

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

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2023

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. 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 край (34,3 %), Ставропольский край (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 исследований – 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 новых 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 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:

- характеристика морфологических признаков исходного материала и новых линий кукурузы;
- анализ снижения влажности зерна в предуборочный период у исходного материала и новых линий кукурузы;
- характеристика влияния погодных условий на влажность зерна исследуемых линий кукурузы в предуборочный период;
- анализ влагоотдачи зерна новых линий кукурузы, полученных с помощью линии-донора;
- результаты испытаний экспериментальных гибридов, полученных с помощью новых линий кукурузы, по урожайности и уборочной влажности зерна;
- экономическая целесообразность внедрения новых 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 сердечно благодарен 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 о изучаемых линиях.

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.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы, цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость.

Глава 1. Обзор литературы. В главе отражено состояние изученности вопроса. Обобщены данные литературных источников отечественных и зарубежных авторов о процессе влагоотдачи зерна кукурузы в предуборочный период. Дается заключение о актуальности создания гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью для разных регионов.

Глава 2. Материалы и методы исследования. Опыт проводится в селекционном питомнике ООО «НПО «Семеноводство Кубани» в х. Александровском Усть-Лабинского района (2020–2022 гг.). Основную часть почвенного покрова составляют типичные карбонатные черноземы.

Годы проведения исследований являются достаточно контрастными по погодным условиям. Гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова показал, что вегетационный период 2020 г. был недостаточно обеспечен влагой, а вегетационные периоды 2021 и 2022 гг. – оптимальны по влагообеспеченности. Предуборочный период в годы проведения исследований по влагообеспеченности характеризовались как: в 2020 г. – засушливый, в 2021 г. – влажный, в 2022 г. – оптимальный.

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.

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.

Для оценки гидротермического режима исследуемого периода использовался гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова.

В работе представлены данные о испытании гибридов, полученных с помощью новых линий в контрольном питомнике.

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову. Результаты, полученные при проведении

исследований обработаны при помощи пакетов прикладных программ Statistica версии 10 и Microsoft Excel 2016.

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

Глава 3. Результаты исследований

3.1 Характеристика изучаемых линий кукурузы. 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 1, а). Линия Кл7421 также относится к группе зубовидно-кремнистых, однако, роговидный эндосперм выражен слабее (рисунок 1, б). Линии S54555, Кл7407, Кл7427 относятся к группе зубовидных, эндосперм мучнистый, перикарпий тонкий, роговидный слой выражен очень слабо (рисунок 1, в).

У исходного материала так же изучены морфологические признаки строения початка. У линий Кл7421, S54555, Кл7407, Кл7435 тонкий стержень початка и короткие листья обертки, не прикрывающие верхнюю часть початка (рисунок 2, а). У линий Кл7427 и Кл7424 тонкий стержень початка и длинные листья обертки (рисунок 2, б). У линии Кл7401 толстый стержень початка и короткие листья обертки (рисунок 2, в). У линии Кл7408 толстый стержень початка и длинные листья обертки, прикрывающие верхнюю часть початка (рисунок 2, г).

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. Результаты оценки изменения влажности зерна у изучаемых линий показал, что 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 (рисунок 3).

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. Результаты

оценки исходного материала и новых линий кукурузы по длительности вегетационного периода и способу получения показали, что к группе раннеспелых принадлежат 4 линии: Кл7901, Кл421, Кл7421, S54555, к группе среднеранних принадлежат 7 линий: Кл 7407, Кл 7209, Кл 7801, Кл 7201 МВ, Кл 7202 МВ, 70/2, 80/1, к группе среднеспелые принадлежат 21 линия: Кл 7427, Кл 7401, Кл 7435, Кл 7408, 80/2, 69/1, 69/3, 69/7, (Кл7408+Кл7427)-20-1-1-1-1, (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1, 79/2, 79/5, 79/6, 79/8, 79/12, 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, к группе среднепоздних принадлежат 3 линии: Кл7424, Кл7437, 7400/15.

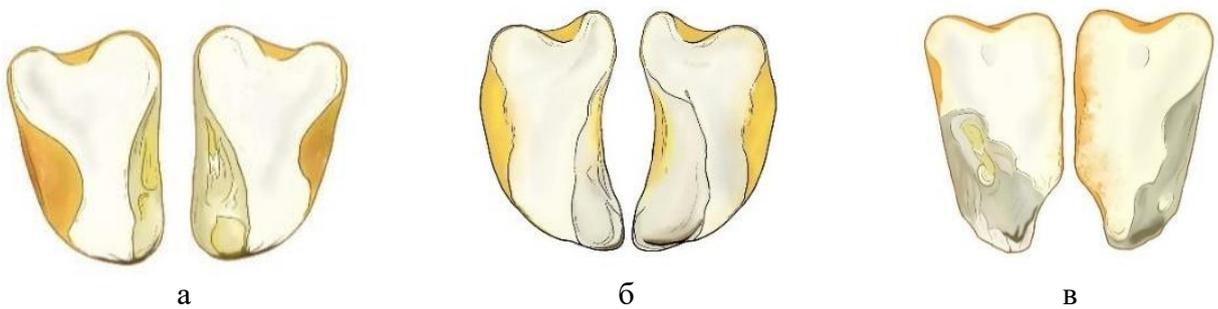


Рисунок 1 – Морфологическое строение зерновок изучаемых линий кукурузы:
а, б – группа зубовидно-кремнистых; в – группа зубовидных

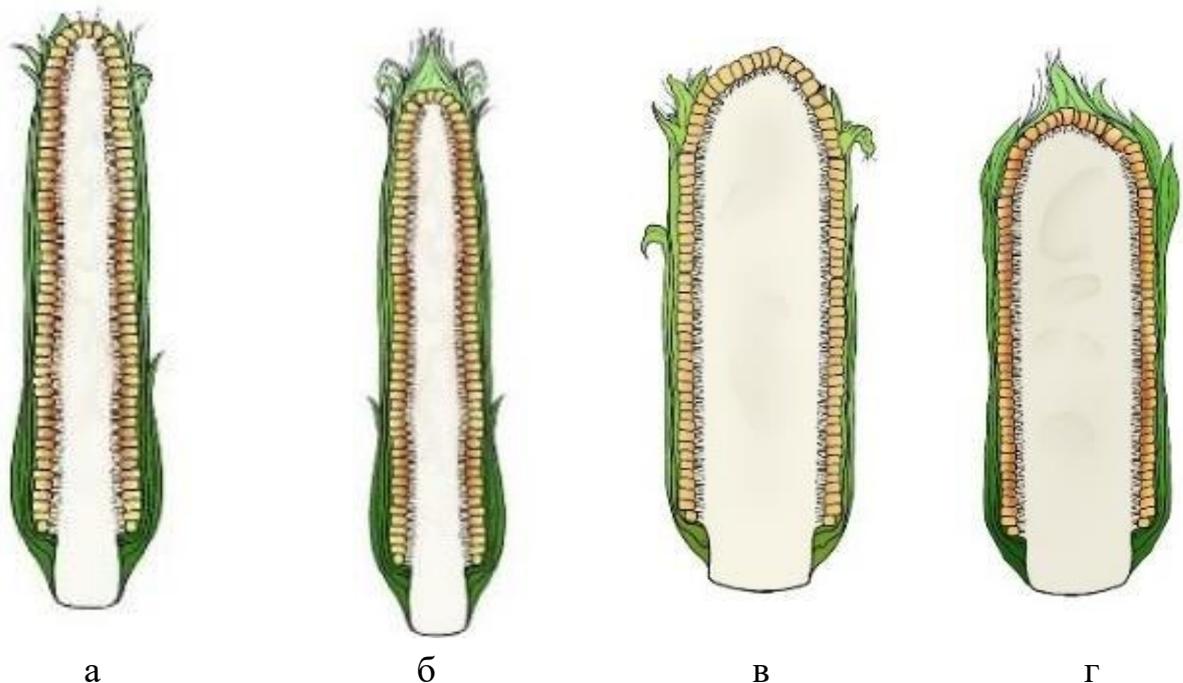


Рисунок 2 – Морфологическое строение початка и длина листьев обертки изучаемых линий кукурузы:

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

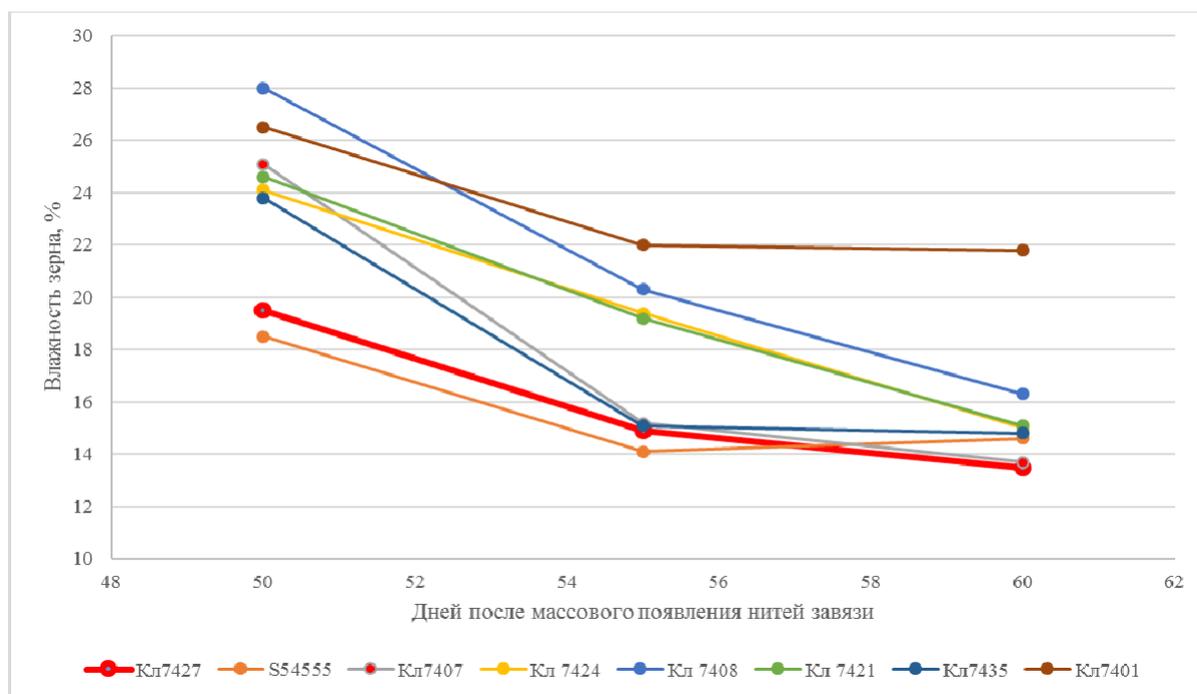


Рисунок 3 – Изменение влажности зерна линий кукурузы Кл7427, S54555, Кл7407, Кл7424, Кл7408, Кл7421, Кл7435, Кл7401 в предуборочный период, 2020–2022 гг.

Нами были получены данные о длине и диаметре початка, диаметре стержня, количестве рядов зерен, массе 1000 зерен, массе зерна с початка изучаемых линий, и подвергнуты статистической обработке. Результаты показали, что группа спелости оказывает статистически достоверное влияние на все учтенные признаки початка кукурузы. У раннеспелых и среднеранних линий величина признаков длина и диаметр початка, диаметр стержня, количество рядов зерен и масса 1000 зерен являются наименьшими по сравнению с среднеспелыми и среднепоздними линиями.

Нами были изучены характеристики початка линий кукурузы в зависимости от условий года и установлено, что у изучаемых линий кукурузы на изменчивость признаков початка влияет в большей мере влияет генотип линий.

3.2 Изучение влажности зерна линий кукурузы в предуборочный период. Дисперсионный анализ данных о влажности зерна линий кукурузы в предуборочный период показал, что доля влияния группы спелости линии на влажность зерна наиболее выражена на 50-й день после массового появления нитей завязи и снижается к 60-му дню. Множественный ранговый тест средних значений влажности зерна линий кукурузы показал, что по средним значениям влажности зерна в предуборочный период линии статистически достоверно различаются по всем группам спелости (звездочки на разных уровнях). Наименьшее значение этого показателя характерно для линий раннеспелой группы, а наибольшее для среднепоздних линий (таблица 1).

Нами была изучена влажность зерна в предуборочный период у линий кукурузы в зависимости от генотипа и условий года. Установлено, на влажность зерна

раннеспелых линий оказывают влияние и генотип, и условия года, и их взаимодействие. На влажность зерна среднеранних, среднеспелых и среднепоздних линий оказывает влияние только генотип линий.

Таблица 1 – 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				****

Определение взаимосвязи между влажностью зерна на 60-й день и характеристиками початка показало слабую (0,1–0,3) или умеренную (0,3–0,5) корреляцию (таблица 2).

Таблица 2 – Корреляция влажности зерна на 60-й день и характеристик початка

Признак	Ранние	Среднеранние	Среднеспелые	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 зёрен	0,11	–0,23*	0,08	–0,23*
Масса 1000 зёрен	0,35*	0,32*	0,12*	–0,36*
Масса зерна с початка	0,39*	0,23*	–0,22*	0,25*

* – критерий Фишера достоверен на 5%-м уровне значимости.

3.3 Влияние погодных условий на влажность зерна исследуемых линий кукурузы в предуборочный период. 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: сухие (до 14 %), средней сухости (14–16 %), влажные (16–18 %), сырые (более 18 %). Влияние погодных показателей на категорию влажности зерна изучалось с помощью дисперсионного анализа. Результаты дисперсионного анализа показывают

небольшое влияние погодных показателей на категорию влажности зерна, которое может значительно варьировать в зависимости от условий года.

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 сут, самая высокая – у линий средне-спелой группы спелости (1,11 % в сут). За период 55–60-й день самой низкой интенсивностью влагоотдачи обладают линии раннеспелой группы спелости (0,18 % в сут), самой высокой – линии среднепоздней группы спелости (0,98 % в сут), таблица 3.

Таблица 3 – Множественный ранговый тест значений интенсивности влагоотдачи зерна в предуборочный период

Группа спелости	Среднее значение	Множественный ранговый тест			
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	****			
Среднеранние	0,72 ± 0,12		****		
Среднепоздние	0,88 ± 0,14			****	
Среднеспелые	0,92 ± 0,19				****

С помощью корреляционного анализа изучалось влияние погодных условий на влажность и интенсивность влагоотдачи зерна у линий кукурузы. У раннеспелых линий влажность зерна в предуборочный период наиболее чувствительна к повышению относительной влажности воздуха и выпадению осадков (рисунок 4). Между интенсивностью влагоотдачи и среднесуточной температурой воздуха отмечена умеренная корреляция, между интенсивностью влагоотдачи и относительной влажностью воздуха и суммой выпавших осадков выявлена заметная корреляция.

У линий, принадлежащих к среднеранней группе спелости, наибольшее влияние на влажность зерна оказывают среднесуточная температура и относительная влажность воздуха (рисунок 5). 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.

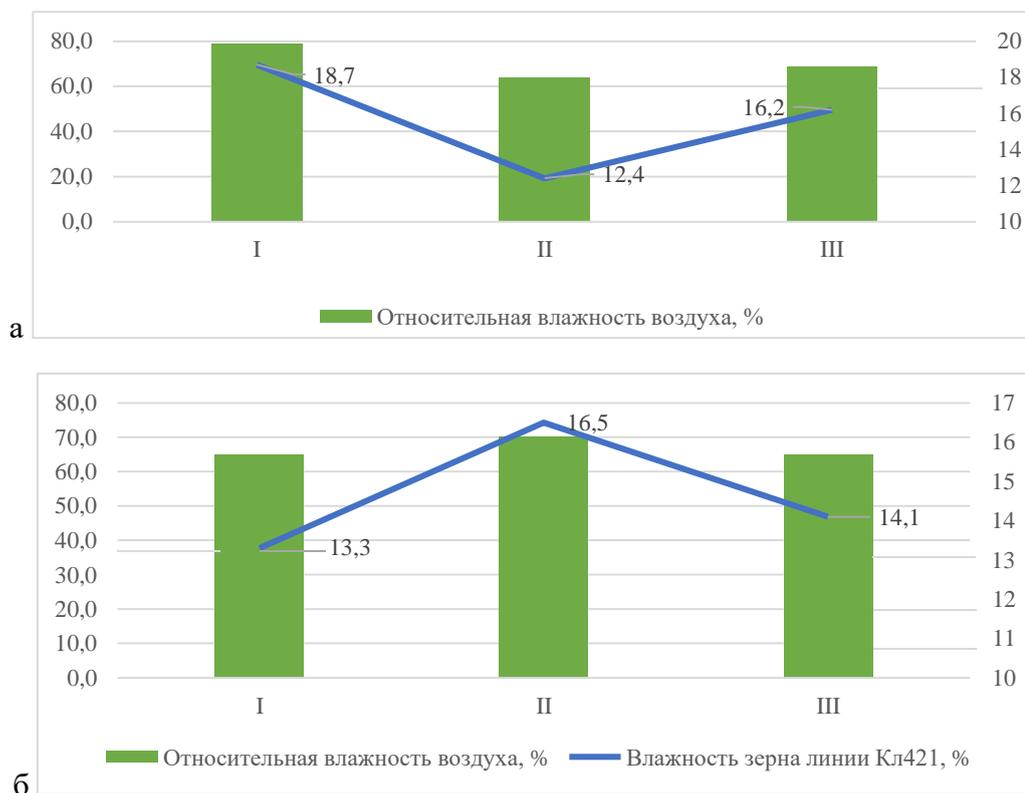


Рисунок 4 – Изменение влажности зерна раннеспелых линий кукурузы Кл7901 и Кл421 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, 2021 г.

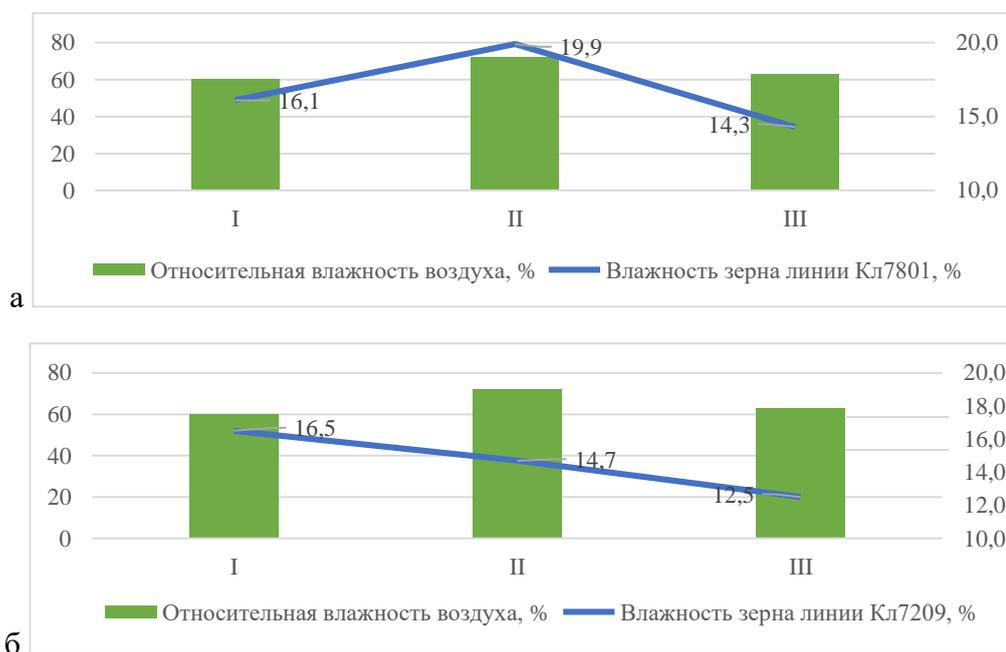


Рисунок 5 – Изменение влажности зерна среднеранних линий кукурузы Кл7801 и Кл7209 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, 2021 г.

Влажность зерна среднеспелых линий кукурузы в предуборочный период сильнее всего коррелирует с среднесуточной температурой воздуха и суммой выпавших осадков (рисунок 6). Интенсивность влагоотдачи сильнее всего коррелирует с относительной влажностью воздуха и суммой выпавших осадков.

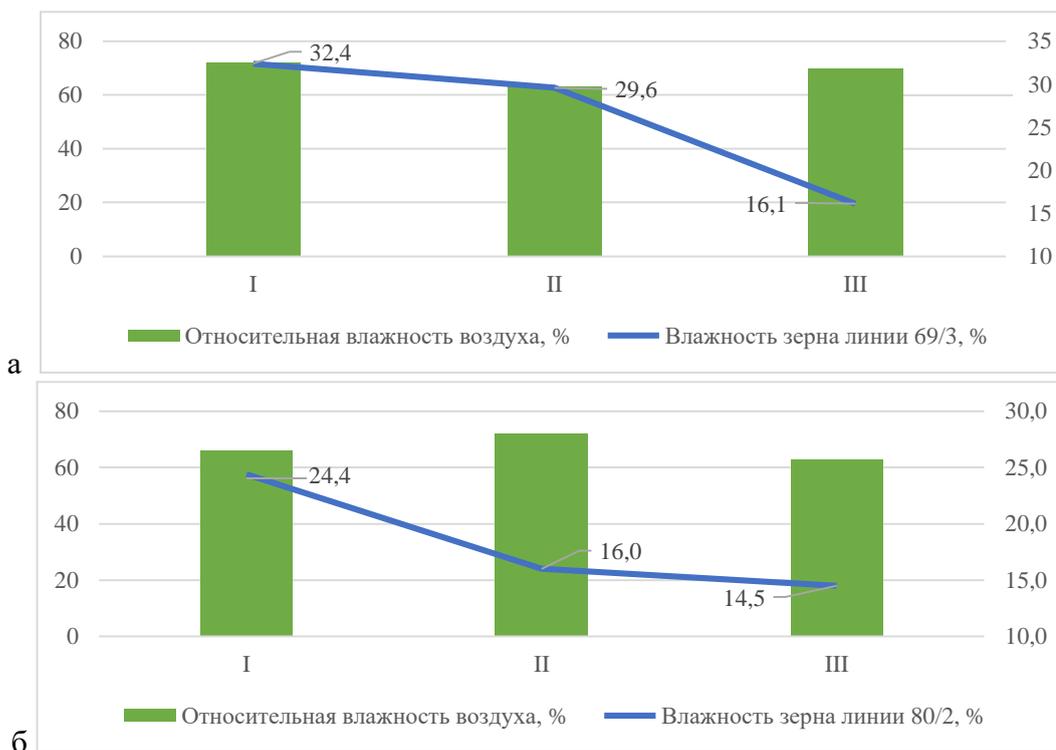


Рисунок 6 – Изменение влажности зерна среднеспелых линий кукурузы 69/3 и 80/2 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, 2021 г.

Влажность зерна и интенсивность влагоотдачи у среднепоздних линий кукурузы слабо коррелирует с погодными условиями (рисунок 7).

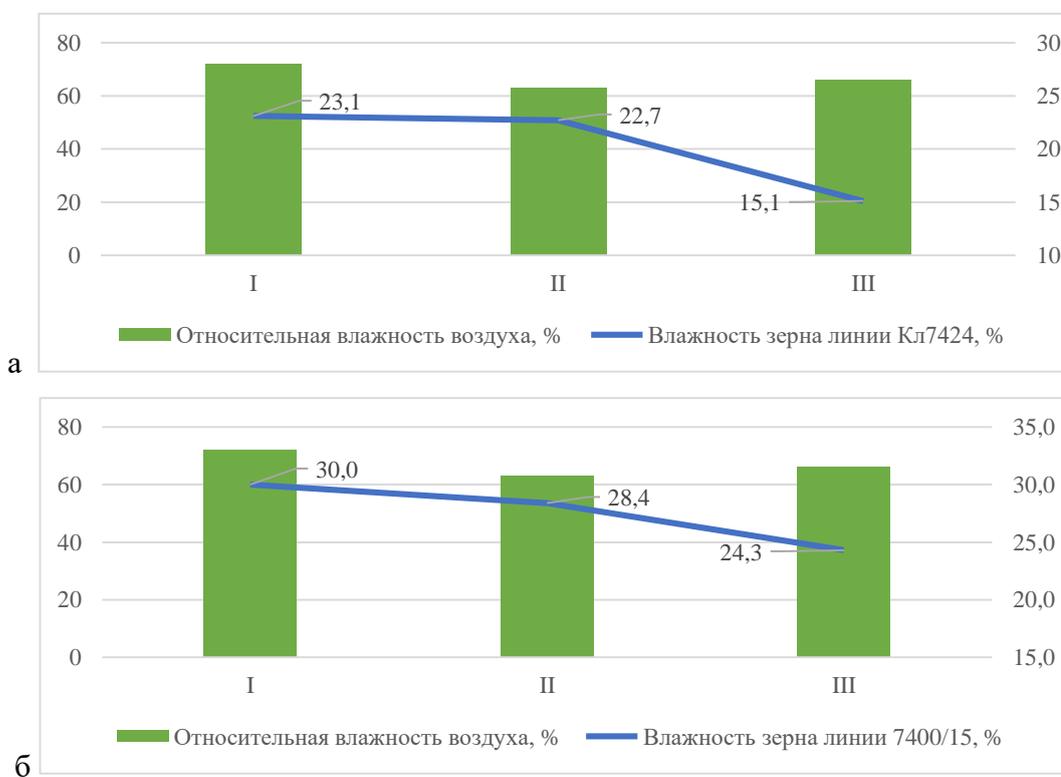


Рисунок 7 – Изменение влажности зерна среднепоздних линий кукурузы Кл7424 и 7400/15 и изменение относительной влажности воздуха в предуборочный период, 2021 г.

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. Успешными комбинациями исходного материала, позволяющими получить новые линии с низкой уборочной влажностью, являются:

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

– Кл7421+Кл7427, используя данную 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;

– Кл7408+Кл7427 и Кл7408+Кл7427+Кл7427, используя их, удалось получить две линии с низкой уборочной влажностью; 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 сут); 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 сут;

– Кл7407+Кл7427, 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 сут соответственно);

– S54555+Кл7427+Кл7427, новая линия 70/2 обладает низкой уборочной влажностью зерна, равную 11,6 %, интенсивность влагоотдачи составляет 1,0 % в сут (таблица 4).

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 (рисунок 8). 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.

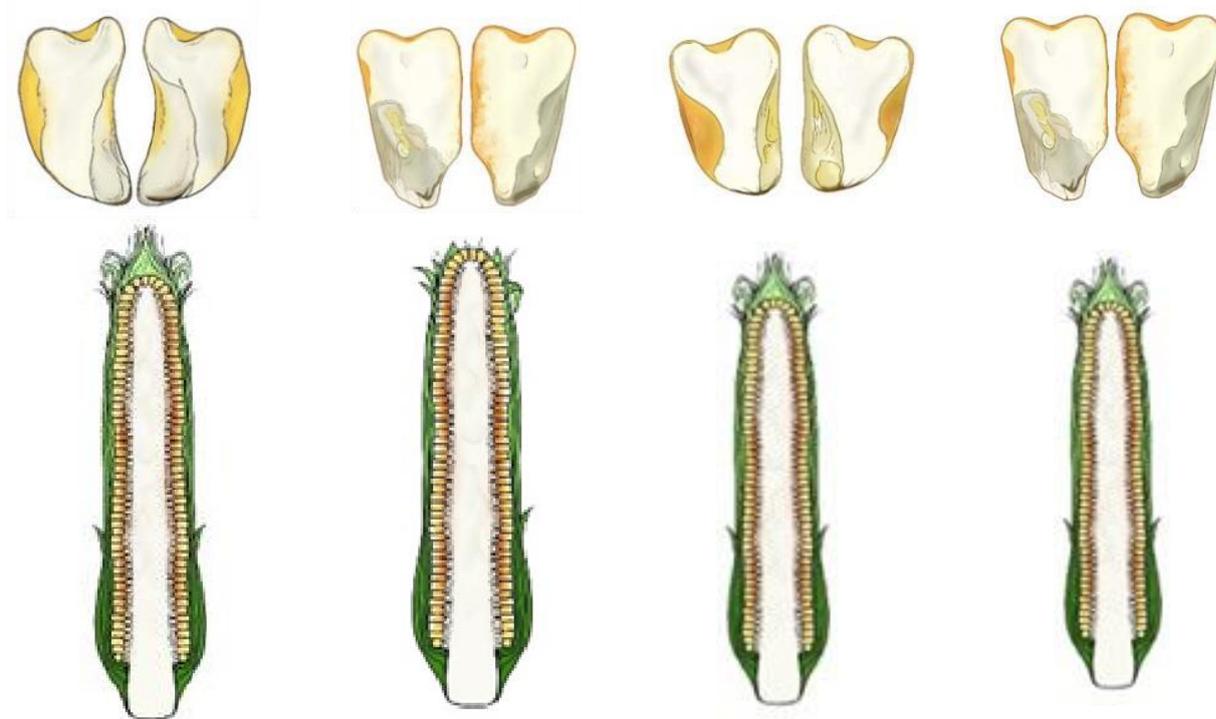
Линии Кл421, Кл7209, Кл7801 имеют уборочную влажность 12,1, 12,2, 14,0 % соответственно и могут быть включены в схемы скрещиваний для получения новых линий с низкой уборочной влажностью (таблица 5).

Для 35 изученных линий кукурузы мы составили уравнения аппроксимации на основании данных о влажности зерна линий кукурузы, полученных за три года проведения исследований. В таблице 6 представлены уравнения аппроксимации на примере линий Кл7427, Кл7401, Кл7435.

Таблица 4 – Влажность зерна 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 сут, %
1	(Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1	25,4	17,7	14,2	1,1
2	80/1	19,9	15,8	13,5	0,6
3	(Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-5	21,4	15,0	13,0	0,8
4	69/3	22,4	19,9	12,9	1,0
5	7400/18	22,3	15,9	12,4	1,0
6	79/5	19,4	14,9	12,3	0,7
7	79/6	22,2	16,3	13,8	0,8
8	79/12	19,5	16,3	13,3	0,6
9	70/2	22,0	15,7	11,6	1,0

*** – обозначено количество дней после массового появления нитей завязи.



80/1, (Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-5 69/3, 79/5, 7400/18, 70/2 79/6, (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1 79/12

Рисунок 8 – Морфологические особенности зерновки и початка линий (Кл7427+Кл7435)-1-4-1-1-1-1, 80/1, (Кл7408+Кл727)-23-1-1-1-1-5, 69/3, 7400/18, 79/5, 79/6, 79/12, 70/2

Таблица 5 – Влажность зерна 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 сут, %
1	Кл421	12,3	13,6	12,1	0,2
2	Кл7209	16,4	13,8	12,2	0,4
3	Кл7801	15,9	15,4	13,6	0,2

Таблица 6 – Уравнение аппроксимации влажности зерна для линий кукурузы Кл7427, Кл7401, Кл7435, 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	Кл7435	$y = 238,05e^{-0,048x}$

3.5 Результаты испытаний экспериментальных гибридов, полученных с помощью новых линий кукурузы, 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. Испытания проводились по методике контрольного питомника, принятой в «НПО «Семеноводство Кубани». 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 292АМВ.

По результатам испытаний 2020 г. лучшими экспериментальными гибридами являются 69/3+Кл7201МВ и 70/2+Кл7201МВ, они сочетают в себе высокую урожайность, достоверную прибавку урожая, низкую уборочную влажность зерна и низкий процент полегания растений.

По результатам испытаний 2021 г. лучшими экспериментальными гибридами являются 69/3+Кл7202МВ и 79/12+Кл7202МВ, они сочетают в себе высокую урожайность, достоверную прибавку урожая, низкую уборочную влажность зерна и низкий процент полегания растений.

По результатам испытаний 2022 г. лучшими экспериментальными гибридами являются 69/1+7200/6МВ и 80/1+7200/6МВ, они сочетают в себе высокую урожайность, достоверную прибавку урожая, низкую уборочную влажность зерна и низкий процент полегания растений (таблицы 7–9).

Таблица 7 – Урожайность зерна лучших среднеранних гибридов кукурузы, 2020–2022 гг.

Название или формула гибрида	Урожайность зерна, ц/га			Отклонение от стандарта
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Ладожский 292АМВ (st)	79,2	53,0	93,5	–
69/3+Кл7201МВ	90,2	–	–	11,0
70/2+Кл7201МВ	84,7	–	–	5,5
69/3+Кл7202МВ	–	57,4	–	4,4
79/12+Кл7202МВ	–	59,7	–	4,5
69/1+7200/6МВ	–	–	100,9	7,4
80/1+7200/6МВ	–	–	100,6	7,1
НСР _{0,5}	5,3	4,3	7,0	–

Таблица 8 – Уборочная влажность зерна лучших среднеранних гибридов кукурузы, 2020–2022 гг.

Название или формула гибрида	Уборочная влажность зерна, %		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Ладожский 292АМВ (st)	12,8	16,2	14,0
69/3+Кл7201МВ	12,1	–	–
70/2+Кл7201МВ	12,8	–	–
69/3+Кл7202МВ	–	14,3	–
79/12+Кл7202МВ	–	14,5	–
69/1+7200/6МВ	–	–	13,8
80/1+7200/6МВ	–	–	13,7

Таблица 9 – Полегание растений у лучших среднеранних гибридов кукурузы, 2020–2022 гг.

Название или формула гибрида	Полегание, %		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Ладожский 292АМВ (st)	2,9	5,9	0,0
69/3+Кл7201МВ	1,4	–	–
70/2+Кл7201МВ	2,9	–	–
69/3+Кл7202МВ	–	1,6	–
79/12+Кл7202МВ	–	1,1	–
69/1+7200/6МВ	–	–	0,0
80/1+7200/6МВ	–	–	2,0

Глава 4. Экономическая целесообразность внедрения гибридов кукурузы с низкой уборочной влажностью. 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 (таблица 10).

Таблица 10 – 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

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 г., 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, 79/12, (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): 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 сут), 80/1 (уборочная влажность зерна 13,5 %, интенсивность влагоотдачи 0,6 % в сут), (Кл7408+Кл7427)-23-1-1-1-1-5 (уборочная влажность зерна 13,0 %, интенсивность влагоотдачи 0,8 % в сут), 69/3 (уборочная влажность зерна 14,2 %, интенсивность влагоотдачи 1,1 % в сут), получены линии 7400/18 (уборочная влажность 12,4 %, интенсивность влагоотдачи 1,0 % в сут), 79/5 (уборочная влажность 12,3 %, интенсивность влагоотдачи 0,7 % в сут), 79/6 (уборочная влажность 13,8 %, интенсивность влагоотдачи 0,8 % в сут), 79/12 (уборочная влажность 13,3 %, интенсивность влагоотдачи 0,6 % в сут), 70/2 (уборочная влажность 11,6 %, интенсивность влагоотдачи 1,0 % в сут).

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.

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 работ, опубликованных по теме диссертации

Научные статьи, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Исакова С. В. Актуальные направления в селекции гибридов кукурузы / С. В. Исакова, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – № 9(173). – С. 214–227. – IDA [article ID]: 1732109016. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2021/09/pdf/16.pdf>, 0,875 у.п.л.

2. Исакова С. В. Создание линий кукурузы с высокой отдачей влаги зерном в предуборочный период с использованием линии-донора / С. В. Исакова, Э. Р. Забиров, Л. В. Цаценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2023. – № 1(185). С. 162–171. – IDA [article ID]: 1852301012. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2023/01/pdf/12.pdf>, 0,625 у.п.л.

3. 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 научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2023. – № 5(189). – С. 180–191. – IDA [article ID]: 1892305021. – Режим доступа : <http://ej.kubagro.ru/2023/05/pdf/21.pdf>, 0,75 у.п.л.

Научные статьи в других изданиях:

4. 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.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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. – Краснодар : Изд-во «Магарин Олег Григорьевич», 2022. – С. 176–178.

Авторские свидетельства и патенты:

9. Патент на полезную модель № 200402U1 Российская Федерация, МПК В65D85/50. Контейнер для сбора, транспортировки и хранения образцов семян и плодов растений : № 2020123481 : заявл. 02.07.2020 : опубл. 22.10.2020 / Цаценко Л. В., Исакова С. В. ; патентообладатель : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина». – 4 с.

10. Патент на полезную модель № 203108U1 Российская Федерация, МПК G09B 23/38, G09B 23/28. Учебно-демонстрационная наглядная модель хромосомы : № 2020122661 : заявл. 03.07.2020 : опубл. 22.03.2021 / Цаценко Л. В., Исакова С. В. ; патентообладатель : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина». – 3 с.

Научное издание

Исакова Светлана Викторовна

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

Подписано в печать 00.00.2023. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 1,4. Уч.-изд. л. – 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13