

В годы проведения исследований изучалась влажность зерна линий Кл7424, Кл7427 и созданной с их помощью инбредной линии 7400/15 (таблица 43).

Таблица 43 – Влажность зерна линий Кл7424, 7400/15 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Назва- ние	Год	Осадки за пе- риод 45–50-й день	Влаж- ность зерна на 50-й день, %	Осадки за пе- риод 50– 55-й день	Влаж- ность зерна на 55-й день, %	Осадки за пе- риод 55–60-й день	Влаж- ность зерна на 60-й день, %	Потеря влаги в сутки, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кл 7424	2020	–	24,9	–	18,3	–	14,4	1,1
	2021	Дождь	23,1	–	22,7	–	15,1	0,8
	2022	–	24,4	–	17,3	–	15,4	0,9
Среднее			24,1		19,4	–	15,0	0,9
7400/15	2020	–	31,5	Дождь	25,1	–	17,3	1,4
	2021	Дождь	30,0	–	28,4	–	24,3	0,6
	2022	–	26,2	–	21,8		19,0	0,7
Среднее			29,2	–	25,1	–	20,2	0,9

У линии Кл7424 тонкий стержень початка, длинные листья обертки, зубовидно-кремнистый тип зерна с ярко выраженным роговидным слоем по бокам зерновки (рисунок 20). Влажность зерна в условиях засушливого предуборочного периода 2020 г. равномерно снижалась с 24,9 до 14,4 %. В условиях влажного 2021 г. влажность зерна на 50-й день после снятия изоляторов составила 23,1 % и в течение следующих десяти дней снизилась до 15,1 %. В 2022 г. влажность зерна в предуборочный период снизилась с 24,4 до 15,4 %. Интенсивность влагоотдачи составляет в среднем 0,9 % в сутки.

Новая линия 7400/15 имеет тонкий стержень початка и длинные листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый, как и у родительской линии Кл7424 (см. рисунок 20). Влажность зерна в предуборочный период равномерно снижается от 29,2 до 20,2 % (средние значения за три года). Уборочная влажность новой линии выше, чем у обеих родительских линий. Интенсивность влагоотдачи высокая и составляет в среднем 0,9 % в сутки.

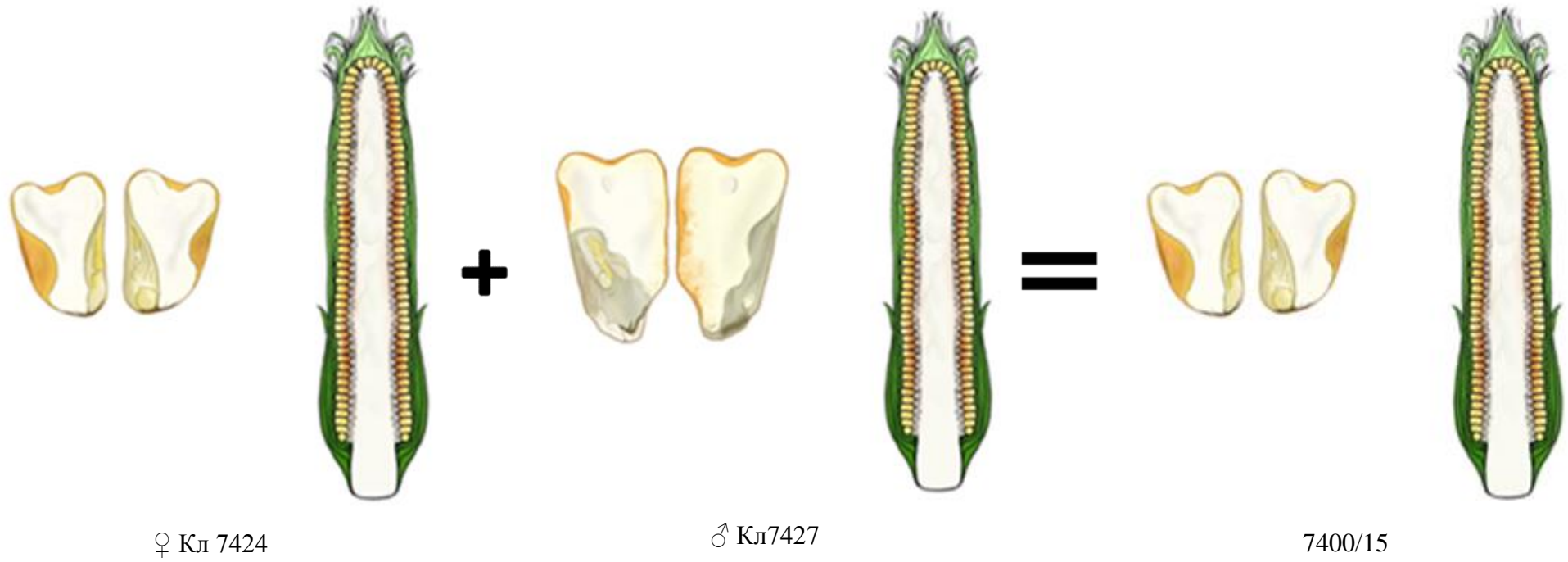


Рисунок 20 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7427, Кл7424, 7400/15

Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий и новой линии представлены на рисунке 21.

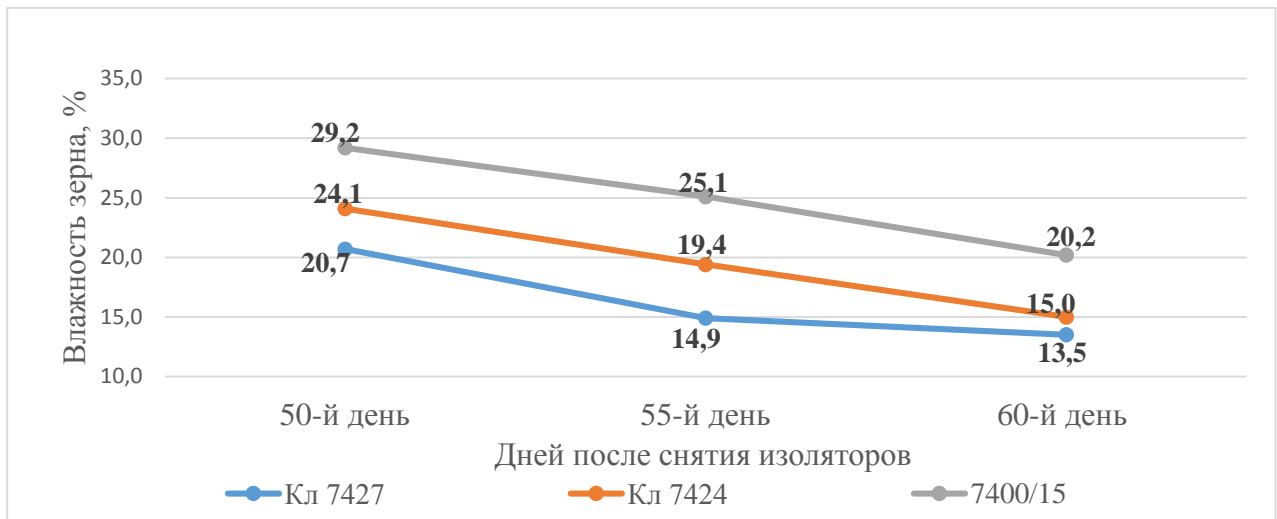


Рисунок 21 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7427, Кл7424, 7400/15, 2020–2022 гг.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 44). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.

Таблица 44 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы Кл7424, 7400/15, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	Кл7424	$y = 259,75e^{-0,047x}$
2	7400/15	$y = 186,34e^{-0,037x}$

Результаты трехлетних исследований показывают, что:

– линия Кл7424 имеет уборочную влажность 15,0 %, выпадающие осадки не оказывают влияния на интенсивность влагоотдачи;

– линия 7400/15 имеет стабильно высокую уборочную влажность зерна (20,2 %);

– в данном случае, используя комбинацию Кл7424+Кл7427 передать новой линии ценный признак не удалось.

3.4.6 Изучение влажности зерна линий кукурузы, полученных из комбинации Кл7407+Кл7427

В годы проведения исследований изучалась влажность зерна линий Кл7407, Кл7427 и полученных с их помощью 7400/18 (инбредная), 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12 (автодиплоидные), таблица 45.

Таблица 45 – Влажность зерна линий Кл7407, 7400/18, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Название	Год	Осадки за период 45–50-й день	Влажность зерна на 50-й день, %	Осадки за период 50–55-й день	Влажность зерна на 55-й день, %	Осадки за период 55–60-й день	Влажность зерна на 60-й день, %	Потеря влаги в сутки, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кл7407	2020	–	23,3	–	13,6	–	13,6	1,0
	2021	–	26,9	–	15,6	–	13,6	1,3
	2022	–	25,0	–	16,3	–	13,8	1,1
Среднее			25,1		15,2	–	13,7	1,1
7400/18	2020	–	22,2	–	15,8	–	12,3	1,0
	2021	–	17,0	Дождь	20,3	–	13,5	0,4
	2022	–	27,5	–	11,4	–	11,2	1,6
Среднее			22,3	–	15,9	–	12,4	1,0
79/2	2020	–	27,8	–	18,5	–	16,5	1,1
	2021	–	26,3	–	21,0	–	14,8	1,2
	2022	–	26,0	–	16,6	–	15,2	1,1
Среднее			26,7	–	18,7	–	15,5	1,1
79/5	2020	–	15,3	–	11,5	–	11,5	0,4
	2021	Дождь	27,3	–	20,9	–	13,9	1,3
	2022	–	15,6	–	12,4	–	11,6	0,4
Среднее			19,4		14,9	–	12,3	0,7
79/6	2020	–	21,5	Дождь	15,2	–	13,5	0,8
	2021	Дождь	22,8	Дождь	17,9	–	14,0	0,9
	2022	–	22,3	–	15,7	Дождь	14,0	0,8
Среднее			22,2	–	16,3	–	13,8	0,8

Продолжение таблицы 45

1	2	3	4	5	6	7	8	9
79/8	2020	–	25,8	–	19,8	–	17,8	0,8
	2021	Дождь	27,3	Дождь	25,7	–	17,0	1,0
	2022	–	22,6	–	18,3	–	18,3	0,4
Среднее			25,2		21,3	–	17,7	0,8
79/12	2020	–	19,3	–	12,4	–	12,4	0,7
	2021	–	19,4	Дождь	17,3	–	14,0	0,5
	2022	–	19,8	–	19,3	–	13,6	0,6
Среднее			19,5	–	16,3	–	13,3	0,6

У линии Кл7407 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистое, с ярко выраженным роговидным эндоспермом по бокам зерновки (рисунок 22). Такие морфологические особенности позволяют влажности зерна этой линии равномерно снижаться на протяжении предуборочного периода. В среднем за три года влажность зерна на 50-й день после массового появления нитей завязи составляет 25,1 %, к 55-му дню снижается до 15,2 % и на 60-й день равна 13,7 %. Потеря влаги зерном в сутки имеет высокие значения за счет коротких оберточных листьев, и равна 1,1 %.

С помощью комбинации Кл7407+Кл7427 были получены линии 7400/18 (инбредная), 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12 (автодиплоидные). Здесь в комбинации участвуют две линии с низкой уборочной влажностью.

У новой линии 7400/18 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, зерно зубовидное с преобладанием мучнистого эндосперма, роговидный эндосперм почти не выражен (см. рисунок 22). За счет морфологических особенностей зерновки и коротких оберточных листьев интенсивность влагоотдачи может составлять до 1,6 % в сутки. Так, в условиях сухого и жаркого (2020 г.) и оптимального (2022 г.) предуборочного периодов влажность зерна на 60-й день после снятия изоляторов снижалась до 12,3 и 11,2 % соответственно. Однако в условиях влажного предуборочного периода (2021 г.) зерно подвергается вторичному увлажнению и интенсивность влагоотдачи снижается до 0,4 % в сутки.

Новая линия 79/2 обладает следующими морфологическими особенностями початка и зерна: стержень початка толстый, листья обертки короткие, тип зерна зубовидно-кремнистый, роговидный слой выражен слабее, чем у родительской линии Кл7407 (см. рисунок 22). Короткие оберточные листья и большое количество мучнистого эндосперма в зерновке способствуют интенсивной влагоотдаче, которая составляет в среднем 1,1 % в сутки. Влажность зерна остается высокой на протяжении предуборочного периода. в среднем за три года проведения исследований, влажность зерна на 50-й день после снятия изоляторов составляет 26,7 %, на 55-й день – 18,7 %, и на 60-й день снижается до 15,5 %.

У новой линии 79/5 тонкий початок и короткие листья обертки, тип зерна зубовидный, большая часть эндосперма мучнистая, роговидный слой не выражен (см. рисунок 22). Это способствует тому, что в сухих и жарких (2020 г.) и оптимальных (2022 г.) условиях предуборочного периода, влажность зерна этой линии уже на 50-й день после массового появления нитей завязи имеет пониженные значения (ниже 16,0 %), и на 60-й день составляет 11,5 % (2020 г.) и 11,6 % (2022 г.). Однако большое количество мучнистого эндосперма в зерновке способствует также и высокой гигроскопичности, что вызвало вторичное увлажнение зерна после выпадения осадков (2021 г.). Благодаря высокой интенсивности влагоотдачи, влажность зерна на 60-й день после снятия изоляторов в 2021 г. составила 13,9 %. В среднем за три года уборочная влажность зерна линии 79/5 составила 12,3 %, что ниже, чем у обеих родительских линий.

Новая линия 79/6 имеет тонкий стержень початка и длинные листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый, с ярко выраженным роговидным эндоспермом по бокам зерновки (см. рисунок 22). Длинные оберточные листья препятствуют попаданию атмосферной влаги на зерно, тем самым предотвращая его вторичное увлажнение. Влажность зерна линии 79/6 равномерно снижается в течение предуборочного периода. Данные, полученные за три года проведения измерений показывают, что на 50-й день после массового появления нитей завязи влажность зерна составляет 22,2 %, на 55-й день снижается до 16,3 % и на 60-й день равна 13,8 %. Интенсивность влагоотдачи составляет 0,8 % в сутки.

У новой линии 79/8 толстый стержень початка и короткие листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый, роговидный эндосперм выражен слабее, чем у родительской линии Кл7407 (см. рисунок 22). Открытая верхняя часть початка и большое количество мучнистого эндосперма в зерне способствуют вторичному увлажнению зерна (2021 г.). Однако в сухих и жарких (2020 г.) и оптимальных (2022 г.) условиях предуборочного периода, влажность зерна линии 79/8 также высокая. На 50-й день после снятия изоляторов этот показатель равен 25,2 %, на 55-й день – 21,3 %, на 60-й день – 17,7 %. Интенсивность влагоотдачи составляет 0,8 % в сутки.

Новая линия 79/12 имеет тонкий стержень початка и длинные листья обертки, зубовидный тип зерна, большая часть эндосперма мучнистая, перикарпий тонкий, как и у родительской линии Кл7427 (см. рисунок 22). Эти морфологические особенности позволяют влажности зерна линии 79/12 равномерно снижаться на протяжении предуборочного периода. В среднем за три года проведения исследований влажность зерна снижается следующим образом: на 50-й день после массового появления нитей завязи этот показатель равен 19,5 %, далее, на 55-й день – 16,3 %, и на 60-й день снижается до 13,3 %. Интенсивность влагоотдачи составляет 0,6 % в сутки.

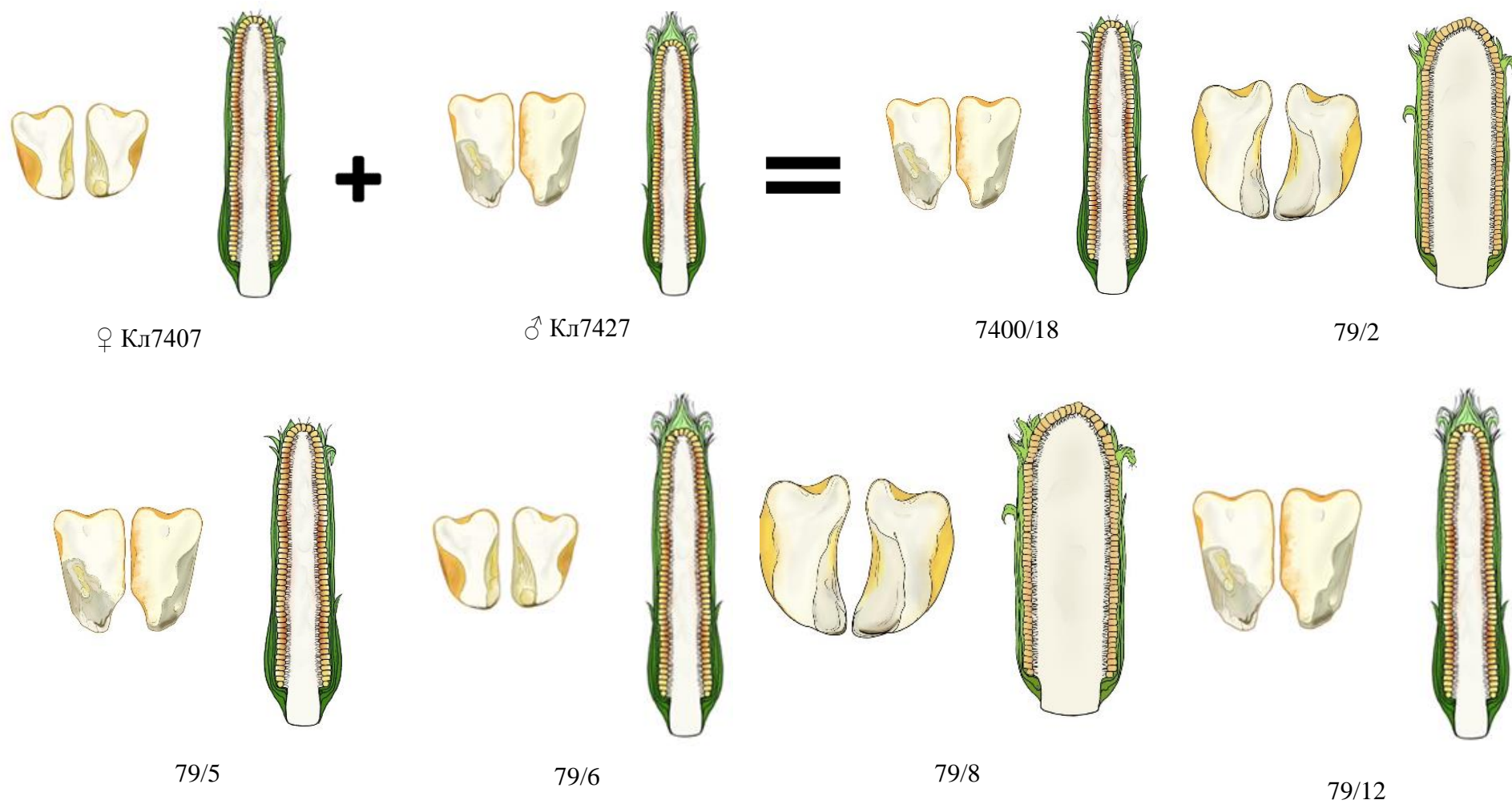


Рисунок 22 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7427, Кл7407, 7400/18, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12

Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий и новой линии представлены на рисунке 23.

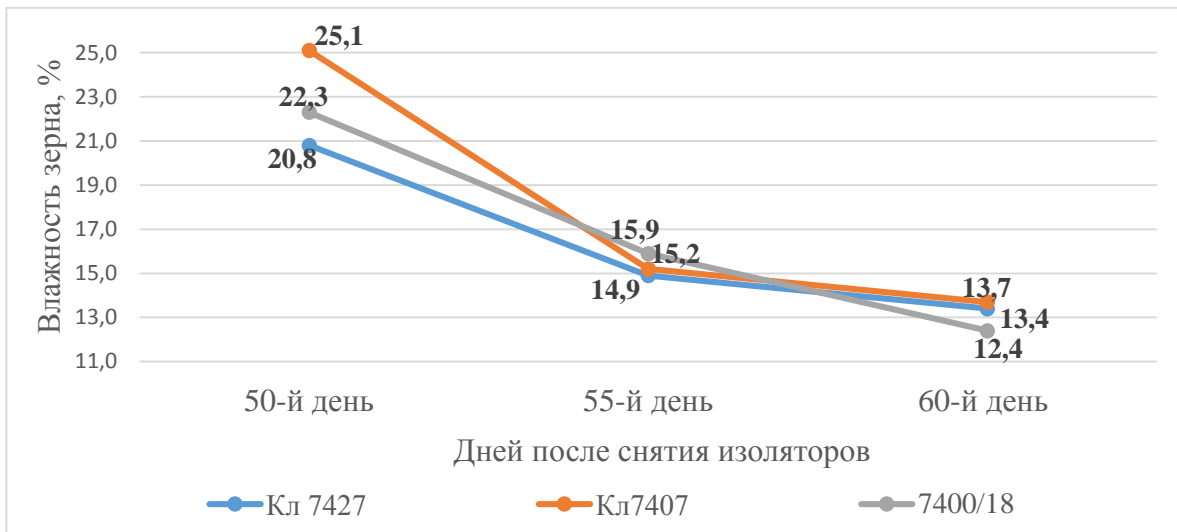


Рисунок 23 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7407, Кл7427, 7400/18, 2020–2022 гг.

Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий и новых линий, лучших по признаку «уборочная влажность зерна» представлены на рисунке 24.

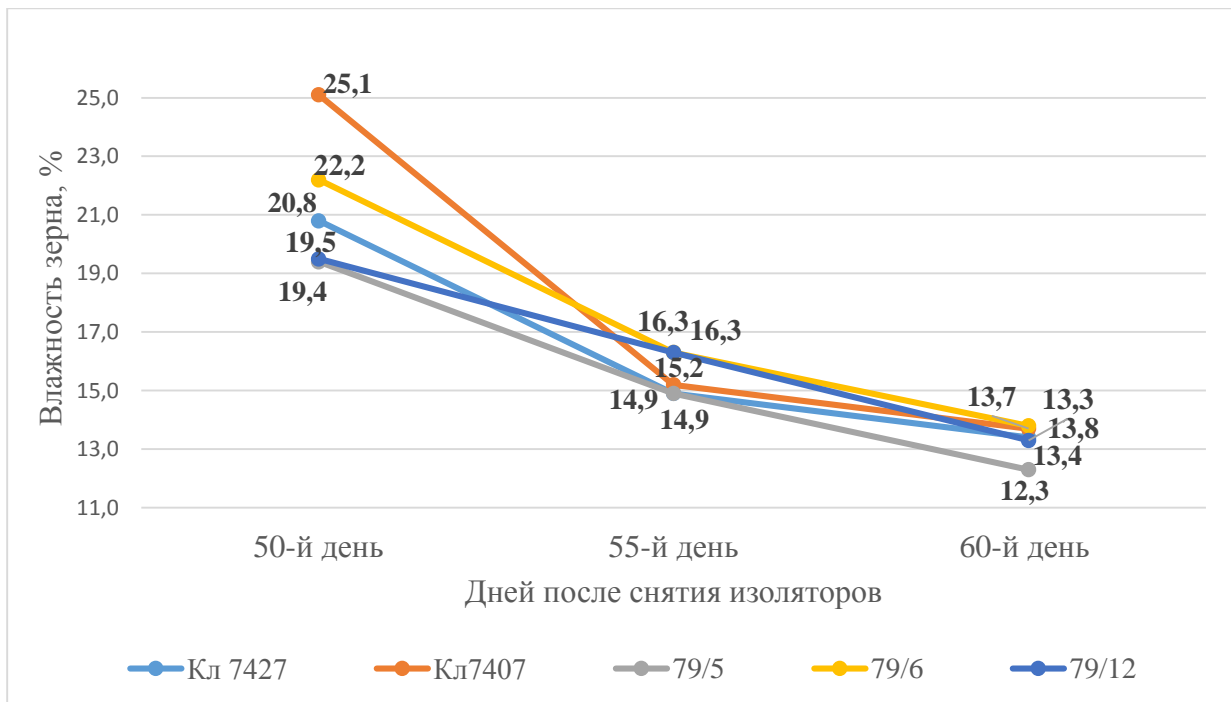


Рисунок 24 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7427, Кл7407, 79/5, 79/6, 79/12, 2020–2022 гг.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 46). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.

Таблица 46 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы Кл7407, 7400/18, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	Кл7407	$y = 484,9e^{-0,061x}$
2	7400/18	$y = 413,27e^{-0,059x}$
3	79/2	$y = 393,75e^{-0,054x}$
4	79/5	$y = 187,1e^{-0,046x}$
5	79/6	$y = 233,57e^{-0,048x}$
6	79/8	$y = 147,83e^{-0,035x}$
7	79/12	$y = 132,65e^{-0,038x}$

Результаты трехлетних исследований показывают, что:

– линия Кл7407 имеет низкую уборочную влажность зерна, равную 13,7 %; гидротермический режим предуборочного периода не влияет на темпы отдачи влаги;

– используя комбинацию Кл7407+Кл7427, возможно получить новые линии, у которых, как и у родительских, низкая уборочная влажность зерна и высокие темпы отдачи влаги;

– новые линии 7400/18, 79/5, 79/6, 79/12 имеют низкую уборочную влажность (12,4, 12,3, 13,8, 13,3 % соответственно) и высокие темпы отдачи влаги (1,0, 0,7, 0,8, 0,6 % в сутки соответственно);

– линии 79/2, 79/8 имеют высокую уборочную влажность зерна (15,5 и 17,7 % соответственно).

3.4.7 Изучение влажности зерна линий кукурузы, полученных из комбинации S54555+Кл7427+Кл7427

В 2020–2022 гг. изучалась влажность зерна линий S54555, Кл7427 и полученной с их помощью линии 70/2 (таблица 47).

Таблица 47 – Влажность зерна линий S54555, 70/2 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Название	Год	Осадки за период 45–50-й день	Влажность зерна на 50-й день, %	Осадки за период 50–55-й день	Влажность зерна на 55-й день, %	Осадки за период 55–60-й день	Влажность зерна на 60-й день, %	Потеря влаги в сутки, %
S54555	2020	–	19,4	–	14,1	–	14,1	0,5
	2021	–	18,8	Дождь	16,5	–	16,5	0,2
	2022	–	17,2	–	11,8	Дождь	13,3	0,4
Среднее			18,5		14,1	–	14,6	0,4
70/2	2020	–	22,4	–	11,2	–	11,2	1,1
	2021	Дождь	23,8	–	20,4	–	13,2	1,1
	2022	–	19,8	–	15,6	–	10,4	0,9
Среднее			22,0	–	15,7	–	11,6	1,0

У линии S54555 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, тип зерна зубовидный, с преобладанием мучнистого эндосперма, роговидный эндосперм не выражен (рисунок 24). Эти признаки в условиях сухого и жаркого предуборочного периода 2020 года позволили влажности зерна снизиться до 14,1 % на 60-й день после массового появления нитей завязи. В условиях 2021 и 2022 гг., когда в предуборочный период выпадали осадки, мучнистый тип эндосперма и короткие оберточные листья способствовали вторичному увлажнению зерна. Так, в 2022 г. влажность зерна на 55-й день после массового появления пестичных нитей составила 11,8 %, далее, после выпадения осадков, влажность зерна выросла до

13,3 %. В условиях влажного предуборочного периода 2021 г. влажность зерна линии S54555 оставалась стабильно высокой на протяжении всего периода проведения измерений. Интенсивность влагоотдачи в среднем составила 0,4 % в сутки.

С помощью комбинации линий S54555 и Кл7427 путем обратных скрещиваний была получена линия 70/2. Здесь в скрещивании участвовали две линии с низкой уборочной влажностью.

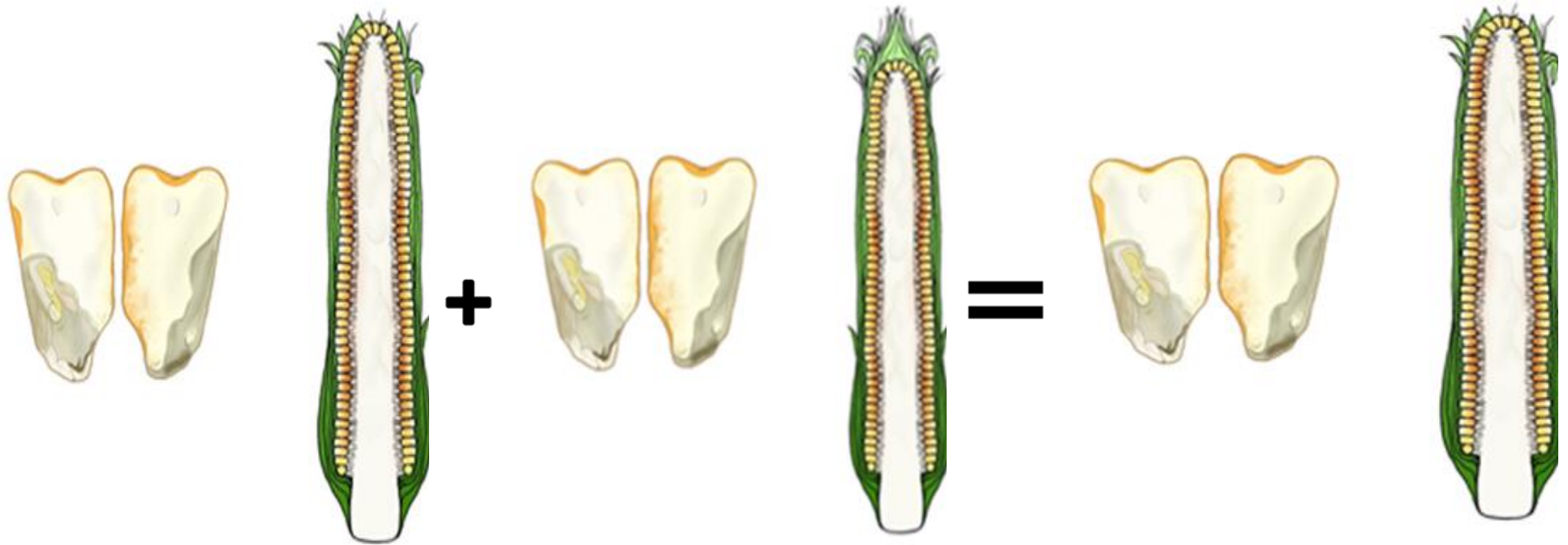
У новой линии 70/2 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, тип зерна зубовидным, с преобладанием мучнистого эндосперма, роговидный слой выражен слабо, как и у родительской S54555 (см. рисунок 24). Эти особенности морфологического строения початка и зерновки способствуют тому, что в условиях сухого и жаркого (2020 г.) и оптимального (2022 г.) предуборочного периодов влажность зерна на 60-й день после снятия изоляторов составляет 11,2 и 10,4 % соответственно. В условиях влажного предуборочного периода 2021 г., зерно подвергалось вторичному увлажнению, и уборочная влажность составила 13,2 %. Интенсивность влагоотдачи в среднем за три года проведения исследований составила 1,0 % в сутки.

Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий и новой линии представлены на рисунке 25.

Результаты трехлетних исследований показывают, что:

- уборочная влажность зерна линии S54555 составляет 14,6 %, интенсивность влагоотдачи зависит от осадков в предуборочный период;
- используя комбинацию S54555+Кл7427+Кл7427 возможно создать новую линию, у которой будет проявляться признак низкой уборочной влажности;
- линия 70/2 обладает низкой уборочной влажностью зерна, равной 11,6 %, в условиях влажного предуборочного периода зерно подвергается вторичному увлажнению.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 48). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.



♀ S54555

♂ Кл7427

70/2

Рисунок 24 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7427, S54555, 70/2

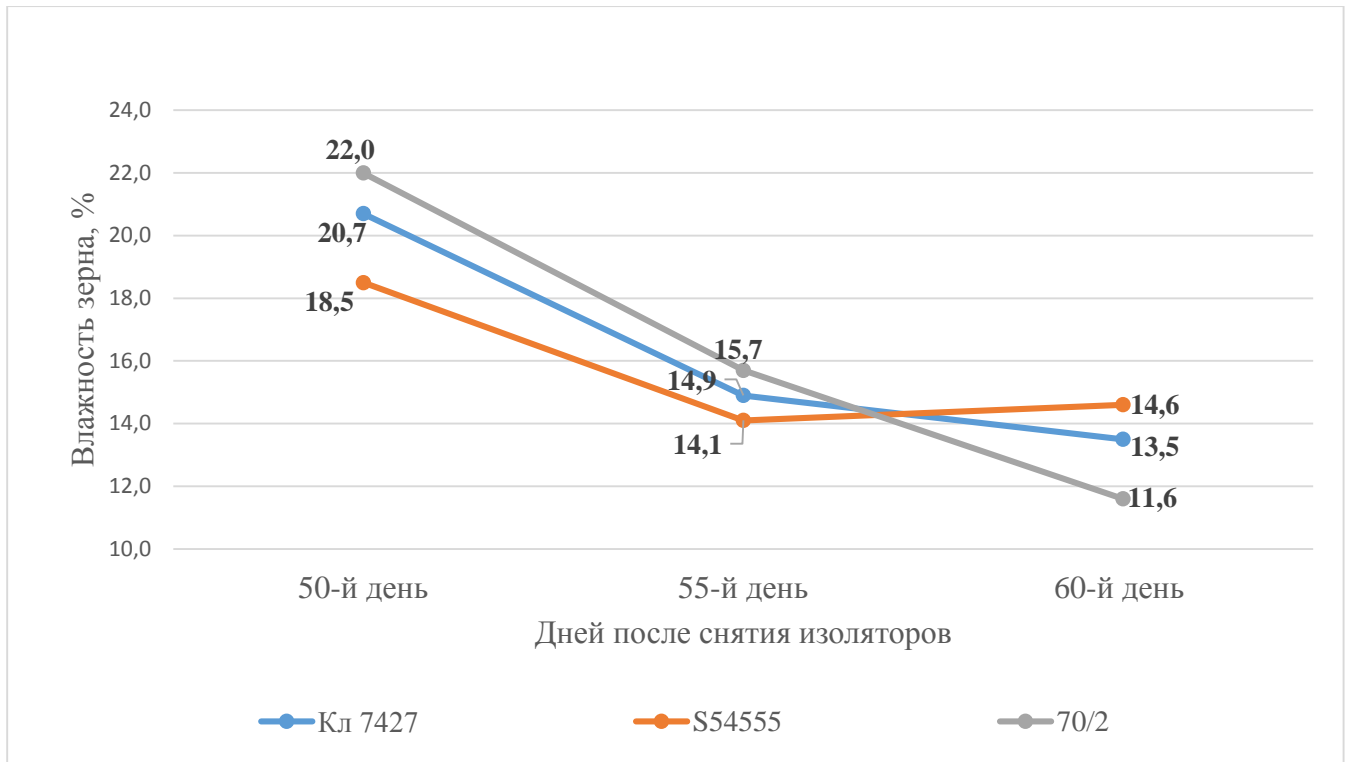


Рисунок 25 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7427, S54555, 70/2, 2020–2022 гг.

В результате проведенных в 2020–2022 гг. исследований по изучению интенсивности влагоотдачи и уборочной влажности зерна линий кукурузы были выявлены комбинации, с помощью которых удастся получить новые линии кукурузы с низкой уборочной влажностью и высокой интенсивностью влагоотдачи.

Таблица 48 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы S54555, 70/2, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	S54555	$y = 57,423e^{-0,024x}$
2	70/2	$y = 536,7e^{-0,064x}$

С помощью комбинации Кл7427+Кл7435 получена линия (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1 (уборочная влажность зерна 14,2 %, интенсивность влагоотдачи 1,1 % в сутки). С помощью комбинации Кл7421+Кл7427 получена линия 80/1 (уборочная влажность зерна 13,5 %, интенсивность влагоотдачи 0,6 % в сутки). С помощью

комбинации Кл7408+Кл7427 получена линия (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-5 (уборочная влажность зерна 13,0 %, интенсивность влагоотдачи 0,8 % в сутки), с помощью комбинации Кл7408+Кл7427+Кл7427 получена линия 69/3 (уборочная влажность зерна 14,2 %, интенсивность влагоотдачи 1,1 % в сутки). С помощью комбинации Кл7407+Кл7427 получены линии 7400/18 (уборочная влажность 12,4 %, интенсивность влагоотдачи 1,0 % в сутки), 79/5 (уборочная влажность 12,3 %, интенсивность влагоотдачи 0,7 % в сутки), 79/6 (уборочная влажность 13,8 %, интенсивность влагоотдачи 0,8 % в сутки), 79/12 (уборочная влажность 13,3 %, интенсивность влагоотдачи 0,6 % в сутки). С помощью комбинации S54555+Кл7427+Кл7427 получена линия 70/2 (уборочная влажность 11,6 %, интенсивность влагоотдачи 1,0 % в сутки).

Нами отмечено, что морфологические особенности початка и зерна, а также длина листьев обертки влияют на интенсивность влагоотдачи и влажность зерна линий кукурузы в предуборочный период. В большинстве случаев, у линий кукурузы, имеющих низкую уборочную влажность тонкий стержень початка, короткие, реже длинные оберточные листья, и зубовидный, реже зубовидно-кремнистый тип зерна. Чем больше мучнистого эндосперма в зерновке, тем интенсивнее оно теряет влагу. В свою очередь, короткие листья обертки также способствуют интенсивной влагоотдаче, но длинные оберточные листья предотвращают попадание атмосферной влаги на зерно и препятствуют вторичному увлажнению.

3.4.8 Изучение влажности зерна линий Кл7901, Кл421, Кл7437, Кл7209, Кл7801, Кл7201 МВ, Кл7202 МВ

С целью создания большего количества новых линий с низкой уборочной влажностью и высокими темпами влагоотдачи в предуборочный период, проводится изучение линий из коллекции ООО «НПО «Семеноводство Кубани». Эти линии рассматриваются, как возможные доноры признака низкой уборочной влажности, и были изучены нами для дальнейшего включения в схемы скрещиваний для получения новых линий.

Таблица 49 – Влажность зерна линий Кл7901, Кл421, Кл7437, Кл7209, Кл7801, Кл7201 МВ, Кл7202 МВ в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Название	Год	Осадки за период 45–50-й день	Влажность зерна на 50-й день, %	Осадки за период 50–55-й день	Влажность зерна на 55-й день, %	Осадки за период 55–60-й день	Влажность зерна на 60-й день, %	Потеря влаги в сутки, %
Кл7901	2020	–	18,1	–	10,5	–	10,5	0,8
	2021	–	18,7	–	12,4	Дождь	16,2	0,3
	2022	–	11,3	–	11,3	Дождь	13,4	–**
Среднее			16,0	–	11,4	–	13,4	0,5
Кл421	2020	–	11,5	–	11,3	–	9,4	0,2
	2021	–	13,3	Дождь	16,5	–	14,1	–**
	2022	–	12,2	Дождь	13,1	–	12,9	–**
Среднее			12,3	–	13,6	–	12,1	0,2
Кл7437	2020	–	28,6	–	25,1	Дождь	17,0	1,2
	2021	–	33,3	Дождь	33,1	–	31,8	0,2
	2022	–	31,3	–	26,8	–	20,1	1,1
Среднее			31,1	–	28,3	–	23,0	0,8
Кл7209	2020	–	16,4	–	11,0	–	11,0	0,5
	2021	–	16,5	Дождь	14,7	–	12,5	0,4
	2022	–	16,4	дождь	15,6	–	13,2	0,3
Среднее			16,4		13,8	–	12,2	0,4
Кл7801	2020	–	15,2	–	12,5	–	12,5	0,3
	2021	–	16,1	Дождь	19,9	–	14,3	0,2
	2022	–	16,5	–	13,8	Дождь	14,0	0,3
Среднее			15,9	–	15,4	–	13,6	0,2
Кл7201 МВ	2020	–	28,0	–	26,6	Дождь	22,3	0,6
	2021	Дождь	26,6	–	24,2	–	18,3	0,8
	2022	–	27,2	–	25,3	–	20,2	0,7
Среднее			27,3		25,4	–	20,3	0,7
Кл7202 МВ	2020	–	22,6	–	19,4	Дождь	16,5	0,6
	2021	–	30,0	Дождь	21,3	–	19,2	1,1
	2022	–	25,9	Дождь	20,9	–	15,4	1,1
Среднее			26,2	–	20,5	–	17,0	0,9

У линии Кл7901 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, линия принадлежит к подвиду кремнистых (рисунок 26). В год с сухим и жарким предуборочным периодом (2020 г.) зерно интенсивно теряет влагу (0,8 % в сутки) и на 60-й день после массового появления нитей завязи влажность зерна составляет 10,5 % (так как является раннеспелой). В условиях влажного 2021 г. зерно подвергалось вторичному увлажнению, интенсивность влагоотдачи снизилась до 0,3 % в сутки, и уборочная влажность составила 16,2 %. В условиях оптимального по влагообеспеченности 2022 г. влажность зерна на 50-й день после снятия изоляторов составила 11,3 %, но после выпадения осадков этот показатель вырос до 13,4 %. Зерно линии Кл7901 обладает высокой гигроскопичностью, короткие листья обертки не препятствуют попаданию атмосферной влаги на зерно.

Линия Кл421 имеет тонкий стержень початка и короткие листья обертки, линия принадлежит к подвиду кремнистых (см. рисунок 26). В жарких и сухих условиях зерно этой линии уже на 50-й день после снятия изоляторов имеет низкую влажность зерна, равную 11,5 % (в силу раннеспелости). В условиях влажного предуборочного периода зерно подвергается вторичному увлажнению. В 2021 г. влажность зерна на 50-й день составила 13,3 %, после выпадения осадков выросла до 16,5 % и на 60-й день равнялась 14,1 %. В 2022 г. в начале предуборочного периода влажность зерна линии Кл421 составила 12,2 %, после выпадения осадков выросла до 13,1 % и в конце предуборочного периода составила 12,9 %. Эти данные говорят о том, что выпадающие осадки замедляют темпы влагоотдачи у зерна, зерно подвергается вторичному увлажнению, однако, после прекращения осадков, влажность зерна уменьшается до своих нормальных величин.

У линии Кл7437 толстый стержень початка и длинные листья обертки, тип зерна зубовидно-кремнистый с ярко выраженным роговидным эндоспермом по бокам зерновки (см. рисунок 26). Эта линия имеет стабильно высокую влажность зерна с 50-го по 60-й день после массового появления нитей завязи. В среднем по годам проведения исследований в течение предуборочного периода влажность зерна снижается с 31,1 до 23,0 %, интенсивность влагоотдачи 0,8 % в сутки. В условиях влажного предуборочного периода, скорость потери влаги зерном уменьшается до 0,2 % в сутки.

Линия Кл7209 имеет тонкий стержень початка и короткие листья обертки, линия принадлежит к подвиду кремнистых (см. рисунок 26). В жарких и сухих условиях уборочная влажность этой линии составляет 11,0 %. Если в предуборочный период выпадают осадки, интенсивность влагоотдачи снижается до 0,3–0,4 % в сутки, однако вторичного увлажнения зерна не происходит. В таком случае, уборочная влажность зерна ниже 14,0 %.

Линия Кл7801 имеет тонкий стержень початка и короткие листья обертки, линия принадлежит к подвиду кремнистых (см. рисунок 26). В условиях сухого и жаркого предуборочного периода влажность зерна снижается с 15,2 до 12,5 % за десять дней, интенсивность влагоотдачи составляет 0,3 % в сутки. В случае выпадения осадков зерно линии Кл7801 подвергается вторичному увлажнению. Так, в 2021 г. на 50-й день после снятия изолятора влажность зерна равнялась 16,1 %, далее, после осадков, этот показатель вырос до 19,9 %, и на 60-й день влажность зерна составила 14,3 %. Интенсивность влагоотдачи снижается – 0,2 % в сутки. В среднем за три года проведения исследований, уборочная влажность зерна составляет 13,6 %.

Линия Кл7201 МВ имеет тонкий стержень початка и длинные листья обертки, зерно зубовидное, с большим количеством мучнистого эндосперма (см. рисунок 26). Влажность зерна этой линии стабильно высокая на протяжении всего предуборочного периода. На 50-й день после массового появления нитей завязи этот показатель равен 27,3 %, далее снижается до 25,4 %, и уборочная влажность зерна составляет 20,3 % (средние величины за три года исследований). Интенсивность влагоотдачи составляет 0,7 % в сутки, выпадающие осадки не снижают скорость потери влаги.

Линия Кл7202 МВ имеет тонкий стержень початка и длинные оберточные листья, зерно зубовидное, с большим количеством мучнистого эндосперма, роговидный слой не выражен (см. рисунок 26). Влажность зерна этой линии стабильно высокая на протяжении всего предуборочного периода. Выпадающие осадки не снижают интенсивность влагоотдачи, она составляет в среднем 0,9 % в сутки. Влажность зерна на 50-й день после снятия изоляторов равна 26,2 %, далее снижается до 20,5 % и на 60-й день равняется 17,0 %.

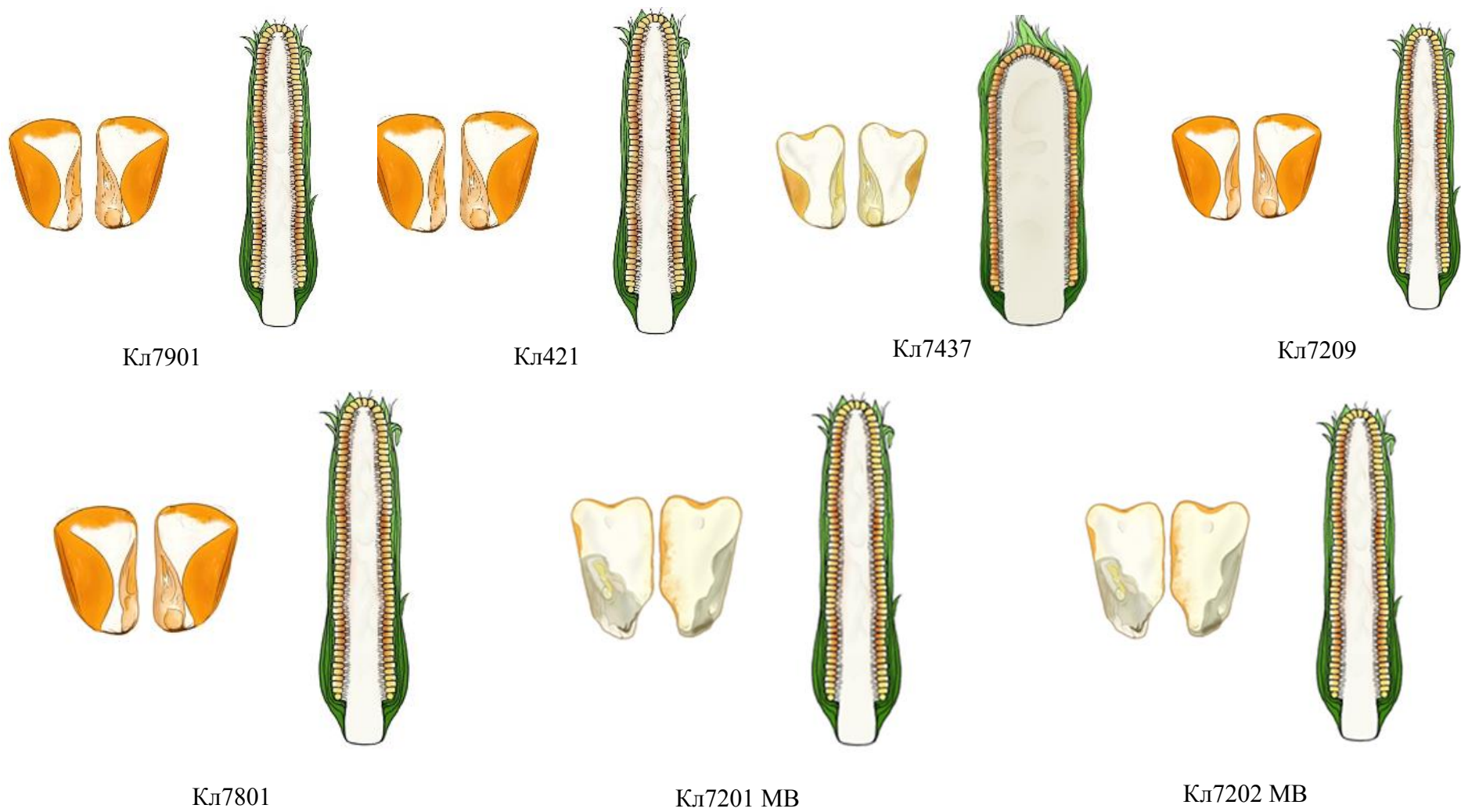


Рисунок 26 – Морфологические особенности зерновки и початка линий Кл7901, Кл421, Кл7437, Кл7209, Кл7801, Кл7201 МВ, Кл7202 МВ

Изменение влажности зерна в предуборочный период родительских линий КЛ7901, КЛ421, КЛ7209 и КЛ7801 представлены на рисунке 27

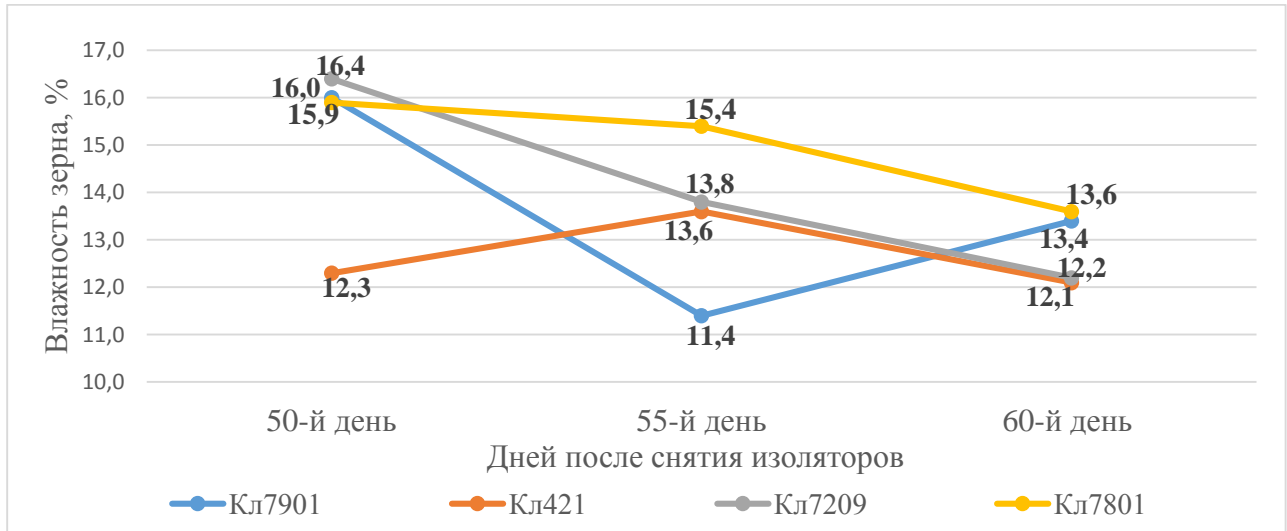


Рисунок 27 – Изменение влажности зерна линий кукурузы КЛ7901, КЛ421, КЛ7209, КЛ7801, 2020–2022 гг.

На основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований, мы составили уравнения аппроксимации для каждой изучаемой линии (таблица 50). Их можно использовать для прогнозирования влажности зерна в разные дни после массового появления нитей завязи в дальнейшей селекционной работе.

Таблица 50 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы КЛ7901, КЛ421, КЛ7437, КЛ7209, КЛ7801, КЛ7201 МВ, КЛ7202 МВ, где y – влажность зерна, x – количество дней после массового появления нитей завязи

№ п/п	Название линии	Уравнение аппроксимации
1	2	3
1	КЛ7901	$y = 35,724e^{-0,018x}$
2	КЛ421	$y = 13,843e^{-0,002x}$
3	КЛ7437	$y = 143,25e^{-0,03x}$
4	КЛ7209	$y = 71,399e^{-0,03x}$
5	КЛ7801	$y = 35,267e^{-0,016x}$

Продолжение таблицы 50

1	2	3
6	Кл7201 МВ	$y = 123,17e^{-0,03x}$
7	Кл7202 МВ	$y = 225,61e^{-0,043x}$

Линии Кл421, Кл7209, Кл7801 имеют уборочную влажность 12,1, 12,2 и 14,0 % соответственно и могут быть включены в схемы скрещиваний для получения новых линий с низкой уборочной влажностью.

Результаты исследований по изучению влажности зерна линий кукурузы различных групп спелости, проводимых в 2020–2022 гг. позволили установить, что при наличии в генетической коллекции линии с низкой уборочной влажностью и высокими темпами влагоотдачи в предуборочный период, возможно получить новые линии с данными признаками, используя исходную линию в качестве донора. Результат зависит от генотипов линий, используемых в качестве донора и реципиента.

3.5 Результаты испытаний экспериментальных гибридов, полученных с помощью новых линий кукурузы, в контрольном питомнике

Учитывая тот факт, что определяющим признаком при создании гибридов кукурузы является урожайность, нами проводилось испытание гибридов, полученных с помощью изученных нами линий. Так, линии, показавшие лучшие результаты по отдаче влаги, изучались в 2020–2022 гг. в тест-кроссных скрещиваниях со следующими тестерами: Кл7201 МВ, Кл7202 МВ, 7200/6 МВ. Испытание гибридов в контрольном питомнике проводилось согласно общепринятым методическим указаниям. Экспериментальные гибриды изучались в трех повторениях с площадью делянки 9,8 м², с междурядьями 70 см. В качестве стандарта представлен наилучший по урожайности гибрид Ладожский 292 АМВ.

В 2020 г. линии 69/1, 69/3, 69/7, 7400/20, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12, 7400/18, 80/1, 80/2, 70/2 были изучены в тест-кроссных скрещиваниях в контрольном питомнике в х. Александровском. В качестве тестера была выбрана среднеспелая линия

Кл7201 МВ, стандартом послужил гибрид Ладожский 292 АМВ. Полученные экспериментальные гибриды относятся к среднеранней группе спелости. Они оценивались по урожайности и уборочной влажности зерна, а также по проценту полегания растений. Результаты испытания гибридов в контрольном питомнике представлены в таблице 51.

Таблица 51 – Результаты испытания среднеранних гибридов кукурузы в контрольном питомнике, х. Александровский, Усть-Лабинский район, 2020 г.

Название или формула гибрида	Урожайность зерна, ц /га	Отклонение от стандарта, ц/га	Уборочная влажность зерна, %	Полегание, %
Ладожский 292 АМВ (st)	79,2	–	12,8	2,9
69/1+Кл7201 МВ	82,7	3,4	13,6	3,3
69/3+Кл7201 МВ	90,2	11,0	12,1	1,4
69/7+Кл7201 МВ	82,3	3,1	13,4	2,8
7400/20+Кл7201 МВ	71,2	–8,0	13,7	3,1
79/2+Кл7201 МВ	65,4	–13,9	12,5	1,1
79/5+Кл7201 МВ	78,1	–1,1	13,6	4,3
79/6+Кл7201 МВ	67,1	–12,1	12,4	4,1
79/8+Кл7201 МВ	80,6	1,4	13,2	1,3
79/12+Кл7201 МВ	79,0	–0,2	14,1	1,7
7400/18+Кл7201 МВ	69,7	–9,5	13,7	2,6
80/1+Кл7201 МВ	81,7	2,5	14,5	3,1
80/2+Кл7201 МВ	70,1	–9,1	13,0	3,2
70/2+Кл7201 МВ	84,7	5,5	12,8	2,9
НСР ₀₅	5,3			

В 2020 опытном году в течение вегетационного периода отмечалась засуха различной степени интенсивности. Однако в критически важные по влагопотреблению фазы вегетации, выпадали осадки, что позволило гибридам кукурузы сформировать урожай. Урожайность стандарта Ладожский 292 АМВ составила 79,2 ц/га, уборочная влажность зерна 12,8 %, процент полегания растений 2,9 %. НСР_{0,05} составила 5,3 ц/га. Превышение стандарта по урожайности зерна составило 1,4–11,0 ц/га. Урожайность выше стандарта, но ниже НСР_{0,05} показали гибриды 69/1+Кл7201 МВ (+3,4 ц/га), 69/7+Кл7201 МВ (+3,1 ц/га), 80/1+Кл7201 МВ

(+2,5 ц/га) и 79/8+Кл7201 МВ (1,4 ц/га). Достоверную прибавку по урожайности зерна показали следующие гибридные комбинации: 69/3+Кл7201 МВ (+11,0 ц/га) и 70/2+Кл7201 МВ (+5,5 ц/га).

Уборочную влажность зерна ниже 14,0 % имели следующие гибриды: 7400/18+Кл7201 МВ (13,7 %), 69/1+Кл7201 МВ (13,6 %), 79/5+Кл7201 МВ (13,6 %), 69/7+Кл7201 МВ (13,4 %), 79/8+Кл7201 МВ (13,2 %), 80/2+Кл7201 МВ (13,0 %), 70/2+Кл7201 МВ (12,8 %), 79/2 +Кл7201 МВ (12,5), 79/6+Кл7201 МВ (12,4 %) и 69/3+Кл7201 МВ (12,1 %). Процент полегания растений составил от 1,1 до 4,3 %.

По результатам испытаний 2020 г. лучшими экспериментальными гибридами являются 69/3+Кл7201 МВ и 70/2+Кл7201 МВ, они сочетают в себе высокую урожайность, достоверную прибавку урожая, низкую уборочную влажность зерна и низкий процент полегания растений.

В 2021 г. продолжилось испытание линий 69/1, 69/3, 69/7, 7400/20, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12, 7400/18, 80/1, 80/2, 70/2 в контрольном питомнике в х. Александровском. В качестве тестера была выбрана линия Кл7202МВ, в качестве стандарта – гибрид Ладожский 292 АМВ. Полученные экспериментальные гибриды относятся к среднеранней группе спелости. Они также оценивались по урожайности, уборочной влажности зерна, проценту полегания растений. Результаты испытания гибридов в контрольном питомнике представлены в таблице 52.

В 2021 г. отмечалось обильное выпадение осадков в течение вегетационного периода, вследствие чего у многих испытуемых гибридов отмечались потери урожая зерна из-за полегания. Урожайность зерна стандарта Ладожский 292 АМВ составила 53,0 ц/га, уборочная влажность зерна 16,2 %, процент полегания растений 5,9 %. НСР_{0,05} составила 4,3 ц/га. Превышение стандарта по урожайности зерна составило 1,1-4,5 ц/га. Урожайность выше стандарта, но ниже НСР_{0,05} показали гибриды 69/7+Кл7202 МВ (+1,1 ц/га), 79/8+Кл7202 МВ (+1,1 ц/га) и 7400/20+Кл7202 МВ (+3,3 ц/га). Достоверную прибавку по урожайности зерна показали следующие гибридные комбинации: 69/3+Кл7202 МВ (+4,4 ц/га) и 79/12+Кл7202 МВ (+4,5 ц/га).

Таблица 52 – Результаты испытания среднеранних гибридов кукурузы в контрольном питомнике, х. Александровский, Усть-Лабинский район, 2021 г.

Название или формула гибрида	Урожайность зерна, ц/га	Отклонение от стандарта, ц/га	Уборочная влажность зерна, %	Полегание, %
Ладожский 292 АМВ (st)	53,0	–	16,2	5,9
69/1+Кл7202 МВ	50,1	–2,9	15,0	3,9
69/3+Кл7202 МВ	57,4	4,4	14,3	1,6
69/7+Кл7202 МВ	54,1	1,1	16,1	7,0
7400/20+Кл7202 МВ	56,3	3,3	15,3	4,1
79/2+Кл7202 МВ	50,1	–2,9	15,2	1,1
79/5+Кл7202 МВ	45,8	–7,2	14,6	6,0
79/6+Кл7202 МВ	52,3	–0,7	14,1	5,8
79/8+Кл7202 МВ	54,1	1,1	16,0	1,5
79/12+Кл7202 МВ	59,7	4,5	14,5	1,1
7400/18+Кл7202 МВ	48,7	–4,3	12,5	6,0
80/1+Кл7202 МВ	50,0	–3,0	13,2	1,8
80/2+Кл7202 МВ	50,1	–2,9	15,5	5,4
70/2+Кл7202 МВ	51,3	–1,7	14,8	2,5
НСР _{0,5}			4,3	

Уборочную влажность зерна ниже 14,0 % имели следующие гибриды: 7400/18+Кл7202 МВ (12,5 %), 80/1+Кл7202 МВ (13,2 %), 79/6+Кл7202МВ (14,1 %). Процент полегания растений составил от 1,1 до 7,0 %. Низкий процент полегания растений отмечен у 79/2+Кл7202 МВ (1,1 %), 79/12+Кл7202 МВ (1,1 %), 79/8+Кл7202 МВ (1,5 %), 80/1+Кл7202 МВ (1,8 %).

По результатам испытаний 2021 г. лучшими экспериментальными гибридами являются 69/3+Кл7202 МВ и 79/12+Кл7202 МВ, они сочетают в себе высокую урожайность, достоверную прибавку урожая, низкую уборочную влажность зерна и низкий процент полегания растений.

В 2022 г. продолжилось испытание линий 69/1, 69/3, 69/7, 7400/20, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12, 7400/18, 80/1, 80/2, 70/2 в контрольном питомнике в х. Александровском. В качестве тестера была выбрана линия 7200/6 МВ, в качестве стан-

дарта – гибрид Ладожский 292 АМВ. Полученные экспериментальные гибриды относятся к среднеранней группе спелости. Они также оценивались по урожайности, уборочной влажности зерна, проценту полегания растений. Результаты испытания гибридов в контрольном питомнике представлены в таблице 53.

Таблица 53 – Результаты испытания среднеранних гибридов кукурузы в контрольном питомнике, х. Александровский, Усть-Лабинский район, 2022 г.

Название или формула гибрида	Урожайность зерна, ц /га	Отклонение от стандарта, ц/га	Уборочная влажность зерна, %	Полегание, %
Ладожский 292 АМВ (st)	93,5	–	14,0	0,0
69/1+7200/6 МВ	100,9	7,4	13,8	0,0
69/3+7200/6 МВ	95,8	2,3	14,0	0,0
69/7+7200/6 МВ	85,3	–8,2	15,0	0,7
7400/20+7200/6 МВ	91,5	–2,0	14,8	1,4
79/2+7200/6 МВ	90,2	–3,3	14,7	0,9
79/5+7200/6 МВ	93,6	0,1	13,2	1,8
79/6+7200/6 МВ	90,1	–3,4	13,3	2,2
79/8+7200/6 МВ	86,9	–6,6	15,0	1,2
79/12+7200/6 МВ	89,0	–4,5	12,7	1,3
7400/18+7200/6 МВ	91,8	–1,7	13,5	5,1
80/1+7200/6 МВ	100,6	7,1	13,7	2,0
80/2+7200/6 МВ	87,3	–6,2	14,5	3,1
70/2+7200/6 МВ	89,1	–4,4	12,1	0,0
НСР _{0,5}	7,0			

Вегетационный период 2022 г. был оптимальным по обеспечению влагой и теплом, что позволило исследуемым гибридам сформировать высокий урожай зерна. Урожайность зерна стандарта Ладожский 292 АМВ составила 93,5 ц/га, уборочная влажность зерна 14,0 %, полегание растений не выявлено. НСР_{0,05} составила 7,0 ц/га. Превышение стандарта по урожайности зерна составило 0,1–7,4 ц/га. Урожайность выше стандарта, но ниже НСР_{0,05} показали гибриды 79/5+7200/6 МВ (+0,1 ц/га) и 69/3+7200/6 МВ (+2,3 ц/га). Достоверную прибавку по урожайности

зерна показали следующие гибридные комбинации: 80/1+7200/6 МВ (+7,1 ц/га) и 69/1+7200/6 МВ (+7,4 ц/га).

Уборочную влажность зерна ниже 14,0 % имели следующие гибриды: 70/2+7200/6 МВ (12,1 %), 79/12+7200/6 МВ (12,7 %), 79/5+7200/6 МВ (13,2 %), 79/6+7200/6 МВ (13,3 %), 7400/18+7200/6 МВ (13,5 %), 80/1+7200/6 МВ (13,7 %), 69/1+7200/6 МВ (13,8 %) и 69/3+7200/6 МВ (14,0 %). У подавляющего большинства гибридов отмечен низкий процент полегания растений.

По результатам испытаний 2022 г. лучшими экспериментальными гибридами являются 69/1+7200/6 МВ и 80/1+7200/6 МВ, они сочетают в себе высокую урожайность, достоверную прибавку урожая, низкую уборочную влажность зерна и низкий процент полегания растений.

ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ С НИЗКОЙ УБОРОЧНОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

Наиболее дорогостоящей и энергоемкой операцией в системе послеуборочной обработки зерна является его сушка. Она способствует сохранению его посевных и качественных характеристик. В технологии зерносушения применяются два способа удаления влаги: контактный влагообмен и тепловая сушка. В первом случае, влага в виде жидкости удаляется из зерна при непосредственном контакте с более гигроскопичным веществом, способным поглотить влагу путем сорбции. Во втором случае, влага в виде пара удаляется из зерна с помощью подведения теплоты. Конвективный теплоотвод нашел наибольшее распространение в технологии сушки зерна. В этом случае, необходимая для испарения влаги теплота сообщается зерну нагретым газом. Такой метод наиболее распространен благодаря простоте применения и экономичности процесса. Существуют карусельные, шахтные, напольные, колонковые, конвейерные и др. зерносушилки, а также вентилируемые хранилища и бункеры для сушки зерна. Конвективный метод наиболее эффективен в сушилках с шахтной конструкцией. Производительность таких сушилок может достигать до 100–150 т/ч (Перфильева и др., 2021).

Затраты на сушку зерна кукурузы состоят из постоянных и переменных затрат. К постоянным затратам относят затраты на приобретение сушильной системы, а также затраты, связанные с ее эксплуатацией (износ, затраты на страхование и др.). Переменные затраты включают в себя стоимость электроэнергии и топлива, технического обслуживания, трудовых затрат, а также затраты на пуск, обслуживание и выведение из эксплуатации сушильной системы (Якимова, 2019). Чем выше влажность зерна кукурузы, поступающего на производство, тем больше используется топлива для его сушки. Так как затраты на оплату труда, ремонт и обслуживание оборудования не зависят от влажности поступающего зерна, остановимся на затратах на электроэнергию и топливо.

В работе представлены данные о стоимости сушки зерна кукурузы, произведенной на Ладожском кукурузокалибровочном заводе НПО «Семеноводство Кубани». Сушильная система данного ККЗ состоит из 24 сушилок шахтного типа, вместимостью 60 т каждая, вид топлива – природный газ.

Для сушки 1,0 т зерна кукурузы на 1,0 % требуется 0,92 м³ природного газа и 1,59 кВт электроэнергии. При ценах на электроэнергию и природный газ, актуальных на август 2023 г., стоимость сушки 1,0 т зерна кукурузы на 1,0 % составляет 17 руб. 60 коп.

В нашей работе по показателям урожайности и уборочной влажности зерна выделились следующие экспериментальные гибриды кукурузы: 69/3+Кл7201МВ, 70/2+Кл7201МВ, 69/3+Кл7202МВ, 79/12+Кл7202МВ, 80/1+7200/6МВ, 69/1+7200/6МВ, стандартом выступил гибрид Ладожский 292АМВ. При уборке зерна кукурузы на фуражные цели, закладка на хранение производится при влажности 13,0-14,0 %. Ниже представлен расчет стоимости сушки 1 т зерна лучших по урожайности и уборочной влажности гибридов до влажности 13,5 % (таблица 54). Для стандарта Ладожский 292АМВ рассчитана средняя за три года уборочная влажность зерна.

Таблица 54 – Стоимость сушки зерна гибридов кукурузы, лучших по показателям влажности и урожайности зерна

Гибрид	Показатель		
	Уборочная влажность, %	Снятие влаги, %	Стоимость сушки 1 т зерна, руб.
Ладожский 292АМВ (st)	14,3	0,8	14,08
69/3+Кл7201МВ	12,1	0,0	0,00
70/2+Кл7201МВ	12,8	0,0	0,00
69/1+7200/6МВ	13,7	0,2	3,52
80/1+7200/6МВ	13,8	0,3	5,28
69/3+Кл7202МВ	14,3	0,8	14,08
79/12+Кл7202МВ	14,5	1,0	17,60

Таким образом мы видим, что уборочная влажность зерна гибридов 69/3+Кл7201МВ, 70/2+Кл7201МВ, 80/1+7200/6МВ, 69/1+7200/6МВ ниже, чем у стандарта Ладожский 292АМВ, и его можно закладывать на хранение сразу после уборки, а затраты на сушку зерна гибридов 69/3+Кл7202МВ, 79/12+Кл7202МВ, уборочная влажность зерна которых на уровне стандарта, минимальны.

Технология производства зерна кукурузы семенного направления отличается от технологии производства фуражного зерна. При производстве семенного материала зерно кукурузы убирается в початках при влажности от 35,0 %, процент снятия влаги в сутки составляет в среднем 3,0-4,0 %. Эти меры принимаются для того, чтобы избежать дробления зерна и трещин внутри зерновки. Семенной материал высушивают до влажности 10,0-12,0 % и закладывают на хранение при температуре воздуха в хранилище +8,0...+10,0 °С. Рассмотрим различия в процессах сушки зубовидно-кремнистого и зубовидного зерна на примере раннеспелых гибридов Ладожский 148СВ и Ладожский 191МВ (таблица 55).

Таблица 55 – Сушка семенного материала гибридов кукурузы Ладожский 148СВ и Ладожский 191МВ

Показатель	Гибрид	
	Ладожский 148СВ	Ладожский 191МВ
Тип зерна	Зубовидно-кремнистый	Зубовидный
Средняя влажность зерна при уборке на семенные цели, %	31,0	31,0
Влажность зерна при закладке на хранение, %	11,0	11,0
Снятие влаги, %	20,0	20,0
Потеря влаги зерном, %/сут	4,0	6,5
Время сушки, ч	120,0	73,8
Время сушки, сут	5,0	3,1

Из данных таблицы 56 мы видим, что гибрид с зубовидным типом зерна Ладожский 191МВ теряет в сутки больше влаги (6,5 %/сут), чем гибрид Ладожский 148СВ с зубовидно-кремнистым типом зерна (4,0 %/сут). Таким образом мы видим, что для того, чтобы высушить семенной материал до влажности 11,0 %, для гибрида Ладожский 148СВ необходимо больше времени (120 ч 0 мин или 5,0 сут), чем для гибрида Ладожский 191МВ (73 ч 48 мин или 3,1 сут). Данная особенность

гибридов с зубовидным типом зерна не снижает стоимость сушки, однако позволяет быстрее освободить камеры сушилок и подготовить большее количество семенного материала для закладки на хранение. Это наиболее важно при интенсивной приемке семенного материала.

В связи со стремительным ростом цен на топливо возрастают переменные затраты на производство зерна кукурузы, а вместе с ними и его себестоимость. Сократить затраты на послеуборочную сушку позволяет возделывание гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью зерна. По результатам оценки экономической целесообразности от внедрения новых гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью можно сказать, что нами выделены гибриды, зерно которых можно закладывать на хранение сразу после уборки (69/3+Кл7201МВ, 70/2+Кл7201МВ, 80/1+7200/6МВ, 69/1+7200/6МВ), и гибриды, для которых затраты на послеуборочное досушивание зерна минимальны (69/3+Кл7202МВ, 79/12+Кл7202МВ). Также нами отмечено, что производство семенного материала гибридов с интенсивным высушиванием зерна позволяет более эффективно использовать зерносушилки сушильной системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований по созданию линий кукурузы с низкой уборочной влажностью, проведенных в период с 2020 по 2022 год, мы пришли к следующему заключению:

1. Линии кукурузы из рабочей коллекции ООО «НПО «Семеноводство Кубани» по структуре эндосперма относятся к следующим группам: зубовидно-кремнистые, с ярко выраженным роговидным эндоспермом по бокам зерновки (Кл7401, Кл7435, Кл7408, Кл7424), зубовидно-кремнистые, со слабо выраженным роговидным эндоспермом (Кл7421), зубовидные, с мучнистым эндоспермом и тонким перикарпием (S54555, Кл7407, Кл7427).

2. Линии кукурузы из рабочей коллекции ООО «НПО «Семеноводство Кубани» имеют следующие морфологические особенности початка и листьев обертки: тонкий стержень и короткие листья обертки (Кл7421, S54555, Кл7407, Кл7435), тонкий стержень и длинные листья обертки (Кл7427, Кл7424), толстый стержень и короткие листья обертки (Кл7401), толстый стержень и длинные листья обертки (Кл7408).

3. Линиями кукурузы из рабочей коллекции ООО «НПО «Семеноводство Кубани», имеющими низкую влажность зерна на 60-й день после массового появления нитей завязи, являются: Кл7427 (13,5 %), S54555 (14,6 %), Кл7407 (13,7 %), Кл7435 (14,8 %). В качестве линии-донора выбрана линия Кл7427.

4. Перспективные линии с низкой влажностью зерна могут быть использованы в дальнейшем в схемах скрещивания для получения нового селекционного материала с низкой уборочной влажностью: Кл421 (12,1 %), Кл7209 (12,2 %), Кл7801 (14,0 %).

5. Новые линии кукурузы, полученные с помощью линии-донора, относятся к следующим группа спелости: среднеранние (ФАО 200–299): 70/2, 80/1; среднеспелые (ФАО 300–399): 80/2, 69/1, 69/3, 69/7, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/, (Кл7408+–Кл7427)-20-1-1-1-1, (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1, 7400/18, (Кл7401+–Кл7427)-1-1-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-2-2-1-1-1-1, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1, (Кл7427+–

Кл7435)-2-1-1-2-1-1, 7400/20; среднепоздние (ФАО 400–499) относится линия 7400/15.

6. Для признаков «длина початка», «диаметр початка», «диаметр стержня» наблюдается следующая закономерность: чем более позднеспелая линия, тем эти параметры больше. Установлено, что у изучаемых линий кукурузы чем больше период вегетации, тем больше длина початка. Средние значения длины початка среднеспелых и среднепоздних линий оказываются наибольшими и статистически не различаются (16,39–16,54 см). Наименьшая длина початка оказалась у линий раннеспелой группы (14,40 см), которые статистически достоверно отличаются по этому показателю от линий среднераннего срока созревания (15,17 см).

7. Для характеристики продуктивности початка сильно выражено влияние генотипа. Средние значения массы 1000 зерен статистически достоверно различаются у линий разного срока созревания. Наименьшие значения этого показателя характерны для раннеспелых линий (231,42 г), а наибольшие для линий среднепозднего срока созревания (299,07 г). Средние значения массы зерна с початка статистически достоверно не различаются у линий среднераннего и среднепозднего сроков созревания (64,64–65,50 г), а также у линий среднепозднего и раннеспелого сроков созревания (65,50–67,05 г). Максимальное значение этого показателя характерно для среднеспелых линий (70,06 г) и статистически достоверно отличаются от линий других сроков созревания.

8. Показано, что новыми линиями с низкой уборочной влажностью зерна являются: (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1 (уборочная влажность зерна 14,2 %, интенсивность влагоотдачи 1,1 % в сутки), 80/1 (уборочная влажность зерна 13,5 %, интенсивность влагоотдачи 0,6 % в сутки), (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-5 (уборочная влажность зерна 13,0 %, интенсивность влагоотдачи 0,8 % в сутки), 69/3 (уборочная влажность зерна 14,2 %, интенсивность влагоотдачи 1,1 % в сутки), получены линии 7400/18 (уборочная влажность 12,4 %, интенсивность влагоотдачи 1,0 % в сутки), 79/5 (уборочная влажность 12,3 %, интенсивность влагоотдачи 0,7 % в сутки), 79/6 (уборочная влажность 13,8 %, интенсивность влагоотдачи 0,8 % в сутки), 79/12 (уборочная влажность 13,3 %, интенсивность влагоотдачи 0,6 % в

сутки), 70/2 (уборочная влажность 11,6 %, интенсивность влагоотдачи 1,0 % в сутки).

9. Анализ корреляционных связей между интенсивностью влагоотдачи в предуборочный период и погодными условиями показал, что:

– на интенсивность влагоотдачи у раннеспелых линий сильнее всего влияет относительная влажность воздуха и выпадающие осадки в период 50–55-й день после массового появления нитей завязи;

– на интенсивность влагоотдачи у среднеранних линий сильнее всего влияет относительная влажность воздуха и выпадающие осадки в период 55–60-й день после массового появления нитей завязи;

– на интенсивность влагоотдачи у среднеспелых линий сильнее всего влияет относительная влажность воздуха и выпадающие осадки на протяжении всего предуборочного периода;

– интенсивность влагоотдачи у среднепоздних линий кукурузы незначительно коррелирует с погодными условиями.

10. Установлено, что погодные условия влияют на влажность зерна следующим образом:

– чем выше среднесуточная температура воздуха, тем ниже влажность зерна (обратная (отрицательная) корреляция);

– чем выше относительная влажность воздуха, тем выше влажность зерна (прямая (положительная) корреляция);

– чем выше сумма осадков, тем выше влажность зерна (прямая (положительная) корреляция).

11. Показано, что погодные условия влияют на интенсивность влагоотдачи зерна следующим образом:

– чем выше среднесуточная температура воздуха, тем выше интенсивность влагоотдачи зерна ((прямая (положительная) корреляция);

– чем выше относительная влажность воздуха, тем ниже интенсивность влагоотдачи зерна (обратная (отрицательная) корреляция);

– чем выше сумма выпавших осадков, тем ниже интенсивность влагоотдачи зерна (обратная (отрицательная) корреляция).

12. Выделены линии кукурузы с низкой влажностью зерна при недостаточном, избыточном и оптимальном уровне увлажнения предуборочного периода: Кл7427, Кл7407, Кл7801, Кл7209, 7400/18, 79/5, 79/6, 79/12, 70/2, (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-5, 80/1, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1. Для 34 изученных линий кукурузы составлены уравнения аппроксимации.

13. Отмечено, что морфологические особенности початка и зерна, а также длина листьев обертки влияют на интенсивность влагоотдачи и влажность зерна линий кукурузы в предуборочный период. В большинстве случаев у линий кукурузы, имеющих низкую уборочную влажность, тонкий стержень початка, короткие (реже длинные) оберточные листья и зубовидный (реже зубовидно-кремнистый) тип зерна. Чем больше мучнистого эндосперма в зерновке, тем интенсивнее оно теряет влагу. В свою очередь, короткие листья обертки также способствуют интенсивной влагоотдаче, но длинные оберточные листья предотвращают попадание атмосферной влаги на зерно и препятствуют вторичному увлажнению.

14. Полученные экспериментальные гибриды кукурузы 69/3+Кл7201МВ (+11,0 ц/га), 70/2+Кл7201МВ (+5,5 ц/га), 69/3+Кл7202МВ (+4,4 ц/га), 79/12+Кл7202МВ (+4,5 ц/га), 80/1+7200/6МВ (+7,1 ц/га), 69/1+7200/6МВ (+7,4 ц/га) дают достоверную прибавку по урожайности зерна, а также имеют низкую уборочную влажность и низкий процент полегания растений.

15. Установлено, что низкая уборочная влажность зерна у гибридов 69/3+Кл7201МВ, 70/2+Кл7201МВ позволяет исключить затраты на послеуборочную сушку, а затраты на сушку зерна гибридов 69/3+Кл7202МВ, 79/12+Кл7202МВ, уборочная влажность зерна которых на уровне стандарта Ладожский 292АМВ, минимальны.

16. Отмечено, что производство семенного материала гибридов с интенсивным высушиванием зерна позволяет более эффективно использовать зерносушилки сушильной системы.

Предложения для селекции

1. Линии кукурузы 80/1, 70/2 рекомендуется использовать для создания среднеранних гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью.
2. Линии кукурузы 69/3, (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-5, 79/5, 79/12, 7400/18, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1, 79/6, рекомендуется использовать для создания среднеспелых гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью.
3. Использовать линии Кл421, Кл7209 и Кл7801 в схемах скрещиваний для получения нового селекционного материала с низкой уборочной влажностью.
4. С целью создания высокогетерозисных гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью использовать гибридные комбинации 69/3+Кл7201МВ, 70/2+Кл7201МВ, 69/3+Кл7202МВ, 79/12+Кл7202МВ, 80/1+7200/6МВ, 69/1+7200/6МВ в дальнейшем селекционном процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматический обзор за 2019–2020 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар : КубГАУ, 2020.
2. Агроклиматический обзор за 2020–2021 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар : КубГАУ, 2021.
3. Агроклиматический обзор за 2021–2022 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар : КубГАУ, 2022.
4. Аммосов, И. Н. Теоретические и практические аспекты оценки влажности зерна / И. Н. Аммосов, Ю. Ж. Дондоков, В. М. Дринча // Вестник АГАТУ. – 2021. – № 3. – С. 43–50.
5. Аммосов, И. Н. Теоретические и практические аспекты оценки влажности зерна / И. Н. Аммосов, Ю. Ж. Дондоков, В. М. Дринча // Вестник АГАТУ. – 2021. – № 3. – С. 43–50.
6. Анашенков, С. С. Анализ комбинационной способности новых самоопыленных линий и тестеров кукурузы / С. С. Анашенков // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 80. – С. 264–273.
7. Аппаев, С. П. Оценка новых гибридов восковидной кукурузы по хозяйственно ценным признакам / С. П. Аппаев, А. М. Кагермазов, А. В. Хачидогов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 6 (98). – С. 113–120.
8. Аппаев, С. П. Результаты сортоиспытания экспериментальных гибридов кукурузы / С. П. Аппаев, А. В. Хачидогов, А. М. Кагермазов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2020. – № 1 (93). – С. 68–72.
9. Белокурова, Ю. А. Особенности биохимических показателей злаковых, масличных культур и продуктов их переработки / Ю. А. Белокурова, М. Л. Золотавина // Новые импульсы развития: вопросы научных исследований. – 2021. – № 2. – С. 7–14.
10. Бесчастнов, И. А. Технология обработки, хранения и переработки злаковых культур / И. А. Бесчастнов, М. С. Воронина // Технологии и продукты здорового питания. – 2021. – С. 64–67.

11. Бишутин, К. И. Современное состояние выращивания кукурузы в брянской области / К. И. Бишутин // Современные тенденции развития аграрной науки. – 2022. – С. 307–313.
12. Богданов, А. З. Скороспелость гибридов кукурузы компании KWS SAAT SE по ФАО / А. З. Богданов, Н. Ф. Надточаев // Вестник Белорусской гос. с.-х. академии. – 2021. – № 1. – С. 93–97.
13. Божко, О. В. Динамика влагоотдачи зерна у гибридов кукурузы в условиях Приморского края / О. В. Божко // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 3 (43). – С. 17–22.
14. Бузунова, М. Ю. Анализ гигроскопических свойств зерновых / М. Ю. Бузунова, В. Д. Лебедева, К. В. Ключникова // Сб. трудов конф. «Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК». – Иркутск, 2019. – С. 231.
15. Бутовец, Е. С. Многокритериальная оценка гибридов кукурузы в условиях Приморского края / Е. С. Бутовец, Н. А. Красковская, И. Н. Даниленко // Земледелие. – 2020. – № 4. – С. 26–28.
16. Васильев, В. П. Николай Иванович Вавилов и вопросы интродукции культурных растений / В. П. Васильев // Доклады ТСХА : сб. ст. – Москва, 2018. – Вып. 290. – Ч. III. – С. 581.
17. Винникова Н. В. Технология хранения и переработки продукции растениеводства. Основы стандартизации : учеб.-метод. пособие / Н. В. Винникова, В. А. Рылко. – Горки : БГСХА, 2020. – 168 с.
18. Волков, А. И. Передовой опыт десикации посевов кукурузы / А. И. Волков, Л. Н. Прохорова // Вестник Марийского гос. ун-та. Сер. Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. – 2020. – Т. 6, № 2 (22). – С. 162–167.
19. Гаркуша, С. В. Оценка экономической эффективности выращивания кукурузы в Краснодарском крае / С. В. Гаркуша, С. А. Тешева // Рисоводство. – 2021. – № 1 (50). – С. 88–92
20. Гасымов, Д. Ф. Значение кукурузы в производстве сельскохозяйственной продукции / Д. Ф. Гасымов // Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке. – 2021. – С. 5–8.

21. Гатаулина, Г. Г. Растениеводство / Г. Г. Гатаулина, П. Д. Бугаев, В. Е. Долгодворов. – НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 608 с.
22. Головач, А. Некоторые аспекты интенсификации возделывания кукурузы на зерно / А. Головач // Аграрная экономика. – 2019. – № 5. – С. 48–55.
23. Головкин, Т. К. Рост растений и продуктивность кукурузы в холодном климате / Т. К. Головкин, И. В. Далькэ, Г. Т. Шморгунов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 2. – С. 19–23.
24. Гончаров, Н. П. Центры происхождения культурных растений / Н. П. Гончаров // Вестник ВОГиС. – 2007. – Т. 11, № 3/4. – С. 561–574.
25. Грунтович, Н. В. Влияние влажности зерна и кукурузы на энергетические затраты при его сушке / Н. В. Грунтович, С. А. Жеранов // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК. – 2014. – С. 81–84.
26. Гужов, Ю. Л. Селекция и семеноводство культивируемых растений / Ю. Л. Гужов, А. Фукс, П. Валичек. – Москва : Мир, 2003. – 544 с.
27. Гуторова, О. В. Комбинационная способность линий кукурузы и генетический контроль морфометрических параметров / О. В. Гуторова, С. А. Зайцев // Известия Саратовского университета. Новая серия. Сер. Химия. Биология. Экология. – 2022. – Т. 22. – № 2. – С. 187–192
28. Давыдова, С. А. Анализ состояния и перспективные направления развития селекции и семеноводства кукурузы : науч. аналит. обзор / С. А. Давыдова, В. И. Вахания, В. С. Курасов. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 92 с.
29. Данилов, Д. Ю. Повышение эффективности сушки зерна: основные технологические приемы и направления / Д. Ю. Данилов, А. Ю. Рындин // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 8 (51). – С. 26–30.
30. Демин, Е. А. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность и уборочную влажность зерна кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья / Е. А. Демин // Вестник Мичуринско гос. аграр. ун-та. – 2021. – Т. 3, № 66. – С. 38–41.

31. Дзедаев, Х. Т. Подвиды кукурузы / Х. Т. Дзедаев // Научные труды студентов Горского гос. аграр. ун-та «Студенческая наука – агропромышленному комплексу». – 2020. – С. 9–10.

32. Дзедаев, Х. Т. Подвиды кукурузы // Х. Т. Дзедаев // Научные труды студентов Горского гос. аграр. ун-та «Студенческая наука – агропромышленному комплексу». – 2020. – С. 9–10.

33. Динамика потери влаги зерном при созревании новых самоопыленных линий кукурузы / А. П. Новичихин, А. В. Гульяншин, Н. А. Лемешев, А. А. Земцев // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посв. 110-й годовщине со дня рождения П. Е. Ладана. 2018. Аспекты животноводства и производства продуктов питания. – 2018. – С. 333–337.

34. Долбаненко, В. М. Физико-механические свойства кукурузы / В. М. Долбаненко // Ресурсосберегающие технологии сельского хозяйства. – 2019. – С. 11–16.

35. Долгополова, Н. В. Влияние биохимических показателей зерна кукурузы на технологии режимов хранения / Н. В. Долгополова, С. Ф. Рюмшина // Вестник Курской гос. с.-х. академии. – 2022. – № 5. – С. 20–27.

36. Долгополова, Н. В. Влияние биохимических показателей зерна кукурузы на технологии режимов хранения / Н. В. Долгополова, С. Ф. Рюмшина // Вестник Курской гос. с.-х. академии. – 2022. – № 5. – С. 20–27.

37. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва : Альянс, 2014. – 351 с.

38. Дронов, А. В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области / А. В. Дронов, С. А. Бельченко, В. В. Ланцев // Вестник Брянской гос. с.-х. академии. – 2018. – № 4 (68). – С. 30–34.

39. Дронов, А. В. Продуктивность отечественных гибридов кукурузы селекции ИПА «Отбор» в агроклиматических условиях центрального Нечерноземья (Брянская область) / А. В. Дронов, С. А. Бельченко, В. В. Мамеев // Вестник Брянской гос. с.-х. академии. – 2021. – № 5 (87). – С. 22–28.

40. Елисеев, С. Л. Вызревание зерна кукурузы в северных районах кукурузо-сеяния / С. Л. Елисеев, А. С. Елисеев // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 1 (9). – С. 11–18.

41. ЕМИСС Государственная статистика [Электронный ресурс] / Официальные статистические показатели. – URL : www.fedstat.ru (дата обращения: 05.01.2023).

42. Жидков, С. А. Состояние и перспективы развития мирового рынка продовольственного зерна / С. А. Жидков, Е. А. Воронина // Вестник Мичуринского гос. аграр. ун-та. – 2019. – Т. 1. – С. 154–156.

43. Загоруйко, М. Г. Использование сушилки С-40 при двухстадийной сушке зерна кукурузы / М. Г. Загоруйко, С. А. Павлов // Агроинженерия. – 2021. – № 3 (103). – С. 69–73.

44. Загоруйко, М. Г. Вентиляция насыпи нагретого зерна кукурузы / М. Г. Загоруйко, С. А. Павлов // Аграрный научный журнал. – 2020. – № 9. – С. 74–77.

45. Замятин, А. Д. Влияние сроков посева на динамику потери влаги зерном кукурузы в предуборочный период / А. Д. Замятин // Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения. – 2018. – С. 51–59.

46. Замятин, А. Д. Моделирование процесса потери влаги зерном кукурузы как функции погодных условий / А. Д. Замятин, А. Э. Панфилов // Идеи молодых – агропромышленному комплексу : материалы LXIV студ. науч. конф. / под ред. д-ра техн. наук П. Г. Свечникова. – Челябинск : ЧГАА, 2014. – С. 243.

47. Замятин, А. Д. Особенности влагоотдачи при созревании зерна кукурузы в условиях Зауралья / А. Д. Замятин // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 3. – С. 659–663.

48. Зимин, И. Б. Инновационная технология послеуборочной доработки зерна для крупных семеноводческих предприятий / И. Б. Зимин, И. Г. Седов, Д. А. Смирнов // Известия Великолукской гос. с.-х. академии. – 2022. – № 2 (39). – С. 24–32.

49. Зиновенко, А. Л. Эффективность использования консервированной зерно-стержневой смеси из початков кукурузы в кормлении лактирующих коров / А. Л. Зиновенко, А. А. Курепин, А. П. Шуголеева // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2021. – № 24–1. – С. 247–254.

50. Зыков, С. А. Кукуруза царица полей / С. А. Зыков // АгроФорум. – 2019. – № 4. – С. 54–58.

51. Иванова, Е. Д. Генетические особенности гибридов кукурузы по скорости потери влаги зерном и их проявление в фенотипе в различных климатических условиях / Е. Д. Иванова // *Агрономия и биотехнологии : материалы студ. науч. конф.* – 2017. – С. 30.

52. Иванова, Е. С. Динамика влажности зерна кукурузы как функция погодных условий / Е. С. Иванова, А. Э. Панфилов // *Кукуруза и сорго.* – 2013. – № 3. – С. 7–11.

53. Иванова, Е. С. Динамическая модель потери влаги зерном кукурузы с учетом влияния экологических факторов / Е. С. Иванова // *Вестник Челябинской гос. агроинженерной академии.* – 2013. – Т. 64. – С. 120–124.

54. Иванова, Е. С. Сравнительная эффективность возделывания гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции в условиях Зауралья / Е. С. Иванова // *Проблемы аграрного сектора Южного Урала и пути их решения.* – 2018. – С. 79–86.

55. Игнатьев, А. С. Интенсивность влагоотдачи зерна при созревании у среднеспелых самоопыленных линий кукурузы / А. С. Игнатьев, Г. Я. Кривошеев // *Зерновое хозяйство России.* – 2011. – № 1. – С. 22–27.

56. Игнатьев, А. С. Оценка нового исходного материала при создании среднеранних и среднеспелых гибридов кукурузы с интенсивным высушиванием зерна : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Игнатьев Алексей Станиславович. – Зерноград, 2011. – 22 с.

57. Инге-Вечтомов, С. Г. Генетика с основами селекции : учебник для биол. спец. ун-тов / С. Г. Инге-Вечтомов. – Москва : Высш. шк., 1989. – 591 с.

58. Исакова, С. В. Актуальные направления в селекции гибридов кукурузы / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // *Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та.* – 2021. – № 173. – С. 214–227.

59. Исакова, С. В. Влажность зерна как важный показатель при создании гибридов кукурузы / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // *Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы : материалы VI Междунар. науч.-практ. онлайн-конф.* – Майкоп, 2022. – С. 87–89.

60. Исакова, С. В. Изучение процесса влагоотдачи у спелого зерна кукурузы с помощью лабораторных и полевых методов / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар : КубГАУ, 2023. – № 5 (189). – С. 180–191.

61. Исакова, С. В. Использование гаплоидного метода для создания современных гибридов кукурузы / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // Актуальные проблемы селекции, семеноводства и сохранения плодородия почв : Юбилейный сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф., посв. 80-летию заслуженного работника с/х РФ, академика Междунар. академии аграрного образования, действительного члена Междунар. академии информатизации, заслуженного профессора Воронежского гос. аграр. ун-та Владимира Ефимовича Шевченко. – Воронеж, 2021. – С. 39–45.

62. Исакова, С. В. Низкая уборочная влажность зерна кукурузы как ценный признак при отборе родительских линий / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // Теория и практика адаптивной селекции растений (Жученковские чтения VI) : сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – С. 127–129.

63. Исакова, С. В. Особенности влагоотдачи при созревании зерна у линий кукурузы среднеспелой и среднепоздней групп спелости / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Майкоп : Изд-во «Магарин Олег Григорьевич», 2022. – С. 176–178.

64. Исакова, С. В. Оценка общей и специфической комбинационной способности линий кукурузы по признаку «урожайность зерна» / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы : материалы VII Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. 16–18 ноября 2022 г. – Майкоп : Изд-во «Магарин Олег Григорьевич», 2022. – С. 84–86.

65. Исакова, С. В. Создание линий кукурузы с высокой отдачей влаги зерном в предуборочный период с использованием линии-донора / С. В. Исакова, Э. Р. Забирова, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2023. – № 185. – С. 162–171.

66. Каблучков, Е. Ю. Обоснование прогнозных параметров производства кукурузы / Е. Ю. Каблучков // Вестник Курской гос. с.-х. академии. – 2015. – № 7. – С. 40–43.

67. Кагермазов, А. М. В. Результаты изучения экспериментальных гибридов кукурузы в предгорной зоне КБР / А. М. Кагермазов, А. В. Хачидогов // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – 2021. – С. 260–263.

68. Кириллов, Н. А. Урожайность зеленой массы и зерна гибридов кукурузы отечественной селекции / Н. А. Кириллов, Е. А. Соколова // Аграрная Россия. – 2019. – № 6. – С. 29–33.

69. Комлева, В. Ш. Консервирование плющеного зерна кукурузы / В. Ш. Комлева, Н. Н. Кучин // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 12 (139). – С. 7–17.

70. Кондратьева, О. В. Воспроизводство кукурузы отечественной селекции в Российской Федерации / О. В. Кондратьева, А. Д. Федоров // Наука без границ и языковых барьеров : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – 2021. – С. 228–234.

71. Королькова, А. П. Семеноводство кукурузы: состояние и направления развития / А. П. Королькова, А. В. Горячева, Т. Е. Маринченко // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий. – 2021. – С. 986–992.

72. Кочисов, С. М. Значение производства кукурузы на зерно в мировом сельском хозяйстве / С. М. Кочисов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2011. – № 4. – С. 86–88.

73. Кошкин, Е. И. Экологическая физиология сельскохозяйственных культур : учеб. пособие / Е. И. Кошкин, Г. Г. Гусейнов. – Изд-во «Проспект», 2020.

74. Кравцов, В. И. Изучение исходного материала кукурузы по интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период / В. И. Кравцов, Л. П. Шиманский // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – № 56. – С. 352–360.

75. Кравцов, В. И. Классификация самоопыленных линий кукурузы по интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период / В. И. Кравцов, Л. П. Шиманский // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2019. – № 55. – С. 343–353.

76. Кравченко, Р. В. Агробиологическое обоснование получения стабильных урожаев зерна кукурузы в условиях степной зоны Центрального Предкавказья : монография / Р. В. Кравченко – Ставрополь, 2010. – 208 с.

77. Кравченко, Р. В. Гидротермические условия вегетации кукурузы в связи со сроками посева в зоне достаточного увлажнения Центрального Предкавказья / Р. В. Кравченко // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 116. – С. 1229–1246.

78. Красковская, Н. А. Изучение гибридов кукурузы разных групп спелости в условиях Приморского края / Н. А. Красковская, Е. С. Бутовец // Дальневосточный аграрный вестник. – 2020. – № 1 (53). – С. 20–25.

79. Кривошеев, Г. Я. Основные направления селекции кукурузы во ВНИИЗК им. И. Г. Калининко / Г. Я. Кривошеев, А. С. Игнатъев, Н. А. Шевченко // Зерновое хозяйство России. – 2016. – № 2. – С. 30–34.

80. Кривошеев, Г. Я. Тестеры для селекционных программ создания гибридов кукурузы с быстрым высыханием зерна при созревании / Г. Я. Кривошеев, А. С. Игнатъев // Кукуруза и сорго. – 2010. – № 4. – С. 19–24.

81. Крикунова, Л. Н. Исследование процесса предобработки зерна кукурузы на основе метода гидротермической обработки / Л. Н. Крикунова, Н. М. Кузьменкова // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 4 (23). – С. 43–47.

82. Кукуруза / Д. Шпаар, В. Шлапунов, А. Постников, В. Щербаков, К. Ястер [и др.] ; под общ. ред. В. А. Щербакова. – Минск : ФУ Аинформ, 1999. – 192 с.

83. Кумачева, В. Д. Оценка экологического резерва агроландшафта Усть-лабинского района Краснодарского края / В. Д. Кумачева, Б. К. Власенко. – 2021. – С. 39.

84. Куприянова, С. В. Влияние погодных рисков на урожайность кукурузы на зерно в ростовской области / С. В. Куприянова, М. В. Власов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 4. – С. 42–47.

85. Ласкин, Р. В. Селекция гибридов кукурузы в ФГБНУ НЦЗ им. П. П. Лукьяненко / Р. В. Ласкин // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : материалы XI Всерос. конф. молодых ученых, посв. 95-летию Кубанского ГАУ и

80-летию со дня образования Краснодарского края. 29–30 ноября 2017. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 279–280.

86. Леймоева, А. Ю. Формирование биомассы кукурузы в зависимости от степени увлажненности / А. Ю. Леймоева, Ю. М. Цокиев // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. – 2020. – С. 87.

87. Линькова, Я. А. Исследование кинетики сушки кукурузы / Я. А. Линькова, Д. В. Соболева, В. П. Матушкин // Символ науки. – 2023. – № 1–1. – С. 15–16.

88. Липчиу, Н. В. Влияние качества земель на эффективное функционирование организаций аграрного сектора / Н. В. Липчиу, И. В. Гагай // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 549–549.

89. Луковкина, Н. И. Создание новых линий для селекции ультрараннеспелых и раннеспелых гибридов кукурузы / Н. И. Луковкина, Н. П. Соболева, А. И. Супрунов // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : материалы XI Всерос. конф. молодых ученых, посв. 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. 29–30 ноября 2017. – Краснодар : КубГАУ, 2017. – С. 1283–1284.

90. Люлюк, И. Р. Оценка новых гибридов кукурузы по признаку уборочная влажность зерна в экологических испытаниях / И. Р. Люлюк, А. А. Земцев, Е. В. Шкарбутко // Кооперация науки и общества – путь к модернизации и инновационному развитию : сб. статей по итогам Междунар. науч.-практ. конф. 9 ноября 2021 г. – Sterlitaмак : АМИ, 2021. – С. 121–124.

91. Мамеев, В. В. Эффективное применение минеральных удобрений компании «Фосагро-регион» в агроценозах кукурузы на серых лесных почвах Брянской области / В. В. Мамеев, О. А. Нестеренко, А. В. Дронов // Вестник Брянской гос. с.-х. академии. – 2022. – № 2 (90). – С. 14–21.

92. Моисеенко, А. А. Оценка исходного материала кукурузы по продуктивности зерна / А. А. Моисеенко, Н. Н. Быкова // Земледелие. – 2013. – № 3. – С. 44–45.

93. Надточаев, Н. Ф. Корреляционный анализ оценки скороспелости гибридов кукурузы по ФАО / Н. Ф. Надточаев, Д. В. Лужинский // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 3. – С. 7–10.

94. Назаренко, Н. М. Физико-механические свойства кукурузы и качество ее уборки на зерно / Н. М. Назаренко, А. А. Кувшинов // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – 2015. – С. 133–139.

95. Назирова, Р. М. Влияние процесса охлаждения зерна кукурузы на его сохраняемость, количество потерь и на зараженность насекомыми-вредителями / Р. М. Назирова, М. А. Мирзаикромов, Н. Б. Усмонов // Проблемы современной науки и образования. – 2020. – № 6–2 (151). – С. 23–26.

96. Нечаев, В. И. Основные тенденции в мировом производстве кукурузы: размещение и экспорт / В. И. Нечаев, Н. Р. Сайфетдинова // Экономика сельского хозяйства России. – 2020. – № 9. – С. 107–112.

97. Новиков, И. О. Основные физико-механические параметры зерна / И. О. Новиков, О. Н. Кухарев // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса. – 2021. – С. 275–279.

98. Новые гибриды кукурузы для условий Центрального Черноземья / С. И. Тютюнов, А. Н. Воронин, С. А. Хорошилов, Г. М. Журба, М. В. Клименко, Т. В. Бирюкова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 10. – С. 69–71.

99. Носко, О. С. Оценка исходного материала кукурузы по основным селекционным параметрам / О. С. Носко, С. А. Зайцев // Редакционная коллегия. – 2022. – С. 120–126.

100. Общая селекция растений : учебник / Ю. Б. Коновалов, В. В. Пыльнев, Т. И. Хупацария, В. С. Рубец. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 480 с.

101. Орлянский, Н. А. Влажность зерна новых самоопыленных линий кукурузы плазм Айодент и Ланкастер / Н. А. Орлянский, Н. А. Орлянская // Кукуруза и сорго. – 2019. – № 4. – С. 3–12.

102. Орлянский, Н. А. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы европейской кремнистой плазмы / Н. А. Орлянский, Н. А. Орлянская // АПК России. – 2020. – Т. 27, № 4. – С. 629–635.

103. Павленко, В. Н. Суммарное водопотребление кукурузы в межфазные периоды роста и развития растений / В. Н. Павленко, Д. А. Юшкин // Междунар. науч.-исслед. журнал. – 2020. – № 10–1 (100). – С. 117–122.

104. Панфилов, А. Э. Динамика влажности зерна кукурузы в связи с гидротермическими условиями / А. Э. Панфилов, Е. С. Иванова // Известия Челябинского научного центра. – 2008. – № 1 (39). – С. 87–90.

105. Панфилов, А. Э. Динамика потери влаги зерном кукурузы ультраранних гибридов кукурузы в контрастных условиях произрастания / А. Э. Панфилов, В. С. Сотченко, А. Г. Горбачева // Кукуруза и сорго. – 2018. – № 3. – С. 3–9.

106. Панфилов, А. Э. Кукуруза в регионах России: селекция и технология возделывания // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 3. – С. 657–658.

107. Панфилов, А. Э. Предуборочная и послеуборочная динамика влажности зерна кукурузы в связи с десикацией посевов / А. Э. Панфилов, Е. С. Иванова // Кукуруза и сорго. – 2007. – № 5. – С. 10–14.

108. Панфилов, А. Э. Проблемы и перспективы выращивания кукурузы на зерно в Зауралье / А. Э. Панфилов // Вестник Челябинской ГАА. – 2012. – Т. 61. – С. 115–119.

109. Панфилов, А. Э. Селекция кукурузы для севера: направления и тенденции / А. Э. Панфилов // Современные проблемы земледелия Зауралья и пути их научно обоснованного решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – 2014. – С. 233.

110. Панфилова, О. Н. Влияние отцовских форм на уборочную влажность зерна у простых гибридов кукурузы / О. Н. Панфилова // Вестник Воронежского гос. аграр. ун-та. – 2018. – № 3. – С. 54–61.

111. Панфилова, О. Н. Создание новых инцухт-линий кукурузы на основе межлинейных популяций по признаку «низкая уборочная влажность зерна» / О. Н. Панфилова, Е. В. Чугунова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 2 (66). – С. 134–140.

112. Перевязка, Д. С. Изучение общей комбинационной способности новых раннеспелых и среднеранних автодиплоидных линий кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Д. С. Перевязка, Н. И. Перевязка, А. И. Супрунов // Рисоводство. – 2021. – № 1. – С. 43–48.

113. Перфильева, Е. В. Способы и режимы сушки зерна / Е. В. Перфильева, Н. В. Охрименко, К. В. Мозжерин // Модели инновационных решений повышения конкурентоспособности отечественной науки. – 2021. – С. 30–33.

114. Петряков, А. П. Селекция высокопродуктивных среднеранних гибридов кукурузы / А. П. Петряков, А. И. Супрунов, П. В. Чуйкин // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2018. – № 135. – С. 69–79.

115. Петряков, А. П. Селекция высокопродуктивных среднеранних гибридов кукурузы / А. П. Петряков, А. И. Супрунов, П. В. Чуйкин // Научный журнал КубГАУ – Краснодар, 2018. – № 135.

116. Плотка, В. В. Отбор кремнистых линий S 3–S 5 по зерновой продуктивности тест-кроссных гибридов кукурузы (*Zea mays*) / В. В. Плотка // Земледелие и растениеводство. – 2022. – № 5. – С. 17–20.

117. Поскребышева, М. М. Влияние гидротермических условий на рост и развитие растений кукурузы / М. М. Поскребышева, К. Р. Исмагилов // Вестник Башкирского гос. аграр. ун-та. – 2020. – № 2. – С. 44–50.

118. Пристач, Н. В. Использование в кормлении сельскохозяйственных животных консервированного плющеного зерна кукурузы / Н. В. Пристач, Л. Н. Пристач // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения. – 2021. – С. 133–138.

119. Прихожаев, И. В. Качество зерна кукурузы в белгородской области / И. В. Прихожаев, А. Н. Балашова, Е. В. Прихотин // В мире научных открытий. – 2019. – С. 398–400.

120. Продовольственная и сельскохозяйственная организация [Электронный ресурс]. – URL : www.fao.org/faostat (дата обращения: 05.02.2023).

121. Прохорова, Л. Н. Влияние десикантов на влажность кукурузного зерна / Л. Н. Прохорова, Х. Б. Ахмадуллин, И. В. Мамаева // Пища. Экология. Качество. – 2020. – С. 520–522.

122. Рахманов, Э. К. У. Расчет снижения массы при сушке зерна при высокой влажности / Э. К. У. Рахманов, Х. Т. У. Бердимуратов // Universum: технические науки. – 2023. – № 3–3 (108). – С. 30–32.

123. Резвицкий, Т. Х. Изучение продуктивности и технологических качеств гибридов лопающейся кукурузы / Т. Х. Резвицкий, Р. А. Тикиджан, А. В. Позднякова // The Scientific Heritage. – 2020. – № 49–4. – С. 7–9.

124. Рудичев, В. И. Агробиологическая оценка среднеспелых линий и гибридов кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края / В. И. Рудичев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 153. – С. 170–182.

125. Рудичев, В. И. Агробиологическая оценка среднеспелых линий и гибридов кукурузы в условиях центральной зоны Краснодарского края // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2019. – № 153. – С. 170–182.

126. Рудичев, В. И. Выявление гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна как перспективное направление в селекции кукурузы / В. И. Рудичев, С. В. Исакова, С. О. Корж // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (с Междунар. участием). – 2018. – С. 278–281.

127. Рудичев, В. И. Динамика отдачи влаги зерном кукурузы при созревании в зависимости от морфологии растения / В. И. Рудичев, С. В. Исакова, С. О. Корж // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства юга России : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (с Междунар. участием). – 2018. – С. 281–285.

128. Рудичев, В. И. Отбор линий кукурузы-доноров признака «пониженная уборочная влажность зерна» / В. И. Рудичев, Г. Л. Зеленский // Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства. – 2018. – С. 277–279.

129. Рудобашта, С. П. Гигроскопические свойства семян / С. П. Рудобашта, Г. А. Зуева, Н. А. Зуев // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2015. – Т. 58, № 1. – С. 68–71.

130. Рудобашта, С. П. Концентрационное равновесие при сушке коллоидных капиллярно-пористых растительных материалов / С. П. Рудобашта, Г. А. Зуева // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2022. – Т. 65, № 6. – С. 75–80.

131. Рудобашта, С. П. Равновесное влагосодержание семян кукурузы / С. П. Рудобашта, Е. А. Муравлева, Г. А. Зуева // Наука в центральной России. – 2017. – № 6. – С. 70–78.
132. Рудобашта, С. П. Современное состояние и направления развития теории и практики сушки / С. П. Рудобашта // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и тепловые процессы) СЭТТ-2020. – 2020. – С. 13–22.
133. Санин, Н. М. Особенности формирования урожая зерна гибридов кукурузы / Н. М. Санин, Э. Р. Даутова, Р. Р. Исмагилов // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. – 2021. – С. 278–281.
134. Селекция новых гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна / А. В. Гульняшкин, Н. А. Лемешев, А. А. Земцев, И. Р. Люлюк // Труды Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2020. – № 85. – С. 61–77.
135. Селянинов, Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928. – Вып. 20. – С. 165–177.
136. Семикина, М. А. Кукуруза – основная кормовая культура / М. А. Семикина, А. А. Дубровский // Инновационные решения для АПК. 24–25 февраля 2021 г. В 4-х т. – 2021. – С. 264.
137. Сергеева, Н. В. Горючее будущего-биотопливо из кукурузы / Н. В. Сергеева, А. С. Ваднева // Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. – 2022. – С. 621–624.
138. Слинько, О. В. Агробиологические компоненты для выращивания кукурузы / О. В. Слинько, А. Д. Федоров // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. – 2021. – С. 49–54.
139. Сорокин, А. С. Уплотнение черноземов правобережья реки Кубань / А. С. Сорокин, Г. С. Куст // Почвоведение. – 2015. – № 1. – С. 71–72.
140. Сорочинский, В. Ф. Изменение полей влагосодержания и температуры в зерне при сушке / В. Ф. Сорочинский, А. Л. Догадин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – № 1. – С. 47–56.
141. Сотченко, В. С. Скорость потери влаги зерном кукурузы в период созревания в зависимости от генотипа и условий среды / В. С. Сотченко, А. Э. Панфилов // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56, № 1. – С. 54–65.

142. Сотченко, Д. Ю. Исследование морфологии крахмалов из зерна перспективных гибридов кукурузы и их родительских форм / Д. Ю. Сотченко, Е. В. Жиркова // Биохимическая физика. – 2018. – С. 153–154.

143. Сотченко, Е. Ф. Значение сахарной кукурузы для жизни человека / Е. Ф. Сотченко, Е. А. Конарева // Научно-технический и социально-экономический потенциал развития АПК РФ. – 2022. – С. 244–248.

144. Сотченко, Ю. В. Биологические особенности гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан / Ю. В. Сотченко, Е. Ф. Сотченко, Б. Н. Сотченко // Теория и практика современной аграрной науки. – 2020. – С. 283–287.

145. Сохроков, А. М. Исследование динамических процессов тепло- и массопереноса сушки активным вентилированием / А. М. Сохроков // Известия Кабардино-Балкарского гос. аграр. ун-та. – 2022. – № 4 (38). – С. 130–135.

146. Ставцев, А. Н. Мировой рынок кукурузы и продуктов ее переработки в контексте развития органического сельского хозяйства / А. Н. Ставцев, Х. Н. Гасанова, А. Н. Осипов // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2022. – № 5. – С. 46–54.

147. Сулиев, З. Б. Анализ повреждаемости зерна кукурузы и основные требования к обмолоту початков кукурузы / З. Б. Сулиев // Актуальные вопросы развития современных технологий. – 2022. – С. 107–111.

148. Супрунов, А. И. Селекция гибридов кукурузы различных групп спелости с быстрой отдачей влаги зерном при созревании / А. И. Супрунов, Н. В. Парпуренко // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, посв. 100-летию кафедры генетики СПбГУ, и ассоциированные симпозиумы. – 2019. – С. 159–159.

149. Супрунов, А. И. Селекция гибридов сахарной кукурузы в НЦЗ им. П. П. Лукьяненко // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2020. – № 162. – С. 391–397.

150. Супрунов, А. И. Селекция раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы с пониженной уборочной влажностью зерна при созревании / А. И. Супрунов,

А. А. Терещенко, А. Ю. Слащев // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 123. – С. 113–126.

151. Терещенко, А. А. Селекция среднеранних гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании в условиях центральной зоны Краснодарского края / А. А. Терещенко, А. И. Супрунов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 1. – С. 30–32.

152. Технология массового ускоренного получения гомозиготных линий / Э. Р. Забирова, М. В. Чумак, О. А. Шацкая, В. С. Щербак // Кукуруза и сорго. – 1996. – № 4. – С. 17–19.

153. Тишанинов, К. Н. Проблемы современной послеуборочной очистки зерна / К. Н. Тишанинов // Наука в центральной России. – 2020. – № 1. – С. 27–35.

154. Труфляк, Е. В. Изучение механического повреждения початка кукурузы при его отрыве в кукурузоуборочной жатке / Е. В. Труфляк, В. С. Кравченко, И. А. Гончарова // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2008. – № 38.

155. Угрозов, В. В. Сорбция и десорбция паров воды зернами нативного крахмала некоторых культур / В. В. Угрозов, Н. Н. Шебершнева, А. Н. Филиппов // Коллоидный журнал. – 2008. – Т. 70, № 3. – С. 402–407.

156. Фетюхин, И. В. Влияние агротехнических приемов на фитометрические показатели посевов кукурузы / И. В. Фетюхин, В. В. Толпинский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2020. – № 164. – С. 239–247.

157. Формирование урожая гибридов кукурузы в условиях Республики Башкортостан / Б. Г. Ахияров [и др.] // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 1 (29). – С. 28–37.

158. Хатефов, Э. Б. Создание и оценка новых источников амилопектинового крахмала на основе линий восковидной кукурузы (*Zea mays ceratina*) из коллекции ВИР / Э. Б. Хатефов, С. П. Аппаев, А. Р. Коцева // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 1. – С. 57–62.

159. Хорошилов, С. А. Выделение генотипов для создания гибридов кукурузы с пониженной влажностью зерна к уборке / С. А. Хорошилов, А. Н. Воронин,

Г. М. Журба // Селекция, семеноводство, технология возделывания кукурузы. – Пятигорск, 2009. – С. 111–117.

160. Хорошилов, С. А. Генетические закономерности потери влаги зерном кукурузы при созревании : дис. ... канд. биол. наук : 06.01.05 / Хорошилов Сергей Анатольевич. – Белгород, 2006. – 136 с.

161. Цаценко, Л. В. Иконография кукурузы в курсе История и методология научной агрономии / Л. В. Цаценко // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2016. – № 121.

162. Цаценко, Л. В. История сельскохозяйственных и ветеринарных наук: генетика / Л. В. Цаценко. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – 122 с.

163. Цедик, О. Д. Изучение возможности получения масла из зерна кукурузы белорусской селекции / О. Д. Цедик, Т. В. Прохорцова, Е. В. Окунь // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. – 2019. – С. 429–433.

164. Частная селекция полевых культур : учебник / В. В. Пыльнев, Ю. Б. Коновалов, Т. И. Хупацария, О. А. Буко. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 544 с.

165. Чеботарев, В. П. Теоретическое описание явлений процесса сушки единичной зерновки / В. П. Чеботарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – Т. 1, № 44. – С. 131–142.

166. Чекмарев, П. А. Влияние сорта и уровня питания на урожайность кукурузы при возделывании на зерно / П. А. Чекмарев, В. Н. Фомин, С. Л. Турнин // Проблемы инновационного развития АПК: кадры, технологии, эффективность : сб. науч. статей. – Казань : Бриг, 2017. – № 11. – С. 200–206.

167. Чилашвили, И. М. Оценка нового исходного материала для селекции ранних и среднеранних гибридов кукурузы / И. М. Чилашвили // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2012. – № 79.

168. Чистяков, С. Н. Изучение динамики влагоотдачи зерном у линий и гибридов кукурузы при его созревании / С. Н. Чистяков, А. И. Супрунов, Р. В. Ласкин //

Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 84. – С. 520–531.

169. Чистяков, С. Н. Оценка экологической пластичности и стабильности новых гибридов кукурузы с быстрой влагоотдачей зерна при созревании / С. Н. Чистяков, А. И. Супрунов, И. М. Чилашвили // Научный журнал КубГАУ. – Краснодар, 2013. – № 88.

170. Чистяков, С. Н. Создание и оценка исходного материала для селекции на быструю отдачу влаги зерном кукурузы при созревании : автореферат дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / Чистяков Станислав Николаевич. – Краснодар, 2013. – 24 с.

171. Чугунова, Е. В. Об результатах экологического сортоиспытания гибридов кукурузы, по признаку уборочной влажности зерна, по богаре и орошению в условиях Волгоградской области / Е. В. Чугунова, Е. И. Васильева // Кукуруза и сорго. – 2015. – № 4. – С. 14–19.

172. Шамин, А. Е. Производство зерна в России: достижения, существующие и возможные проблемы / А. Е. Шамин, В. П. Заикин, А. Ю. Лисина // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 3 (130). – С. 110–121.

173. Шекихачев, Ю. А. Физико-механические характеристики зерна и початков кукурузы / Ю. А. Шекихачев, Л. З. Шекихачева // NovaInfo. Ru. – 2016. – Т. 3, № 44. – С. 41–46.

174. Шиянова, Т. П. Жирнокислотный состав масла эндоспермальных мутантов кукурузы в связи с долговечностью семян при хранении / Т. П. Шиянова, О. Г. Супрун, Р. Л. Богуславский // Вестник БарГУ. Сер. Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2019. – № 7. – С. 139–147.

175. Юлдашев, В. Э. Режимы сушки сельскохозяйственных культур / В. Э. Юлдашев // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. – 2019. – С. 158–161.

176. Якимова, А. Е. Проблема совершенствование учета затрат и исчисление себестоимости продукции растениеводства / А. Е. Якимова, Н. В. Акимова // Научные исследования в аграрном секторе экономики: вопросы и достижения. – 2019. – С. 265–272.

177. Ячменева, Е. В. Биологические особенности возделывания сахарной кукурузы / Е. В. Ячменева, Н. А. Щербакова // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 183.

178. Al-Kazaali, A. Responce of corn grain traits to harvesting moisture / Al- H. A. Kazaali, F. Y. Baktash // The Iraqi Journal of Agricultural Science. – 2017. – Т. 48. – P. 12.

179. Brooking, Ian R. Maize ear moisture during grain-filling, and its relation to physiological maturity and grain-drying / Ian R. Brooking // Field Crops Research. – Amsterdam, 1990. – № 23. – P. 55–68.

180. Cardador-Martínez, A. Preliminary Study on the Effect of the Instant Controlled Pressure Drop Technology (DIC) on Drying and Rehydration Kinetics of Maize Kernels (*Zea mays* L.) / A. Cardador-Martínez, J. L. Pech-Almeida, K. Allaf // Foods. – 2022. – Т. 11, № 14. – P. 21–51.

181. Choque-Quispe, D. Storage Conditions and Adsorption Thermodynamic Properties for Purple Corn / D. Choque-Quispe, B. S. Ramos-Pacheco // Foods. – 2022. – Т. 11, № 6. – P. 828.

182. Concave design for high-moisture corn ear threshing / D. Steponavičius [et al.] // Mechanika. – 2018. – Vol. 24, № 1. – P. 80–91.

183. De Oliveira, G. H. H. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.) / G. H. H. De Oliveira, P. C. Corrêa, E. F. Araujo // International Journal of Food Science & Technology. – 2010. – Т. 45, № 3. – P. 546–554.

184. Design and development of capacitance based moisture measurement for grains / A. Tinna, N. Parmar, S. Bagla, D. Goya // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Т. 43. – P. 263–267.

185. Effects of Storage Moisture Content on Corn Stover Biomass Stability, Composition, and Conversion Efficacy / W. A. Smith [et al.] // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2020. – Т. 8. – P. 716.

186. Fan, L. F. Nondestructive measurement of husk-covered corn kernel layer dynamic moisture content in the field / L. F. Fan, Z. Q. Chai, P. F. Zhao, Z. F. Tian // Computers and Electronics in Agriculture. – 2021. – Т. 182. – P. 106–113.

187. Genetic dissection of grain water content and dehydration rate related to mechanical harvest in maize / J. Liu, H. Yu, Y. Liu [et al.] // *BMC Plant Biol.* – 2020. – T. 2 – P. 118.

188. Genome-wide association study of kernel moisture content at harvest stage in maize / G. Zhou, D. Hao, L. Xue, G. Chen, H. Lu, Z. Zhang // *Breeding science.* – 2018. – T. 68, № 5. – P. 622–628.

189. Gomes, A. L. M. Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain / A. L. M. Gomes, A. V. I. Bueno, F. A. Jacovaci // *Journal of Animal Science.* – 2020. – T. 98, № 11. – P. 332.

190. Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding / Sangam L. Dwivedi, Anne B. Britt, Leena Tripathi, Shivali Sharma, Hari D. Upadhyaya // *Biotechnology Advances.* – 2015. – № 33. – P. 812–829.

191. Hassan, A. B. Effect of microwave heating on the physiochemical characteristics, colour and pasting properties of corn (*Zea mays* L.) grain / A. B. Hassan, E. Pawelzik, D. von Hoersten // *LWT.* – 2021. – T. 138. – P. 110–117.

192. Identification of Associations between SSR Markers and Quantitative Traits of Maize (*Zea mays* L.) / J. Bocianowski [et al.] // *Agronomy.* – 2021. – T. 11, № 1. – P. 182.

193. Jafari, A. Evaluation of grain moisture measurement methods suited for developing countries / A. Jafari, M. Tumbleson, K. D. Rausch // *Journal of Stored Products Research.* – 2022. – T. 98. – P. 102–108.

194. Kumar, D. Nutritional, Medicinal and Economical importance of Corn: A Mini Review / D. Kumar, A. Narayan Jhariya // *Research Journal of Pharmaceutical Sciences.* – 2013. – № 2 (7) – P. 7–8.

195. Mohammadi, Shad Z. Front-end corn germ separation: Process variations and effects on downstream products recovery and quality / Shad Z. Mohammadi, C. Venkatasamy, B. Lamsal // *Cereal Chemistry.* – 2021. – T. 98, № 2. – P. 189–211.

196. Molecular and historical aspects of corn belt dent diversity / J. A. Labate [et al.] // *Crop Science.* – 2003. – T. 43, № 1. – P. 80–91.

197. Moser, P. Patent citations – an analysis of quality differences and citing practices in hybrid corn / P. Moser, J. Ohmstedt, P. W. Rhode // *Management Science*. – 2018. – Vol. 64. – P. 1926–1940.

198. Mousavi, S. N. Evaluation of decreasing moisture content of different maize genotypes / S. N. Mousavi, K. Bodnár, J. Nagy // *Acta Agraria Debreceniensis*. – 2018. – № 74. – P. 147–151.

199. Multivariate analysis to determine secondary characters in selecting adaptive hybrid corn lines under drought stress / N. U. R. Fadhli [et al.] // *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. – 2020. – № 8. – P. 3617–3624.

200. New Sensing Technologies for Grain Moisture / O. Flor, H. Palacios, F. Suárez, K. Salazar, L. Reyes // *Agriculture*. – 2022. – T. 12, № 3. – P. 386.

201. Ortez, O. A. Conditions potentially affecting corn ear formation, yield, and abnormal ears: A review / O. A. Ortez, A. J. McMechan, T. Hoegemeyer // *Crop, Forage & Turfgrass Management*. – 2022. – T. 8, № 2. – P. 201–217.

202. Parvej, M. R. Dynamics of corn dry matter content and grain quality after physiological maturity / M. R. Parvej, C. R. Hurburgh, H. M. Hanna // *Agronomy Journal*. – 2020. – T. 112, № 2. – P. 998–1011.

203. Purdy, J. L. Influence of Pericarp on Differential Drying Rate in «Mature» Corn (*Zea mays* L.) / J. L. Purdy, P. L. Crane // *Crop Science*. – 1967. – T. 7, № 4. – P. 379–381.

204. Ramli, N. A. M. A review on frequency selection in grain moisture content detection / N. A. M. Ramli, M. H. F. Rahiman // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – IOP Publishing, 2019. – T. 705, № 1. – P. 120–200.

205. Rogovskii, I. The mathematical modeling of changes in grain moisture and heat loss on adsorption drying from parameters of grain dryer / I. L. Rogovskii, S. P. Stepanenko // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – IOP Publishing, 2020. – T. 548, № 8. – P. 182–197.

206. Serna-Saldivar, S. O. Corn History and Culture / S. O. Serna-Saldivar, S. Garcia-Lara // *Corn (Third Edition). Chemistry and Technology*. – 2019. – P. 1–18.

207. Serna-Saldivar, S. O. History of corn and wheat tortillas / S. O. Serna Saldivar, (Eds.), L. W. Rooney // *Wheat Flour and Corn Products*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul. – 2015. – P. 1–28.

208. Siyuan, S. Corn phytochemicals and their health benefits / S. Siyuan, L. Tong, R. H. Liu // *Food Science and Human Wellness*. – 2018. – T. 7, № 3. – P. 185–195.

209. The genetic architecture of the dynamic changes in grain moisture in maize / W. Li, Y. Yu, L. Wang, Y. Luo, Y. Peng // *Plant Biotechnology Journal*. – 2021. – T. 19, № 6. – P. 1195–1205.

210. Time-resolved multiomics analysis of the genetic regulation of maize kernel moisture / J. Qu, S. Xu, X. Gou, H. Zhang, Q. Cheng, X. Wang // *The Crop Journal*. – 2023. – T. 11, № 1. – P. 247–257.

211. Tivy, J. *Agricultural Ecology* / J. Tivy. – New York : Routledge 2 Park Square, 2014. – P. 29.

212. Tx741, Tx777, Tx779, Tx780, and Tx782 inbred maize lines for yield and southern United States stress adaptation / S. C. Murray [et al.] // *Journal of Plant Registrations*. – 2019. – Vol. 13. – P. 258–269.

213. Wang, J. Influence of pulsed vacuum drying on drying kinetics and nutritional value of corn kernels / J. Wang, J. W. Dai, S. L. Yang // *Journal of Food Process Engineering*. – 2020. – T. 43, № 12. – P. 135–150.

214. Ziegler, V. Grain storage systems and effects of moisture, temperature and time on grain quality. A review / V. Ziegler, R. T. Paraginski, C. D. Ferreira // *Journal of Stored Products Research*. – 2021. – T. 91. – P. 101–107.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Влажность зерна раннеспелых линий и погодные условия в годы проведения исследований

Название	Год	Период	Влажность зерна, %	Среднесуточная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Сумма осадков, мм
Кл7901	2020	19.08–24.08	18,1	23,2	56,0	5,1
		24.08–28.08	10,5	23,1	54,0	0,0
		28.08–03.09	10,5	25,3	53,0	0,0
	2021	19.08–24.08	18,7	23,6	79,0	23,0
		24.08–29.08	12,4	25,8	64,0	0,0
		29.08–04.09	16,2	22,9	69,0	21,0
	2022	31.08–04.09	11,3	25,5	55,0	0,9
		04.09–09.09	11,3	17,2	53,0	0,9
		09.09–14.09	13,4	18,8	62,0	9,1
Кл421	2020	19.08–24.08	11,5	23,2	56,0	5,1
		24.08–28.08	11,3	23,1	54,0	0,0
		28.08–03.09	9,4	25,3	53,0	0,0
	2021	23.08–28.08	13,3	25,1	68,0	2,0
		28.08–04.09	16,5	23,3	69,0	21,0
		04.09–07.09	14,1	16,5	65,0	0,0
	2022	06.09–11.09	12,2	17,2	49,0	5,1
		11.09–16.09	13,1	20,1	65,0	9,4
		16.09–21.09	12,9	22,0	60,0	4,1
Кл7421	2020	19.08–24.08	24,3	23,2	56,0	5,1
		24.08–28.08	22,3	23,1	54,0	0,0
		28.08–03.09	11,3	25,3	53,0	0,0
	2021	19.08–24.08	26,1	23,6	79,0	23,0
		24.08–29.08	16,8	25,8	64,0	0,0
		29.08–04.09	15,0	22,9	69,0	21,0
	2022	31.08–04.09	23,3	25,5	55,0	0,9
		04.09–09.09	20,4	17,2	53,0	0,9
		09.09–14.09	19,1	18,8	62,0	9,1
S54555	2020	22.08–27.08	19,4	22,9	53,0	0,1
		27.08–01.09	14,1	24,6	54,0	0,0
		01.09–06.09	14,1	25,2	59,0	40,0
	2021	24.08–29.08	18,8	25,8	64,0	0,0
		29.08–04.09	16,5	22,9	69,0	21,0
		04.09–09.09	16,5	16,9	63,0	0,0
	2022	31.08–04.09	17,2	25,5	55,0	0,9
		04.09–09.09	11,8	17,2	53,0	0,9
		09.09–14.09	13,3	18,8	62,0	9,1

Таблица А2 – Влажность зерна среднеранних линий и погодные условия в годы проведения исследований

Название	Год	Период	Влажность зерна, %	Среднесуточная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Сумма осадков, мм
1	2	3	4	5	6	7
Кл7407	2020	23.08–28.08	23,3	23,0	53,0	0,1
		28.08–03.09	13,6	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	13,6	23,8	70,0	108
	2021	03.09–09.09	26,9	26,7	64,0	0,3
		03.09–09.09	15,6	20,0	75,0	21,0
		03.09–09.09	13,6	17,3	62,0	0,0
	2022	03.09–09.09	25,0	26,7	57,0	3,1
		03.09–09.09	16,3	24,5	58,0	0,9
		03.09–09.09	13,8	17,2	53,0	0,0
Кл7209	2020	03.09–09.09	16,4	23,0	53,0	0,1
		03.09–09.09	11,0	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	11,0	23,8	70,0	108,0
	2021	03.09–09.09	16,5	26,5	60,0	0,0
		03.09–09.09	14,7	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	12,5	16,9	63,0	0,0
	2022	03.09–09.09	16,4	18,6	51,0	0,9
		03.09–09.09	15,6	18,5	57,0	7,1
		03.09–09.09	13,2	21,6	65,0	10,0
Кл7801	2020	03.09–09.09	15,2	23,0	53,0	0,1
		03.09–09.09	12,5	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	12,5	23,8	70,0	108,0
	2021	03.09–09.09	16,1	26,5	60,0	0,0
		03.09–09.09	19,9	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	14,3	16,9	63,0	0,0
	2022	03.09–09.09	16,5	20,2	53,0	0,9
		03.09–09.09	13,8	17,7	53,0	0,0
		03.09–09.09	14,0	20,8	67,0	10,0
Кл7201 МВ	2020	03.09–09.09	28,0	23,0	53,0	0,1
		03.09–09.09	26,6	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	22,3	23,8	70,0	108,0
	2021	03.09–09.09	26,6	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	24,2	16,6	66,0	0,0
		03.09–09.09	18,3	17,4	63,0	0,8
	2022	03.09–09.09	27,2	26,7	62,0	3,1
		03.09–09.09	25,3	23,9	56,0	0,9
		03.09–09.09	20,2	16,4	52,0	0,0

Продолжение таблицы А2

1	2	3	4	5	6	7
Кл7202 МВ	2020	03.09–09.09	22,6	23,0	53,0	0,1
		03.09–09.09	19,4	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	16,5	23,8	70,0	108,0
	2021	03.09–09.09	30,0	26,5	60,0	0,0
		03.09–09.09	21,3	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	19,2	16,9	63,0	0,0
	2022	03.09–09.09	25,9	18,6	51,0	0,9
		03.09–09.09	20,9	18,5	57,0	7,1
		03.09–09.09	15,4	21,6	65,0	10,0
70/2	2020	03.09–09.09	22,4	23,0	53,0	0,1
		03.09–09.09	11,2	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	11,2	23,8	70,0	108,0
	2021	03.09–09.09	23,8	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	20,4	16,6	66,0	0,0
		03.09–09.09	13,2	17,4	63,0	0,8
	2022	03.09–09.09	19,8	26,7	62,0	3,1
		03.09–09.09	15,6	23,9	56,0	0,9
		03.09–09.09	10,4	16,4	52,0	0,0
80/1	2020	03.09–09.09	19,9	24,3	55,0	0,0
		03.09–09.09	14,9	26,6	48,0	0,0
		03.09–09.09	13,5	22,6	71,0	108,0
	2021	03.09–09.09	17,6	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	14,7	16,6	66,0	0,0
		03.09–09.09	13,5	17,4	63,0	0,8
	2022	03.09–09.09	22,3	26,7	62,0	3,1
		03.09–09.09	17,7	23,9	56,0	0,9
		03.09–09.09	13,4	16,4	52,0	0,0

Таблица А3 – Влажность зерна среднеспелых линий и погодные условия в годы проведения исследований

Назва- ние	Год	Период	Влаж- ность зерна,%	Среднесуточная температура воз- духа, °С	Относительная влажность воз- духа, %	Сумма осадков, мм
1	2	3	4	5	6	7
Кл7427	2020	26.08–31.08	20,0	24,3	55,0	0,0
		31.08–06.09	15,3	25,4	56,0	40,0
		06.09–10.09	13,6	21,2	78,0	89,0
	2021	30.08–04.09	20,7	22,00	72,0	21,0
		04.09–08.09	14,3	16,8	63,0	0,0
		08.09–13.09	14,0	18,7	66,0	2,1

Продолжение таблицы А3

1	2	3	4	5	6	7
Кл7427	2022	27.08–01.09	21,7	26,6	64,0	3,0
		01.09–06.09	15,2	22,3	53,0	0,9
		06.09–11.09	12,7	17,2	49,0	0,0
Кл7401	2020	26.08–31.08	26,3	24,3	55,0	0,0
		31.08–04.09	20,1	26,6	48,0	0,0
		04.09–10.09	21,6	22,6	71,0	108,0
	2021	30.08–04.09	25,6	22,0	72,0	21,0
		04.09–06.09	23,5	16,6	66,0	0,0
		06.09–11.06	22,4	17,4	63,0	0,8
	2022	26.08–31.08	27,7	26,7	62,0	3,1
		31.08–05.08	22,5	23,9	56,0	0,9
		05.08–10.08	21,3	16,4	52,0	0,0
Кл7435	2020	26.08–31.08	22,9	24,3	55,0	0,0
		31.08–04.09	11,1	26,6	48,0	0,0
		04.09–10.09	11,1	22,6	71,0	108,0
	2021	30.08–04.09	28,1	22,0	72,0	21,0
		04.09–08.09	19,5	16,8	63,0	0,0
		08.09–13.09	18,4	18,7	66,0	2,1
	2022	29.08–03.09	20,4	25,8	61,0	3,0
		03.09–08.09	14,7	18,6	51,0	0,9
		08.09–13.09	14,9	18,5	57,0	7,1
Кл7408	2020	26.08–31.08	26,6	24,3	55,0	0,0
		31.08–06.09	14,4	25,4	56,0	40,0
		06.09–10.09	14,4	21,2	78,0	89,0
	2021	30.08–04.09	32,0	22,0	72,0	21,0
		04.09–09.09	25,2	16,9	63,0	0,0
		09.09–14.09	18,2	19,3	70,0	2,1
	2022	29.08–03.09	25,4	25,8	61,0	3,0
		03.09–08.09	21,4	18,6	51,0	0,9
		08.09–13.09	16,3	18,5	57,0	7,1
80/2	2020	27.08–01.09	29,1	24,6	54,0	0,0
		01.09–06.09	25,7	25,2	59,0	40,0
		06.09–10.09	18,4	21,2	78,0	89,0
	2021	27.08–01.09	24,4	26,5	66,0	0,6
		01.09–06.09	16,0	18,4	72,0	21,0
		06.09–11.09	14,5	17,4	63,0	0,8

Продолжение таблицы А3

1	2	3	4	5	6	7
80/2	2022	25.08–30.08	25,7	26,6	57,0	3,1
		30.08–04.09	18,4	25,5	58,0	0,9
		04.09–09.09	15,4	17,2	53,0	0,9
69/1	2020	03.09–09.09	29,8	24,3	55,0	0,0
		03.09–09.09	20,6	25,4	56,0	40,0
		03.09–09.09	19,0	21,2	78,0	89,0
	2021	03.09–09.09	33,6	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	24,6	16,8	63,0	0,0
		03.09–09.09	19,1	18,7	66,0	2,1
	2022	03.09–09.09	23,9	26,5	63,0	3,0
		03.09–09.09	19,0	20,2	53,0	0,9
		03.09–09.09	14,7	17,7	53,0	0,0
69/3	2020	03.09–09.09	27,0	24,3	55,0	0,0
		03.09–09.09	19,9	25,4	56,0	40,0
		03.09–09.09	13,5	21,2	78,0	89,0
	2021	03.09–09.09	32,4	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	29,6	16,9	63,0	0,0
		03.09–09.09	16,1	19,3	70,0	2,1
	2022	03.09–09.09	22,4	26,6	64,0	3,0
		03.09–09.09	19,9	22,3	53,0	0,9
		03.09–09.09	12,9	17,2	49,0	0,0
69/7	2020	03.09–09.09	29,2	24,3	55,0	0,0
		03.09–09.09	23,8	25,4	56,0	40,0
		03.09–09.09	16,9	21,2	78,0	89,0
	2021	03.09–09.09	33,9	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	30,2	16,5	65,0	0,0
		03.09–09.09	25,9	18,0	66,0	2,1
	2022	03.09–09.09	31,2	26,5	63,0	3,0
		03.09–09.09	23,5	20,2	53,0	0,9
		03.09–09.09	22,5	17,7	53,0	0,0
(Кл7408+ Кл7427)- 20-1-1- 1-1	2020	03.09–09.09	25,9	26,1	47,0	0,0
		03.09–09.09	22,3	23,8	70,0	108,0
		03.09–09.09	13,5	21,9	56,0	20,0
	2021	03.09–09.09	29,2	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	24,2	16,9	63,0	0,0
		03.09–09.09	16,7	19,3	70,0	2,1
	2022	03.09–09.09	32,6	26,7	57,0	3,1
		03.09–09.09	26,2	24,5	58,0	0,9
		03.09–09.09	20,0	17,2	53,0	0,0

Продолжение таблицы А3

1	2	3	4	5	6	7
(Кл7408+ Кл7427)- 23-1-1-1-1	2020	03.09–09.09	19,0	24,3	55,0	0,9
		03.09–09.09	11,1	26,6	48,0	0,0
		03.09–09.09	11,1	23,1	73,0	108,0
	2021	03.09–09.09	21,7	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	16,4	16,5	65,0	0,0
		03.09–09.09	14,0	18,0	66,0	2,1
	2022	03.09–09.09	23,8	26,7	62,0	3,1
		03.09–09.09	17,5	23,9	56,0	0,9
		03.09–09.09	13,6	16,4	52,0	0,0
79/2	2020	03.09–09.09	27,8	23,0	53,0	0,1
		03.09–09.09	18,5	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	16,5	23,8	70,0	108,0
	2021	03.09–09.09	26,3	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	21,0	16,6	66,0	0,0
		03.09–09.09	14,8	17,4	63,0	0,8
	2022	03.09–09.09	26,0	26,6	64,0	3,0
		03.09–09.09	16,6	22,3	53,0	0,9
		03.09–09.09	15,2	17,2	49,0	0,0
79/5	2020	03.09–09.09	15,3	24,3	55,0	0,0
		03.09–09.09	11,5	26,6	48,0	0,0
		03.09–09.09	11,5	22,6	71,0	108,0
	2021	03.09–09.09	27,3	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	20,9	16,6	66,0	0,0
		03.09–09.09	13,9	17,4	63,0	0,8
	2022	03.09–09.09	15,6	26,5	63,0	3,0
		03.09–09.09	12,4	20,2	53,0	0,9
		03.09–09.09	11,6	17,7	53,0	0,0
79/6	2020	26.08–31.08	21,5	24,3	55,0	0,0
		31.08–06.09	15,2	25,4	56,0	40,0
		06.09–10.09	13,5	21,2	78,0	89,0
	2021	30.08–04.09	22,8	22,0	72,0	21,0
		04.09–07.09	17,9	16,5	65,0	0,0
		07.09–12.09	14,0	18,0	66,0	2,1
	2022	30.08–04.09	22,3	25,5	58,0	0,9
		04.09–09.09	15,7	17,2	53,0	0,9
		09.09–14.09	14,0	18,8	62,0	9,1

Продолжение таблицы А3

1	2	3	4	5	6	7
79/8	2020	03.09–09.09	25,8	24,3	55,0	0,0
		03.09–09.09	19,8	26,6	48,0	0,0
		03.09–09.09	17,8	23,1	73,0	108,0
	2021	03.09–09.09	27,3	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	25,7	16,5	65,0	0,0
		03.09–09.09	17,0	18,0	66,0	2,1
	2022	03.09–09.09	22,6	26,6	64,0	3,0
		03.09–09.09	18,3	22,3	53,0	0,9
		03.09–09.09	18,3	17,2	49,0	0,0
79/12	2020	03.09–09.09	19,3	23,0	53,0	0,1
		03.09–09.09	12,4	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	12,4	23,8	70,0	108,0
	2021	03.09–09.09	19,4	26,7	64,0	0,3
		03.09–09.09	17,3	20,0	75,0	21,0
		03.09–09.09	14,0	17,3	62,0	0,0
	2022	03.09–09.09	19,8	26,6	64,0	3,0
		03.09–09.09	19,3	22,3	53,0	0,9
		03.09–09.09	13,6	17,2	49,0	0,0
7400/18	2020	03.09–09.09	22,2	24,3	55,0	0,0
		03.09–09.09	15,8	25,4	56,0	40,0
		03.09–09.09	12,3	21,2	78,0	89,0
	2021	03.09–09.09	17,0	26,5	60,0	0,0
		03.09–09.09	20,3	22,0	72,0	21,0
		03.09–09.09	13,5	16,9	63,0	0,0
	2022	03.09–09.09	27,5	26,7	57,0	3,1
		03.09–09.09	11,4	24,5	58,0	0,9
		03.09–09.09	11,2	17,2	53,0	0,0
(Кл7401+ Кл7427)- 1-1-1-1- 1-1	2020	26.08–31.08	19,2	24,3	55,0	0,0
		31.08–06.09	24,4	25,4	56,0	40,0
		06.09–10.09	21,1	21,2	78,0	89,0
	2021	30.08–04.09	22,1	22,0	72,0	21,0
		04.09–09.09	18,1	16,9	63,0	0,0
		09.09–14.09	16,0	19,3	70,0	2,1
	2022	26.08–31.08	27,5	26,7	62,0	3,1
		31.08–05.08	25,4	23,9	56,0	0,9
		05.08–10.08	16,4	16,4	52,0	0,0

Продолжение таблицы А3

1	2	3	4	5	6	7
(Кл7427+ Кл7435)- 2-2-1-1- 1-1	2020	23.08–28.08	22,2	23,0	53,0	0,1
		28.08–03.09	15,6	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	14,3	23,8	70,0	108,0
	2021	26.08–31.08	22,3	26,7	64,0	0,3
		31.08–05.09	18,6	20,0	75,0	21,0
		05.09–10.09	14,5	17,3	62,0	0,0
	2022	25.08–30.08	29,1	26,7	57,0	3,1
		30.08–04.09	18,1	25,5	58,0	0,9
		04.09–09.09	16,2	17,2	53,0	0,9
(Кл7427+ Кл7435)- 1-4-1-1- 1-1	2020	23.08–28.08	25,3	23,0	53,0	0,1
		28.08–03.09	17,6	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	14,1	23,8	70,0	108,0
	2021	25.08–30.08	26,4	26,6	57,0	3,1
		30.08–04.09	17,1	25,5	58,0	0,9
		04.09–09.09	13,6	17,2	53,0	0,9
	2022	25.08–30.08	24,3	26,6	57,0	3,1
		30.08–04.09	18,2	25,5	58,0	0,9
		04.09–09.09	14,8	17,2	53,0	0,9
(Кл7427+ Кл7435)- 2-1-1-2- 1-1	2020	23.08–28.08	32,0	23,0	53,0	0,1
		28.08–03.09	25,7	25,3	53,0	0,0
		03.09–09.09	19,3	23,8	70,0	108,0
	2021	30.08–04.09	32,3	22,0	72,0	21,0
		04.09–07.09	22,9	16,5	65,0	0,0
		07.09–12.09	17,8	18,0	66,0	2,1
	2022	25.08–30.08	31,6	26,6	57,0	3,1
		30.08–04.09	28,7	25,5	58,0	0,9
		04.09–09.09	20,8	17,2	53,0	0,9
7400/20	2020	30.08–04.09	26,2	26,4	47,0	0,0
		04.09–09.09	25,2	23,1	73,0	108,0
		09.09–14.09	19,1	21,9	56,0	20,0
	2021	03.09–08.09	34,9	16,7	65,0	14,0
		08.09–13.09	32,4	18,7	66,0	2,1
		13.09–18.09	20,1	19,7	65,0	0,0
	2022	29.08–03.09	30,2	25,8	61,0	3,0
		03.09–08.09	23,1	18,6	51,0	0,9
		08.09–13.09	20,3	18,5	57,0	7,1

Таблица А4 – Влажность зерна среднепоздних линий и погодные условия в годы проведения исследований

Название	Год	Период	Влажность зерна, %	Среднесуточная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Сумма осадков, мм
Кл7424	2020	26.08–31.08	24,9	24,3	55,0	0,0
		31.08–06.09	18,3	25,4	56,0	40,0
		06.09–10.09	14,4	21,2	78,0	89,0
	2021	30.08–04.09	23,1	22,0	72,0	21,0
		04.09–08.09	22,7	16,8	63,0	0,0
		08.09–13.09	15,1	18,7	66,0	2,1
	2022	27.08–01.09	24,4	26,6	64,0	3,0
		01.09–06.09	17,3	22,3	53,0	0,9
		06.09–11.09	15,4	17,2	49,0	0,0
Кл7437	2020	30.08–04.09	28,6	26,4	47,0	0,0
		04.09–09.09	25,1	23,1	73,0	108,0
		09.09–14.09	17,0	21,9	56,0	20,0
	2021	03.09–08.09	33,3	16,7	65,0	14,0
		08.09–13.09	33,1	18,7	66,0	2,1
		13.09–18.09	31,8	19,7	65,0	0,0
	2022	29.08–03.09	31,3	25,8	61,0	3,0
		03.09–08.09	26,8	18,6	51,0	0,9
		08.09–13.09	20,1	18,5	57,0	7,1
7400/15	2020	30.08–04.09	26,2	26,4	47,0	0,0
		04.09–09.09	25,2	23,1	73,0	108,0
		09.09–14.09	19,1	21,9	56,0	20,0
	2021	03.09–08.09	34,9	16,7	65,0	14,0
		08.09–13.09	32,4	18,7	66,0	2,1
		13.09–18.09	20,1	19,7	65,0	0,0
	2022	29.08–03.09	30,2	25,8	61,0	3,0
		03.09–08.09	23,1	18,6	51,0	0,9
		08.09–13.09	20,3	18,5	57,0	7,1

Таблица А5 – Результаты дисперсионного анализа погодных показателей

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
1	2	3	4	5	6
Относительная влажность воздуха на 45-й день после цветения					
Между годами	2	31609,00	1897,9**	60,18	78,3

Продолжение таблицы А5

1	2	3	4	5	6
Остаточная	1572	16,65	–	16,65	21,7
Относительная влажность воздуха на 46-й день после цветения					
Между годами	2	32236,00	1486,9**	61,36	73,9
Остаточная	1572	21,68	–	21,68	26,1
Относительная влажность воздуха на 47-й день после цветения					
Между годами	2	26724,57	1304,7**	50,86	71,3
Остаточная	1572	20,48	–	20,48	28,7
Относительная влажность воздуха на 48-й день после цветения					
Между годами	2	33257,71	1798,6**	63,31	77,4
Остаточная	1572	18,49	–	18,49	22,6
Относительная влажность воздуха на 49-й день после цветения					
Между годами	2	33467,29	1869,1**	63,71	78,1
Остаточная	1572	17,91	–	17,91	21,9
Относительная влажность воздуха на 50-й день после цветения					
Между годами	2	34493,71	1700,9**	65,66	76,4
Остаточная	1572	20,28	–	20,28	23,6
Относительная влажность воздуха на 51-й день после цветения					
Между годами	2	23248,00	1921,3**	44,26	78,5
Остаточная	1572	12,10	–	12,10	21,5
Относительная влажность воздуха на 52-й день после цветения					
Между годами	2	19396,71	1068,4**	36,91	67,0
Остаточная	1572	18,15	–	18,15	33,0
Относительная влажность воздуха на 53-й день после цветения					
Между годами	2	19929,00	704,4**	37,91	57,3
Остаточная	1572	28,29	–	28,29	42,7
Относительная влажность воздуха на 54-й день после цветения					
Между годами	2	16783,00	513,7**	31,91	49,4
Остаточная	1572	32,67	–	32,67	50,6
Относительная влажность воздуха на 55-й день после цветения					
Между годами	2	15302,71	457,0**	29,08	46,5
Остаточная	1572	33,48	–	33,48	53,5
Относительная влажность воздуха на 56-й день после цветения					
Между годами	2	21465,14	1633,2**	40,86	75,7
Остаточная	1572	13,14	–	13,14	24,3
Относительная влажность воздуха на 57-й день после цветения					
Между годами	2	31761,00	1063,0**	60,44	66,9
Остаточная	1572	29,88	–	29,88	33,1
Относительная влажность воздуха на 58-й день после цветения					
Между годами	2	38619,00	975,8**	73,48	65,0
Остаточная	1572	39,58	–	39,58	35,0

Продолжение таблицы А5

1	2	3	4	5	6
Относительная влажность воздуха на 59-й день после цветения					
Между годами	2	41847,57	777,0**	79,61	59,6
Остаточная	1572	53,86	–	53,86	40,4
Относительная влажность воздуха на 60-й день после цветения					
Между годами	2	46531,00	724,9**	88,51	58,0
Остаточная	1572	64,19	–	64,19	12,0
Среднесуточная температура воздуха на 45-й день после цветения					
Между годами	2	596,59	152,6**	1,13	22,4
Остаточная	1572	3,91	–	3,91	77,6
Среднесуточная температура воздуха на 46-й день после цветения					
Между годами	2	391,54	101,4**	0,74	16,1
Остаточная	1572	3,86	–	3,86	83,9
Среднесуточная температура воздуха на 47-й день после цветения					
Между годами	2	457,02	119,7**	0,86	18,4
Остаточная	1572	3,82	–	3,82	81,6
Среднесуточная температура воздуха на 48-й день после цветения					
Между годами	2	623,71	175,3**	1,18	24,9
Остаточная	1572	3,56	–	3,56	75,1
Среднесуточная температура воздуха на 49-й день после цветения					
Между годами	2	688,43	107,2**	1,30	16,8
Остаточная	1572	6,42	–	6,42	83,2
Среднесуточная температура воздуха на 50-й день после цветения					
Между годами	2	1011,49	182,2**	1,92	25,7
Остаточная	1572	5,55	–	5,55	74,3
Среднесуточная температура воздуха на 51-й день после цветения					
Между годами	2	1663,31	264,8**	3,16	33,4
Остаточная	1572	6,28	–	6,28	66,4
Среднесуточная температура воздуха на 52-й день после цветения					
Между годами	2	2670,71	349,8**	5,07	39,9
Остаточная	1572	7,64	–	7,64	60,1
Среднесуточная температура воздуха на 53-й день после цветения					
Между годами	2	3864,24	409,1**	7,34	43,7
Остаточная	1572	9,45	–	9,45	56,3
Среднесуточная температура воздуха на 54-й день после цветения					
Между годами	2	4892,26	428,4**	9,30	44,9
Остаточная	1572	11,42	–	11,42	55,1
Среднесуточная температура воздуха на 55-й день после цветения					
Между годами	2	4551,72	355,1**	8,65	40,3
Остаточная	1572	12,82	–	12,82	59,7
Среднесуточная температура воздуха на 56-й день после цветения					

Продолжение таблицы А5

1	2	3	4	5	6
Между годами	2	3668,59	1382,0**	6,98	72,5
Остаточная	1572	2,65	–	2,65	27,5
Среднесуточная температура воздуха на 57-й день после цветения					
Между годами	2	3733,05	1379,8**	7,11	72,4
Остаточная	1572	2,71	–	2,71	27,6
Среднесуточная температура воздуха на 58-й день после цветения					
Между годами	2	2745,07	648,5**	5,22	55,2
Остаточная	1572	4,23	–	4,23	44,8
Среднесуточная температура воздуха на 59-й день после цветения					
Между годами	2	2545,85	461,2**	4,84	46,7
Остаточная	1572	5,52	–	5,52	53,3
Среднесуточная температура воздуха на 60-й день после цветения					
Между годами	2	2903,77	481,7**	5,52	47,8
Остаточная	1572	6,03	–	6,03	52,2
Сумма осадков за 45-50-й день после цветения					
Между годами	2	30016,63	960,3**	57,11	64,6
Остаточная	1572	31,26	–	31,26	35,4
Сумма осадков за 50–55-й день после цветения					
Между годами	2	50317,21	167,7**	95,27	24,1
Остаточная	1572	299,98	–	299,98	75,9
Сумма осадков за 55–60-й день после цветения					
Между годами	2	1200285,86	2948,3**	2284,48	84,9
Остаточная	1572	407,11	–	407,11	15,1

Таблица А6 – Множественный ранговый тест средних значений суммы осадков (45–50-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
		3	4	5
Средней сухости	0,223	****		
Сырые	0,307	****		
Влажные	1,256		****	
Сухие	4,787			****

Таблица А7 – Множественный ранговый тест средних значений суммы осадков (45–50-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
		3	4	5
1	2	3	4	5
Средней сухости	0,333	****		

Продолжение таблицы А7

1	2	3	4	5
Сухие	2,000	****	****	
Влажные	6,533		****	
Сырые	16,191			****

Таблица А8 – Множественный ранговый тест средних значений суммы осадков (45–50-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Влажные	0,223		****	
Средней сухости	0,307			****
Сырые	1,256	****		
Сухие	4,787	****		

Таблица А9 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (45–50-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сырые (сухие)	53,964	****		
Средней сухости	54,138	****		
Влажные	54,229	****		
Сырые	56,145		****	

Таблица А10 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (45–50-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Средней сухости	61,500			****
Влажные	65,088	****		
Сухие	67,833	****	****	
Сырые	70,157		****	

Таблица А11 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (45–50-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	52,380	****		
Влажные	54,307		****	
Средней сухости	57,716			****
Сырые	60,242			****

Таблица А12 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (45–50-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сырые	23,081		****	
Сухие	25,150	****		
Влажные	25,324	****		
Средней влажности	26,244	****		

Таблица А13 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (45–50-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	22,283	****		
Влажные	22,700	****	****	
Средней сухости	23,739		****	
Сырые	26,001			****

Таблица А14 – Множественный ранговый тест суммы осадков (50–55-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	1,762		****	
Влажные	15,022	****		
Средней сухости	22,472	****		
Сырые	31,532			****

Таблица А15 – Множественный ранговый тест суммы осадков (50–55-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сырые	3,729	****		
Сухие	3,818	****	****	
Средней сухости	6,156		****	****
Влажные	8,250			****

Таблица А16 – Множественный ранговый тест суммы осадков (50–55-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сырые	1,085	****		
Средней сухости	1,328	****	****	
Влажные	1,532		****	
Сухие	2,417			****

Таблица А17 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (50–55-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	52,225			****
Влажные	54,408	****		
Средней влажности	55,148	****	****	
Сырые	56,129		****	

Таблица А18 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (50–55-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Средней сухости	65,449	****		
Сырые	65,698	****		
Сухие	66,030	****		
Влажные	66,471	****		

Таблица А19 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (50–55-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	54,398	****		
Средней сухости	54,584	****		
Сырые	55,464		****	
Влажные	57,026			****

Таблица А20 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (50–55-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	24,375		****	
Сырые	24,617	****		
Средней сухости	24,692	****		
Влажные	24,866	****		

Таблица А21 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (50–55-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сырые	19,186		****	
Влажные	21,655	****		
Средней сухости	22,129	****		
Сухие	24,991			****

Таблица А22 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (50–55-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
Сухие	20,079	****			
Средней сухости	21,287		****		
Сырые	22,809			****	
Влажные	23,714				****

Таблица А23 – Множественный ранговый тест суммы осадков (55–60-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
Сухие	82,000	****			
Влажные	85,337		****		
Средней сухости	89,060				****
Сырые	89,535				****

Таблица А24 – Множественный ранговый тест суммы осадков (55–60-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
Сухие	0,930	****			
Сырые	1,484	****			
Средней сухости	3,113		****		
Влажные	4,431				****

Таблица А25 – Множественный ранговый тест суммы осадков (55–60-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
Сырые	1,569		****		
Влажные	2,428	****			
Сухие	2,883	****			
Средней сухости	3,422	****			

Таблица А26 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (55–60-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
Сухие	66,809		****		
Средней сухости	62,722	****			
Сырые	69,416	****			
Влажные	69,740	****			

Таблица А27 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (55–60-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	66,551		****	
Средней сухости	65,682	****		
Сырые	66,354	****		
Влажные	67,688			****

Таблица А28 – Множественный ранговый тест средней относительной влажности воздуха (55–60-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сырые	53,059	****		
Влажные	53,852	****	****	
Сухие	55,140		****	****
Средней сухости	55,508			****

Таблица А29 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (55–60-й день, 2020 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Влажные	22,114	****		
Сырые	22,342	****		
Средней сухости	22,880		****	
Сухие	23,217			****

Таблица А30 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (55–60-й день, 2021 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сухие	18,059		****	
Сырые	18,452	****		
Средней сухости	18,553	****		
Влажные	19,066			****

Таблица А31 – Множественный ранговый тест средней температуры воздуха (55–60-й день, 2022 г.)

Категория влажности	Среднее значение	Множественный ранговый тест		
Сырые	17,857	****		
Влажные	18,232	****		
Средней сухости	18,717		****	
Сырые (сухие)	19,035			****

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Рисунок Б1 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок среднеспелой линии Кл7427 (в опыте является линией-донором признака быстрой влагоотдачи)



Рисунок Б2 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок среднеспелой линии Кл7401



Рисунок Б3 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеспелой линии Кл7435



Рисунок Б4 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
раннеспелой линии Кл7421



Рисунок Б5 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеранней линии 80/1



Рисунок Б6 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеспелой линии 80/2



Рисунок Б7 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеспелой линии Кл7408



Рисунок Б8 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеранней линии Кл7209



Рисунок Б9 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеспелой линии 79/6



Рисунок Б10 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеспелой линии 69/3



Рисунок Б11 – Цвет, форма, размеры и структура эндосперма зерновок
среднеспелой линии 7400/20