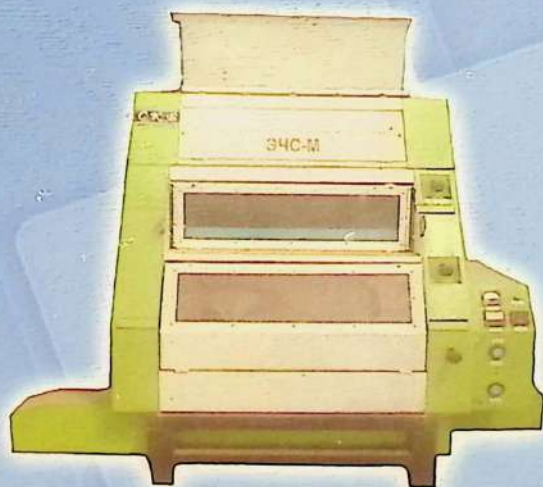


А. ЮСУБАЛИЕВ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА



631.5
Ю-91

ТАШКЕНТ-2014

82653 631.531, 1: 633.51
20-91 Ташкентский государственный

АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

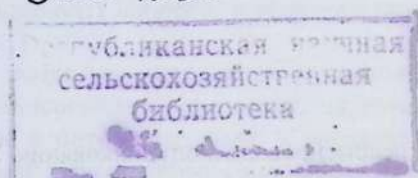
Светлой памяти
Насира Юсубалиева
посвящается

А. ЮСУБАЛИЕВ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

Под редакцией доктора технических наук,
профессора А. Раджабова

инв. 355200



Издательство «NAVRO'Z»
ТАШКЕНТ-2014

УДК: 64.5.3
КВК: 81.12.(5Ў36) 7
Ю 85

ISBN 978-9943-381-60-5

А.Юсубалиев. Электротехнология подготовки семян хлопчатника // Под.ред. проф. А. Раджабова.— Т.: «NAVRO'Z», 2014, 232с.

На основании анализа установлено, что для получения высококачественного посевного материала хлопчатника необходимо оказывать селективное воздействие на семена электрическим полем исходя из взаимной связи их морфологических и биологических признаков разнокачественности.

В монографии изложены теоретические основы и практические результаты многочисленных опытов по сортированию, протравливанию, экологически чистому обеззараживанию и стимулированию биологической активности семян хлопчатника с помощью электрических полей. Приведены конструктивно-технологические решения технических средств, способствующих повышению урожайности хлопковых полей и улучшению качества получаемого текстильного сырья.

Книга предназначена для исследователей, магистрантов и докторантов, занимающихся вопросами разработки электрооборудования и электротехнологии в сельском хозяйстве, а также работников в области семеноводства и семеноведения хлопчатника.

Монография рекомендована к опубликованию Ученым советом
Ташкентского Государственного аграрного университета
(протокол №1 от 30.08.2014г.)

© Издательство «Navro'z» 2014 г.
© А. ЮСУБАЛИЕВ

ВВЕДЕНИЕ

Хлопководство является одним из основных магистральных отраслей экономики Узбекистана[1]. Хлопок-сырец служит сырьем для хлопкоочистительной промышленности, хлопковое волокно — полуфабрикатом для предприятий текстильной, трикотажной промышленности и одним из основных источников валютных поступлений в Узбекистан, а технические семена являются основной сырьевой базой для масложировой промышленности.

Одним из основ получения высокого урожая хлопчатника и потребительских свойств продуктов, получаемых из него является качество семенного материала. Хорошо налаженное семеноводство и использование в производстве добротных сортовых семян обеспечивает до 40% прибавки урожая при высокой агротехнологии возделывания растений [2].

Еще в начале прошлого века В.Н.Варгин указывал на то, что «растения, посеянные даже на самой плодородной почве, но у которых семядоли не заключают в себе достаточного запаса пищи для зародыша, никогда не достигнут полного роста и силы» [3].

Поэтому правительство Узбекистана уделяет большое внимание семеноводству хлопчатника и улучшению качества посевных семян. В этих целях приняты Законы «О семеноводстве» (№267-1 от 29.08.1996 г.), «О селекционных достижениях» (№272-1 от 30.08.1996 г.), создавшие правовую основу в этой области. Кроме того, приняты Постановления Кабинета Министров №491 от 25.11.1998 г., №79 от 04.03.2000 г. и №477 от 19.12.2001 г., регулирующие весь объем организационных вопросов в семеноводстве и селекции хлопчатника.

Особенностью возделываемых видов и сортов хлопчатника является то, что из-за влияния генетических, матриальных и экологических факторов в онтогенезе, даже в пределах одной коробочки, образуются разнокачественные семена. Всегда после переработки семенного хлопка-сырца получают посевной материал, состоящий из разнокачественных семян. В составе исходного посевного материала в зависимости от его качества имеется до 20% и более легковесных и щуплых семян, до 20% семян заражаются микроорганизмами вилта и корневой гнилью, а часть (до 100%) бактериями гаммоза. [4]. Поэтому качество посевного материала всецело зависит от точного и качественного выполнения сортирования,

обеззараживания и стимулирования биологической активности семян в период предпосевной подготовки.

Широко используемые в настоящее время в семеноводстве технические средства подготовки работают по принципу реагирования на какой-либо морфологический признак семян возвратно-поступательного движения решета, вращательного движения цилиндра, ламинарного или турбулентного движения воздуха без учета физиологического состояния биообъекта. Поэтому они не обеспечивают требуемого качества посевного материала.

Повышение эффективности процессов подготовки семян требует рассмотрения всей совокупности технологических процессов и технических средств, образующих определенную целостность в связях друг с другом, как единую сложную систему, опирающуюся на единую основу.

С другой стороны, стержнем новых решений в подготовке семян может быть единый принцип, основывающийся на раскрытии связей морфологических и электрофизических параметров с физиологией и развитием семян, как биологических объектов, и влиянием на них электрических полей. Именно электрофизические и биохимические параметры обуславливают физическое, механическое и биологическое проявления воздействия электрических полей, используемых при разработке новых технологических и технических решений по сортированию, обработке химическими средствами защиты и обеззараживанию от болезней, а также и биоактивированию семян хлопчатника.

Сложившаяся ситуация требует нового направления исследований комплексного применения электрических полей в технологических процессах сортирования, нанесения защитных химических препаратов, обеззараживания от микроорганизмов и стимулирования биоактивности в системе подготовки семенного материала, обеспечивающего решение повышения качества и эффективности использования семян при снижении энергетических и материальных затрат и повышения урожайности хлопка, а также снижения экологического ущерба окружающей среде. Поэтому научные изыскания по комплексному применению электрических полей в системе подготовки семян хлопчатника считается одной из актуальнейших проблем хлопководства страны, позволяющих интенсифицировать производство ценнейшего естественного сырья для всей мировой текстильной промышленности – хлопкового волокна.

Научно-исследовательские работы по указанной проблеме проводились в 1977-2014 годы в УзМЭИ и ТашДАУ.

По результатам проведенных исследований в АО «Янгиюль-Агромаш» изготовлены 2 шт. однобарабанных (СДХ) и опытная партия из 12 шт. двухбарабанных дизлектрических сортировщиков ЧДС-1, которые установлены на технологических линиях подготовки посевных семян хлопкоочистительных заводов и крупных хлопководческих хозяйств, где прошли широкие хозяйственные испытания в различных почвенно-климатических условиях Узбекистана и Казахстана.

Решением НТС по растениеводству Министерства сельского хозяйства РУз от 19.11.1994 г. рекомендовано установить дизлектрические сортировщики на всех хлопкоочистительных заводах семеноводческого направления.

В ООО «Рахтагин КВ» изготовлен опытно-промышленный образец двухбарабанного дизэлектросортировщика ЭЧС, принятого по результатам испытаний межведомственной комиссией для серийного производства и включенного в «Технологический регламент ... подготовки посевных семян хлопчатника» (ПДКИ – 44-2002), а в 2013 году изготовлен головной образец модернизированного сортировщика ЭЧС-М.

В настоящей работе приведены основные результаты разработки научных основ технологий и технических средств системы подготовки с комплексным применением электрических полей, обеспечивающих получение высококачественных посевных семян хлопчатника при сниженных энергетических и сырьевых затратах и экологического ущерба окружающей среде при повышении урожайности хлопковых полей.

В монографию включены материалы собственных исследований автора, некоторые результаты исследований П.Шайимова, Н.Душамова и О.Пиримова, проведенных под руководством и при непосредственном участии автора, включены также результаты агротехнических опытов, проведенных совместными усилиями ученых УзНИИХ, его Бухарского, Самаркандского филиалов, УзНИИССХ и УзМЭИ по хозяйственной оценке эффективности отдельных электротехнологических приемов подготовки семян хлопчатника.

ГЛАВА 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЁ СНИЖЕНИЯ.

1.1. Основные факторы жизнедеятельности растений хлопчатника

Возделываемые в Узбекистане промышленные сорта хлопчатника в значительной степени унаследовали биологические особенности своих диких предков. Существенные изменения в структуре растений, их биологии роста и развития, накопления урожая, связанные с селекцией и процессом постоянного направленного отбора, привели к укрупнению коробочек и семян, улучшению технологических качеств волокна, которые, в свою очередь, изменили требования хлопчатника к условиям и факторам его жизнедеятельности. Поэтому решение задач по повышению качества посевных семян возможно только с учетом биологических особенностей хлопчатника.

Культивируемые однолетние формы хлопчатника проходят жизненный цикл развития (от семени до семени) за один вегетационный период, длящийся у средневолокнистых сортов 125-150 дней, у тонковолокнистых сортов 145-160 дней.

Побуждение жизнедеятельности семян хлопчатника начинается при температуре 10-12°C [5]. При достаточной влажности, аэрации почвы и температуре 14-16°C начинается прорастание зародыша, сопровождаемое увеличением влажности семян до 50-60% за счет поглощения влаги из окружающего слоя почвы [6]. В дальнейшем, семя быстро набухает, кожура на микропилярном конце трескается и из него, начинает пробиваться корешок, который разрывая кожуру начинает углубляться в почву. Одновременно начинает развиваться подсемядольное колено (гипокотиль), которое привлекает семядоли из оболочки семени и выносит на поверхность почвы. После появления всходов под воздействием света семядольные листья разворачиваются, верхушечная почка трогается в рост и начинается вегетативная фаза развития хлопчатника.

Семядольные листочки хлопчатника являются основным органом, обеспечивающим питание молодого растения, до нормального функционирования корневой системы, за счет содержащихся в них питательных веществ (жиры, алейроновая кислота, крахмал, сахар

и др.), создающих в дальнейшем новые структурные элементы молодого растения. Поэтому содержание семядолей оказывает существенное влияние на рост, развитие и урожайность потомственных растений.

Первый настоящий лист появляется через 7-10 дней после всхода в результате роста верхушечной почки и начала формирования надсемядольной части стебля, а ещё через 4-5 дней появляется второй настоящий лист. Очередные листья по главному стеблю образуются через каждые 2-3 дня и они располагаются на главном стебле в очередном порядке по спирали. Общее количество листьев на одном растении у культивируемых сортов составляет 60-100 шт.

Рост главного стебля происходит по типу моноподиального побега и его высота к концу вегетации достигает от 70 до 150 см. Он имеет до 20-25 листьев и 25-30 междоузлий [6].

После образования 5-7 настоящих листьев у главного стебля трогаются в рост пазушные почки, образующие плодовые (симподиальные) ветви. Первая плодовая ветвь обнаруживается по появлению в пазухе листа первого бутона. Следом за первым, через каждые 2-3 дня последовательно появляются бутоны и трогаются в рост плодовые ветви по короткой очереди из пазух всех листьев, расположенных выше по главному стеблю.

Примерно через месяц после появления всходов образуется первый бутон, а еще через 20-30 дней раскрывается цветок. Из раскрывшихся пыльников цветка пыльца высыпается на рыльце пестика, где она быстро прорастает и своими трубками проникает в завязь, откуда попадая в семяпочки, оплодотворяет яйцеклетки [7]. Весь процесс от опыления до оплодотворения не превышает двух суток [7]. Завязь средневолокнистых сортов состоит из 4-5 гнезд, в каждом из которых образуется от 5 до 9 и более семяпочек, после оплодотворения, развивающиеся в семена. Оплодотворенная завязь постепенно начинает развиваться и через 20-25 дней превращается в молодой плод (коробочки). С момента оплодотворения до раскрытия зрелой коробочки проходит 50-60 дней [6].

Процессы от образования бутона до созревания коробочек на хлопчатнике происходят последовательно по вертикали (спирально по главному стеблю снизу вверх) и горизонтали (на симподиальных ветвях). Промежуток времени между появлением бутонов (цветков, коробочек) снизу вверх от симподия к симподию составляет в сред-

нем 2-3 дня, а в горизонтальном направлении от главного стебля по симподиальным ветвям — 7 дней.

Накопление бутонов, цветков и коробочек на растении происходит как бы последовательно «конусом» (рис.1.1) и оно тесно связано со строением куста растения и характером распределения питательных веществ по ним. Наиболее обеспеченными минеральным питанием оказываются коробочки, расположенные ближе к главному стеблю, и наименьшими — расположенные в верхней части и на периферии куста [5,8]. Последнее обстоятельство играет важную роль в получении высококачественных посевных семян. При поздних сроках сева и на периферийных частях куста растений коробочки не успевают созреть до наступления прохладной осенней погоды.

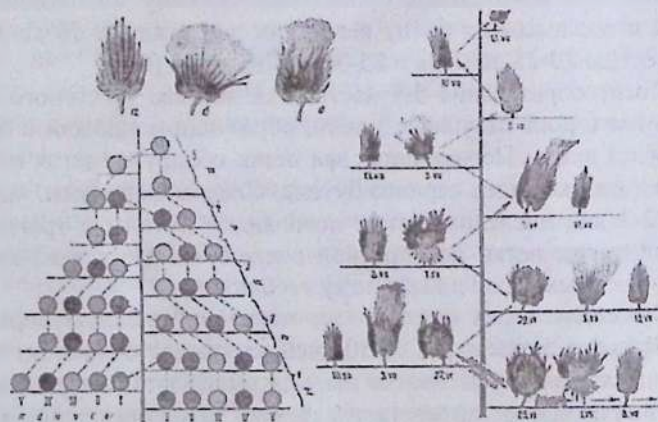


Рисунок 1.1. Схема цветения и плодообразования хлопчатника: а—бутон; б—цветок в день цветения; в—цветок на следующий день.

Жизнедеятельность хлопчатника обеспечивается за счет температуры, света, влажности (воды), минерального питания и аэрации окружающей среды обитания.

Оптимальной температурой для хлопчатника является 25-30°C, при превышении 35°C рост и развитие растений замедляется. Для появления всходов хлопчатника необходима сумма эффективных температур (свыше 10°C) 90-100°C, начиная со дня посева. Цветение и созревание коробочек (раскрытие первой коробочки) у

среднеспелых сортов наступают при накоплении эффективных температур, соответственно, 970-1100°C и 1730-1900°C [9]. Роль температуры в фотосинтезе и дыхании огромна: при температуре 30-40°C фотосинтез стимулируется, при 40-50°C фотосинтез угнетается, а с 51°C начинается зона прекращения фотосинтеза.

Важным фактором, влияющим на рост и развитие хлопчатника, является освещение (свет). В начальных фазах развития хлопчатника оптимальной считается освещенность 15-20 тыс. люкс. В дальнейших фазах потребность растений в ассимиляции CO₂ (фотосинтезе) увеличивается и достигает максимума при интенсивности света 70-80 тыс. люкс.

Продолжительное затемнение отрицательно отражается на продуктивности фотосинтеза. Поэтому для создания благоприятного светового режима густота стоячих растений дифференцируется в зависимости от сортовых особенностей хлопчатника и почвенно-климатических условий в пределах 110-170 тыс./га.

Вода является составной частью всех органов хлопчатника. В клетках она находится в жидком состоянии, а в межклетниках — в парообразном, достигая 80-90% их содержания. С помощью воды обеспечиваются важные процессы жизнедеятельности растений по обмену веществ, росту и развитию. За вегетационный полив одно растение хлопчатника расходует 200 л воды, а один гектар посевов за этот же период испаряет 4-5 тыс. м³ воды. В среднем на создание каждого килограмма урожая сухой массы хлопчатник расходует от 450 до 700 кг воды [8, 9].

Нормальный рост, развитие и урожайность хлопчатника в большой степени зависит от структуры почвы и содержащихся в ней питательных веществ. Количество потребляемых хлопчатником питательных веществ в различные периоды его развития неодинаково: за время от всходов до бутонизации хлопчатник потребляет 3-5% азота и фосфора, 2-3% калия от общего количества; от бутонизации до массового цветения — 25-30% азота, 15-20% фосфора и калия; от массового цветения до созревания коробочки — 65-70% азота, 75-80% фосфора и калия [10].

В период цветения одновременно идет формирование коробочек. Поэтому большое количество употребляемого фосфора расходуется на формирование коробочек с высококачественными семенами. Достаточное питание калием, особенно при переходе растений в фазу бутонизации, а также во время бутонизации и цветения,

содействует нормальному росту и развитию хлопчатника в целом и одновременно укрепляет стебель и уменьшает опадение бутонов и завязей.

Хлопчатник являясь автотрофным организмом, поглощает минеральные удобрения с помощью корневой системы непосредственно из почвы в виде ионов и включает в обменные процессы путем транспортирования их по растению с помощью воды [11]. Главный прием обеспечения почвы запасами питательных веществ — это внесение минеральных и органических удобрений с учетом особенностей биологии роста и развития хлопчатника. Таким образом, важное значение в агротехнике возделывания хлопчатника имеют своевременное внесение минеральных и органических удобрений, проведение влагозарядных, промывных и междурядных обработок, размещение посевов в севооборотах, направленных в совокупности обеспечить требуемый уровень плодородия почвы, а также получение высокого и качественного урожая хлопчатника-сырца и посевных семян.

1.2. Биологические основы формирования разнокачественности семян

Как известно, каждое семя имеет свои отличия и особенности, являющиеся следствием биологических особенностей роста и развития растений. Эти отличия (разнокачественность) бывают морфологические (масса, плотность, размеры, форма и др.) и физиологические (особенности прорастания, отзывчивость на воздействие внешней среды, содержание жизненно необходимых биохимических соединений и др.) [12]. Даже в пределах самого выровненного сорта самоопыляющихся культур (каковым является хлопчатник) отличия между семенами остаются, хотя в общем, сохраняются основные черты и характер обмена веществ. Поэтому, для выявления возможности улучшения посевных свойств семян хлопчатника важное значение приобретает изучение формирования их разнокачественности.

Формирование семян является весьма сложным физиологическим процессом, связанным с оплодотворением, взаимоотношением завязи с вегетативными частями растения и условиями внешней среды. Согласно существующей теории [12] различают три

взаимосвязанные категории разнокачественности семян: генетическую, матрикальную (материнскую) и экологическую.

Генетическая разнокачественность возникает благодаря соединению наследственно неравнозначных гамет родительских форм пыльцевого зерна и завязи, а также множественности оплодотворения. Хлопчатник относится к самоопылителям, способным к факультативному перекрестному опылению, происходящему от одновременно созревающих рыльца и пыльника [7].

В пыльнике одного цветка хлопчатника на 40 яйцеклеток созревают около 2000 пыльцевых зерен, отличающихся между собой размерами, зрелостью и биохимическим составом. Так, пыльцевые зерна из верхних пыльников значительно меньше размерами, чем из нижних. Диаметр пыльцы увеличивается в цветках средней части куста и уменьшается к верхушке [13]. Кроме того, пыльцы средней части бутона созревают на 6-7 часов раньше, чем верхней части, а самые крупные пыльцы находятся также в средней части бутона. Таким образом, качественные показатели пыльцевых зерен зависят от места созревания в пыльнике цветка, а также места расположения цветка в кусте хлопчатника. В зависимости от того, какого качества пылью оплодотворена семечка в завязи во многом определяется агробиологические свойства семени в потомстве.

В самоопыленных завязях наряду с нормально развивающимися семечками имеются щуплые, недоразвитые семечки, несмотря на нормально сформированный зародышевой мешок, что приводит к разнокачественности семян.

Важное значение в наследственных свойствах образующихся семян играет перекрестное опыление хлопчатника, осуществляемое в основном насекомыми и пчелами. Пчелы, собирая нектар и пыльцу хлопчатника, поочередно посещают несколько цветков и растений, одновременно перенося чужеродные пыльцы и участвуя в перекрестном опылении цветков. Объем перекрестного опыления составляет от 5 до 12% [14].

Высокая активность физиологических и биохимических процессов при перекрестном оплодотворении обеспечивает лучшие условия питания для формирующегося зародыша, в результате чего образуются высококачественные семена, обладающие высокими жизнеспособностью и продуктивностью растений в потомстве. В результате перекрестного опыления количество завязавшихся в коробочке семян увеличивается на 20,0-52,1% по сравнению с само-

опылением цветков [15], что еще более увеличивает разнокачественность семян.

Если в некоторые семяпочки проникают по две и более пылевых трубок, то это обуславливает появление эффекта множественного оплодотворения [7,12]. В этом случае оплодотворение семяпочки производится одной пылевой трубкой, а содержимое остальных «лишних» трубок поглощается зародышем, оказывая активизирующее метаболическое воздействие, что также усиливает разнокачественность образующихся семян.

Кроме указанных явлений, при оплодотворении мужских и женских половых элементов разных возрастов образуются разнокачественные семена. Последнее обусловлено разными возрастными пыльцы и завязи, вызванные в известной мере длинным вегетационным периодом и растянутым периодом плодообразования, которые сильно проявляются на хлопчатнике [12].

Матрикальная (материнская) разнокачественность возникает в результате разного местонахождения коробочек на кусте и семени в пределах коробочки. Она, как указывалось выше, обусловлена биологическими особенностями роста, развития и плодоношения генеративных органов хлопчатника.

Самая высокая жизнеспособность и способность к оплодотворению наблюдаются у пылевых зерен и семяпочек цветков внутренней части куста хлопчатника. Пыльцевые зерна, взятые из цветков первого места от второй до восьмой симподиальных веток более крупные и однородные, обладают высокой жизнеспособностью и при опылении ими образуются в два раза больше трубок, проникающих в завязи, чем из цветков последующих мест и конусов. Благодаря высокой жизнеспособности пыльцы и семяпочек средняя часть куста (I-III конусы, рис.1.1) обеспечивается лучшей завязываемостью семян, из которых получается более продуктивное потомство. Таким образом, разнокачественность пыльцы и семяпочек цветков в пределах куста хлопчатника обуславливает также разнокачественность формирующихся семян.

Коробочки I-III конусов внутренней зоны куста образуются первыми в период более высокой жизнеспособности растений, когда они обладают большим запасом питательных веществ, отложенных в листьях, корневой системе и главном стебле. Поэтому в них образуются крупные, физиологически зрелые семена с достаточным запасом питательных веществ. На образование коробочек

расходуется до 60-75% всей накопленной массы растения [8]. Формирование коробочек периферийных конусов куста идет при ослабевающей жизнедеятельности стареющего растения и при худших внешних условиях. В этот период уменьшается энергия фотосинтеза и вместе с этим – способность растения поглощать питательные минеральные вещества из почвы, что накладывает резкий отпечаток на качество семян: образуются более мелкие семена с относительно низким содержанием в них питательных веществ. При этом уменьшается запас питательных веществ и в зародыше семени [8].

Такое различие в развитии коробочек приводит к формированию морфологически- и физиолого-биологически разнокачественных семян, крупность (масса), плотность и биохимический состав которых определенным образом изменяются по главному стеблю снизу вверх и по симподиальным ветвям от центра к периферии куста хлопчатника [8,15,16].

Подтверждением этого являются данные, приведенные в таблице 1.1 по изменению массы и маслянистости ядер семян от местоположения коробочки на кусте хлопчатника сорта 3381 [8]. Начиная с третьей нижней ветви до самой верхней, происходит последовательное уменьшение массы семян, доли ядра и маслянистости семени. В то же время эти показатели уменьшаются также у семян периферийных коробочек. Уменьшение массы семян (особенно у коробочек симподиальной ветви с первого по третье место) происходит за счет снижения доли ядра с 57% до 47% и оно сопровождается уменьшением маслянистости семян на 2-5%.

Изучение изменения массы и плотности оголенных семян, полученных от коробочек первых мест симподиев сорта 108-Ф показывает [3], что в коробочках нижних симподиев зрелые семена формируются с меньшей плотностью, чем на верхних. По массе наоборот: на нижних симподиях формируются более тяжелые семена, а на верхних – легкие. Кроме того, у нижних симподиев основную группу составляют семена с меньшей плотностью и большей маслой, а у верхних симподиев – семена с большей плотностью и меньшей массой. Такое снижение плотности семян объясняется снижением маслянистости семян коробочек верхних симподиев и наличием воздушной прослойки между кожурой и ядром в семенах коробочек нижних симподиев, хорошо просматриваемых при рентгенографии [17].

Таблица 1.1

Изменение массы и масличности семян в зависимости
от места коробочки в кусте хлопчатника [8]

№ сим-подий	Масса 1000 семян, г.			Доля ядра в семени, %			Масличность ядра, %		
	Место коробочки на симподиальной ветви								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.	100,4	90,1	76,4	56,91	53,44	47,95	39,79	40,01	39,33
2.	105,4	97,7	85,9	57,41	56,44	53,35	39,18	40,35	39,94
3.	105,2	95,3	70,2	57,39	56,48	46,26	40,31	39,94	35,02
4.	99,6	89,3	74,7	56,29	54,84	49,39	39,42	39,90	36,20
5.	95,1	88,0	72,8	55,84	54,52	47,40	39,13	38,73	36,75
6.	94,0	87,5	74,6	55,61	50,08	46,98	40,09	37,84	36,67
7.	93,4	73,6	72,0	54,57	48,48	47,53	40,12	38,90	38,64
8.	87,5	66,4	—	51,65	45,07	—	39,79	35,96	—
9.	81,5	66,6	—	49,71	42,59	—	39,93	37,19	—
10.	78,0	—	—	46,91	—	—	37,70	—	—
11.	72,0	—	—	45,93	—	—	36,69	—	—

В пределах коробочки крупность и масса отдельных семян изменяются в зависимости от местоположения их на семяносеце. В средней части семяносеца (рис.1.2) семена обычно более крупные и

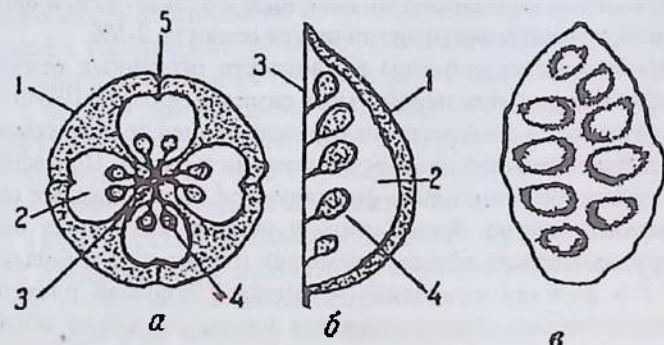


Рисунок 1.2. Расположение семян в пределах коробочки (а – поперечный разрез; б – продольный разрез) и дольки хлопко-сырца (в): 1 – створка; 2 – гнездо; 3 – центральный семяносец; 4 – семена; 5 – линия растрескивания;

упитанные, с большей массой и содержанием более крупного зародыша. Семена самой верхней части семяносеца несколько уступают по признакам семенам средней части, а самые нижние – верхним. Такое различие связано с неодинаковыми условиями оплодотворения семяпочек гнезд [7] и питанием семян по длине центрального семяносеца [6]. Первым оплодотворяются средние семяпочки, расположенные во втором и третьем местах от вершины завязи, к которым в первую очередь поступают питательные вещества. В результате 2- и 3-пара семян дольки созревают более крупными и высококачественными, чем нижние и верхние пары. В семенах от средних пар дольки содержится больше протеина, жира, фосфора и клетчатки (табл.1.2). Количество кальция уменьшается от нижних семян к верхним. Если учесть, что в момент прорастания происходит усиленная утилизация и новообразование фосфора, а также расходование белков и жиров, то семена средних пар в экстремальных полевых условиях будут обладать более высокими агробиологическими качествами, чем нижние и верхние семена.

Таблица 1.2

Морфологические и биохимические показатели семян, сформировавшихся на различных местах дольки в коробочке [6]

Наименование показателей	Место семян в дольке (снизу вверх)			
	1-пара	2-пара	3-пара	4-пара
Морфологические				
Длина, мм	10,2	10,7	10,8	10,0
Ширина, мм	4,2	4,5	4,6	4,4
Толщина, мм	5,0	5,3	5,3	5,1
Масса 1000 семян, г	122,1	127,1	128,5	123,5
Биохимические, %				
Вода	5,5	5,5	4,5	4,0
Сырой протеин	5,30	5,96	6,37	6,02
Сырой жир	32,5	33,0	33,0	32,0
Сырая зола	9,4	9,7	9,7	9,6
Сырая клетчатка	3,5	4,0	4,5	4,2
Фосфор	1,10	1,28	1,25	1,17
Кальций	0,77	0,80	0,58	0,58

Изложенное показывает, что неодновременность формирования в пределах коробочки является одним из важных факторов образования разнокачественных семян хлопчатника.

Развивающееся семя находится в тесной взаимосвязи с другими семенами, листьями, являющимися поставщиками продуктов фотосинтеза, и с корневой системой, обеспечивающей элементами минерального питания и другими необходимыми соединениями. Степень такой обеспеченности в значительной мере зависит от действия на растения условий внешней среды (продолжительность светового дня, интенсивность света, температура и влажность воздуха и почвы, наличие углекислого газа) и агротехнических мероприятий (внесение в почву органо-минеральных удобрений, сроки сева и уборки урожая, борьба с болезнями и вредителями, полив, междурядная обработка, чеканка и дефолиация растений) [12,18]. Все эти факторы в сочетании с длительным периодом плодообразования хлопчатника (с конца мая до заморозков) в онтогенезе обуславливают возникновение экологической (агроэкологической) разнокачественности, приводящей к разному химическому составу, морфологическим и физиологическим особенностям семян.

На качество семян существенное влияние оказывают различные заболевания растений, например, вильтом (табл.1.3). В частно-

Таблица 1.3

Влияние заболеваемости растений хлопчатника вильтом на качественные показатели семян (сорт – Ташкент-1)[20]

№	Почвенный фон	Растения	Заболеваемость вильтом, %	Масса 1000 семян, г.	Масличность ядер, %	Выход ядра, %
1.	Без удобрений (контроль)	здоровые больные	— 11,5	106,0 79,0	42,9 35,2	53,4 47,9
2.	Органический (навоз 30 т/га)	здоровые больные	— 25,0	112,0 83,0	43,3 34,1	53,4 50,0
3.	Минеральный N150 P100 K75	здоровые больные	— 49,0	119,2 92,0	41,7 34,9	56,0 50,0
4.	Севооборот	здоровые больные	— 41,0	122,7 92,0	41,7 33,9	54,7 49,5

сти, в результате заболевания растений вильтом резко снижается масса семян и содержание жиров в их ядрах [19]. Причем, семена со здоровых и больных растений одного и того же агрофона значительно отличаются по агробиологическим показателям. Снижение массы, выхода ядер и их масличности приводит к снижению энергии прорастания и всхожести семян. Исследованиями установлено [3], что у здоровых растений семян с низкой плотностью меньше, чем у больных растений, т.е. у больных растений формируется больше мелких семян, обладающих меньшим запасом питательных веществ. Установлено также [20], что семена, сформировавшиеся в коробочках больных гоммозом отличаются от здоровых меньшей массой и плотностью.

Из изложенного следует, что заболевание растений приводит к усилению разнокачественности формирующихся семян.

Неодинаковые условия формирования семян на растении в первую очередь сказывается на образовании различного количества питательных веществ, откладываемых в клетках и тканях семян. По мере созревания семян увеличивается количество накапливаемых высокомолекулярных и снижается количество низкомолекулярных химических соединений. Накопление высокомолекулярных органических соединений (белки, крахмал, сахар, жиры) в семенах зависит от места их формирования в различных частях генеративных и вегетативных органов и влияния основных факторов жизнедеятельности и агротехнических мер возделывания. В результате этого – проявляется биохимическая разнокачественность, оказывающая существенное влияние на физиологические процессы семян.

Накопление запасных и питательных углеводов в семенах также зависит от местоположения коробочек. Количество сахарозы в семенах коробочек верхних симподиев уменьшается, а декстринов, мальтозы и гемицеллюлозы с крахмалом увеличивается, вследствие чего общая сумма углеводов в них увеличивается [3].

Такое изменение содержания запасных питательных веществ тесно связано с условиями выращивания растений и влияет на формирование семян с различной плотностью (табл.1.4) [21]. От крупных к мелким семенам содержание влаги увеличивается, что объясняется прекращением физиологической активности и синтеза белков к концу фазы созревания у крупных и средних семян [22]. Об обратном же свидетельствует снижение содержания белков (протеина) в составе более мелких семян с плотностью больше

наб 355 210

единицы на 1,5-2,5% и у семян плотностью меньше единицы тех же фракций на 3,5-4,7%. Если учесть, что к концу созревания в семенах содержание и концентрация жиров возрастает [8,22], то снижение жиров в составе семян указанных фракций по сравнению с крупными и средними фракциями на 10,1-13,8% и 11,9-14,5% свидетельствуют о недостаточной их физиологической зрелости. Из таблицы 1.4 видно, что семена с плотностью меньше единицы и мелких фракций характеризуются меньшим содержанием важнейших питательных веществ, а следовательно, и с меньшей продуктивностью в потомстве.

Таблица 1.4
Изменение химического состава семян от их плотности и крупности (сорт 2421)[21]

Плотность, г/см ³	Фракции семян по толщине	Доля вещества в семени, %				
		клетчатка	вода	жир	протеин	зола
1,0 и более	крупнее 5,0 мм	16,65	5,76	28,44	22,76	3,38
	4,5...5,0 мм	17,30	5,82	28,10	22,45	3,50
	4,0...4,5 мм	17,92	6,05	23,00	21,90	3,57
	3,5...4,0 мм	18,72	6,31	18,35	21,04	3,60
	3,0...3,5 мм	21,69	6,62	14,60	20,29	3,74
менее 1,0	крупнее 5,0 мм	20,69	6,42	23,65	20,69	3,59
	4,5...5,0 мм	21,73	6,58	21,40	21,73	3,66
	4,0...4,5 мм	22,31	7,17	16,53	22,31	3,81
	3,5...4,0 мм	23,21	7,32	14,80	23,21	3,89
	3,0...3,5 мм	23,75	7,62	13,90	23,75	4,00

Анализ изложенных исследований об условиях формирования генетической, матриальной и экологической разнокачественности свидетельствует о наличии тесной взаимосвязи между ними.

В частности, генетическая разнокачественность как указывалось выше, определяется в определенной степени изменчивостью наследственных признаков пылевых зерен и яйцеклеток, зависящих от местоположения материнского цветка на кусте растений хлопчатника. Влияние же экологических факторов в основном приводит, в зависимости от качественного и своевременного выполнения агро-технических мероприятий, к увеличению или уменьшению разнокачественности семян. Это свидетельствует о доминирующей

роли матриальной разнокачественности в общей разнокачественности семян хлопчатника. Поэтому при разработке мер по улучшению качества семян необходимо учесть характер изменения их морфологических и биохимических свойств в зависимости от местоположения коробочек на кусте растений хлопчатника и местоположения семян в пределах дольки хлопка.

Морфологическая и биохимическая разнокачественность семян складывается из матриальной разнокачественности самих растений хлопчатника и разнокачественности семян, возникающей в результате качественного и несвоевременного выполнения агро-технических мероприятий на полях семенных посевов. Например, при среднем раскрытии коробочек по хлопковому полю 70%, у 5% растений раскрытых коробочек вообще не было, у 5% раскрытие составило 27,3%, у 7,5% растений – 45,4%, а у 25% - 100% раскрытых коробочек [4]. Проведение дефолиации на таком поле приводит к усилению разнокачественности семян.

1.3. Влияние разнокачественности на посевные качества семян и развитие потомственных растений хлопчатника

Активизация жизненных процессов зародыша сопровождается повышением влажности до 50-60%, набуханием семян и переходом протоплазмы клеток зародыша в состояние коллоидного раствора, активизацией процессов метаболизма и резким повышением уровня дыхания. В результате начинает расти зародыш, что внешне проявляется в удлинении корешка, а затем в росте и подсемядольного колена (гипокотили), вместе составляющих осевые органы проростка. С ростом гипокотили проросток выводит из земли на поверхность почвы семядоли вместе с верхушечной точкой роста. С этого момента проросток переходит от питания запасными питательными веществами семени-матери (гетеротрофного питания) к питанию продуктами фотосинтеза (автотрофному питанию) [8].

В результате деления клетки-матери в растущих тканях растения возникают новые живые клетки системы обмена веществ в осевых органах проростка [23,24], которые обеспечивают переход от гетеротрофного питания к автотрофному и приемственность наследственных признаков от матери-семени к проростку [23]. Поэтому разнокачественные семена в потомстве также дают растения,

наследующие основные качественные признаки своих предшественников.

Одним из основных биологических показателей качества семян, определяющих их однородность и способность дать дружные полноценные всходы с достаточным запасом питательных веществ до перехода к автотрофному питанию, являются энергия прорастания и всхожесть. Результаты многочисленных исследований [3,16, 25-28] показывают, что они зависят от места происхождения семян при формировании на материнском растении. Данные таблицы 1.5 [16] показывают, что изменение массы 1000 семян, их энергии про-

Таблица 1.5
Изменение показателей семян от местоположения
коробочек на кусте хлопчатника (сорт 108-Ф)[16]

Сим-подий	Масса 1000 семян, г.			Энергия прорастания, %			Лабораторная всхожесть, %		
	Место коробочек на симподии								
	1-	2-	3-	1-	2-	3-	1-	2-	3-
1.	120,5	102,1	93,7	92	90	86	98	94	90
2.	126,0	103,7	96,2	90	88	86	100	94	90
3.	128,6	99,0	89,3	92	88	78	99	96	89
4.	128,1	98,2	94,0	92	87	84	98	98	88
5.	118,0	97,0	92,0	89	87	82	97	96	89
6.	117,0	97,8	83,0	87	86	78	93	91	86
7.	116,6	97,6	—	90	79	—	95	89	—
8.	108,2	93,8	—	88	83	—	93	88	—
9.	103,8	85,6	—	88	79	—	94	85	—
10.	100,1	—	—	86	—	—	91	—	—
11.	96,2	—	—	86	—	—	91	—	—
12.	96,6	—	—	82	—	—	90	—	—
Сред- нее	102,9			86,0			92,7		

растания и лабораторной всхожести в зависимости от местоположения коробочек на кусте растений носят одинаковую закономерность, а именно: снижение этих показателей от нижних симподиев к верхним и от центра главного стебля к периферии. При этом масса 1000 штук семян коробочек 1- места расположения при переме-

щении от 1-симподии к 12-ой уменьшается на 23,9 г. Этот же показатель у семян 2-места при перемещении к 9-ветви составляет 16,5г, а у семян 3-места 6- симподии — 10,7 г.

Аналогичные изменения наблюдаются по энергии прорастания и всхожести семян. Энергия прорастания у семян из коробочек первого, второго и третьего места расположения снижаются, соответственно, на 10,0, 11,0 и 8,0 %, а лабораторная всхожесть семян 1-места снижается на 8,0%, у 2-места на 9,0% и у 3-места на 4,0%.

Разница между лабораторной всхожестью и энергией прорастания у семян из коробочек 1-места расположения изменяется в пределах 5-10%, у семян 2- и 3-места — на 4-11%. Приведенные данные свидетельствуют о наличии тесной взаимной связи между массой и жизнеспособностью семян.

Такая же закономерность изменения характерна для силы роста (масса 100 шт.) проростков, густоты стояния и урожая (табл. 1.6) в зависимости от местоположения коробочек на кусте [29]. Лабораторная всхожесть семян селекционных сортов Ф-108 и С-4727 при перемещении коробочек с нижнего яруса (1-симподий) к верхнему (9-симподий) снижаются, соответственно, с 97,0 до 86,0 % и с 99,0 до 97%, т.е. на 11,0 и 2,0%. Всхожести тех же семян в полевых условиях изменяются с 64,0 до 28,7 % и с 67,0 до 40,0%, т.е. на 35,3 и 27,0 % почти при одинаковых снижениях относительно лабораторных всхожестей у обоих сортов на 30-57%.

Это указывает, во-первых, на зависимость степени разнокачественности семян от селекционного сорта хлопчатника и, во-вторых, на необходимость отбора наиболее физиологически зрелой части семян даже из коробочек внутренних конусов куста хлопчатника, формирующихся в период активной жизнедеятельности материнских растений.

Из таблицы 1.6 следует, что сила начального роста, наиболее близко характеризующая физиологическую зрелость и жизнеспособность семян в полевых условиях, также больше у семян из коробочек нижних и средних ветвей. О наибольшей коррелированности силы роста семян с полевой всхожестью подтверждают данные о густоте стояния растений.

У семян из коробочек верхних симподиев и периферийных мест наблюдается значительное снижение энергии прорастания, лабораторной и полевой всхожести, а также уменьшение силы начального роста растений и их продуктивности. Аналогичная зако-

номерность обнаружена при исследовании [30] биологических показателей семян из различных местоположений в пределах долек коробочки.

Таблица 1.6

Влияние местоположения коробочек на всхожесть семян, силу роста проростков и урожайность растений хлопчатника [29]

Показатель	1-е места симподий							
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	9-й
Сорт 108-Ф								
Всхожесть: %								
лабораторная	97,0	98,0	99,0	99,0	97,0	95,0	91,0	86,0
полевая	64,0	61,8	61,4	58,1	55,7	48,0	27,9	28,7
разница всхожестей	33,0	36,2	38,6	40,9	41,3	47,0	63,1	57,3
Сырая масса 100 проростков, г.	57,4	55,0	49,8	48,2	46,5	43,3	41,8	31,4
Густота, тыс./га	98,5	89,1	84,0	82,9	80,9	79,6	60,9	53,3
Урожай, ц/га	37,6	37,5	37,0	36,8	37,9	34,8	31,8	30,3
Сорт С-4727								
Всхожесть: %								
лабораторная	99,0	99,0	100,0	99,0	98,0	97,0	97,0	97,0
полевая	67,0	64,0	64,7	69,8	56,6	57,8	52,2	40,0
разница всхожестей	32,0	35,0	35,3	29,2	41,4	39,2	44,8	57,0
Сырая масса 100 проростков, г.	55,7	54,5	50,1	49,2	48,3	45,0	42,7	29,3
Густота, тыс./га								
	94,2	96,9	94,4	91,1	88,7	90,0	92,9	70,4
Урожай, ц/га	43,0	44,0	43,1	37,6	36,6	37,5	35,7	30,5

Исследованиями установлена также зависимость прорастания от массы и плотности семян, изменяющихся в широких пределах (таблица 1.7) [3]. В первые дни проращивания семена с высокой массой и плотностью отстают от семян со средними показателями. К концу периода наибольшее количество проросших оказалось у семян с высокой массой по сравнению с семенами высокой плотности. Установлено также [27], что внешне зрелые семена плотностью меньше единицы и массой 91-100 мг через сутки проросли на 72%,

тогда как семена такой же плотности, но массой 101-120 мг проросли на 95,5%, а семена массой 110-120 мг и плотностью больше единицы имели всхожесть 96,3%. Оно обусловлено тем, что семена с высокой массой формируются в коробочках нижних симподиев и обладают большим содержанием питательных веществ, тогда как

Таблица 1.7

Изменение всхожести семян от массы и плотности семян [3]

Фракции семян	Наименование показателя	Величина показателя	Всхожесть(%)на сутки			
			4	5	6	7
Самая легкая	Плотность, г/см ³	Менее 1,0	3,3	16,9	29,8	48,7
Легкая		1,0-1,035	16,1	37,2	58,3	86,3
Средняя		1,035-1,159	32,7	54,1	77,1	96,5
Тяжелая		более 1,159	13,3	31,4	62,8	89,7
Легкая	Масса 1000 семян, г.	91-100	1,2	8,6	33,1	68,9
Средняя		100-110	20,4	39,7	63,7	94,0
Тяжелая		110-120	18,5	26,4	50,3	95,4

мелкие семена с высокой плотностью формируются в коробочках верхних и периферийных симподиев и обладают меньшим содержанием питательных веществ. Семена с плотностью меньше единицы и легкие по массе (меньше 100 мг) также характеризуются низкой упитанностью (см. таблицы 1.1, 1.3 и 1.4).

На основе такой изменчивости биологических показателей семян лежат физиолого-биологические процессы, сопровождающие формирование и прорастание семян [31].

Прорастание семян обычно начинается с усиления дыхания, повышения активности различных ферментов и сопровождаются превышением запасных питательных веществ. С ростом корешков дыхание семян усиливается, и это особенно проявляется в дни появления всходов (табл. 1.8), когда его интенсивность увеличивается почти в 2 раза.

Основными строительными и энергетическими материалами в ядре семян хлопчатника являются жиры и белки [12,24,31]. В начальный период (первая и вторая четверти) роста семян количество жира почти не меняется, однако с началом роста гипокотилиа и особенно эпикотилиа расход жира усиливается (третья четверть) и

он достигает своего максимума в момент появления всходов, когда наблюдается его усиленный гидролиз. В результате чего содержания жира в ядрах снижается в среднем с 41, до 24,5%. Сравнивая утилизацию жира в семенах различных фракций, отметим наиболее быстрое его потребление в семядолях и корнях проростков из средней и тяжелой фракций [31].

Таблица 1.8

Физиологические показатели семян хлопчатника в период от посева до появления всходов (сорт 108-Ф)

№ п/п	Показатели	Исходные (набухшие) семена	Четверти периода «посев-всходы»			
			первая	вторая	третья	появление всходов
1.	Длина проростков, мм	0	0	17	44	96
2.	Интенсивность дыхания, мг CO ₂ за 1 ч на 10 семян	—	0,39	0,44	0,54	0,74
3.	Содержание растворимых сахаров, %	7,5	8,7	9,7	9,1	7,3
4.	Содержание жира в ядре, %	41,5	41,5	40,5	37,5	24,5

Углеводы, которых в составе набухших семян содержится всего в количестве 7,5%, участвуют в процессах дыхания, синтеза органических и аминокислот, а также других соединений, участвующих в построении тканей и обмена веществ. По мере роста всходов, когда начинается фотосинтез и интенсивное образование углеводов, содержание последних в надземных частях и корнях проростков семян тяжелой фракции больше в 1,7 и 3 раза по сравнению с проростками легкой фракции. Такая высокая обеспеченность углеводами проростков семян тяжелой фракции создает благоприятные условия для новообразования тканей и ассимиляции питательных веществ из внешней среды.

Если общая кислотность у двенадцатидневных проростков семян легкой фракции составляет 8,62%, то она у проростков семян тяжелой фракции выше на 6,16%, что усиливает процессы дыхания, биосинтеза аминокислот и ассимиляции из почвы азота.

Изучение состава 15-дневных проростков из семян легких, средних и тяжелых фракций показало, что в них содержание фосфора составляет, соответственно, 119,5; 140,23 и 159,4 тыс. имп./мин на 1 растение [31]. Это свидетельствует об усилении образования органических соединений с высокими энергетическими возможностями в проростках семян средней и тяжелой фракции, а также о высоком уровне обмена веществ и ростовых процессов в проростках указанных фракций.

Изложенное показывает, что разнокачественность проявляется с момента набухания и прорастания семян. Более крупные и тяжелые семена обладают повышенной всхожестью и силой начального роста, которые связаны с большим запасом в них питательных веществ, усиливающих процессы фотосинтеза и ассимиляцию элементов минерального питания в молодых растениях. При этом они сохраняют достаточное количество питательных веществ, необходимых для дальнейшего роста и развития всходов и растений.

Результаты изучения влияния разной плотности семян показали, что очень легкие семена (плотностью меньше единицы), среди которых достаточно много щуплых и недозрелых семян, обладают самой низкой полевой всхожестью (всего около 25%), в результате чего резко снижается предуборочная густота растений. Установлено также, что тяжелая и средняя фракции (1,035-1,120 и более г/см³) обеспечивают в поле больше гнезд с 3-5 растениями (табл.1.9) [3].

Таблица 1.9

Влияние плотности семян на появление всходов, рост, развитие и урожайность растений хлопчатника (сорт 108-Ф) [3]

Фракции семян с плотностью, г/см ³	Полевая всхожесть, %	Высота растений, см	К-во симподиев, шт.	К-во корочек на 1 раст., шт.	Масса хлопка с 1 корочки, г.	Предуборочная густота растений, тыс./га	Урожайность хлопка, ц/га
Исходные	60,0	92,3	13,4	8,7	6,9	80,2	34,9
Менее 1,0	24,6	101,7	16,1	16,2	6,9	35,1	25,0
1,0-1,035	49,8	89,4	14,7	9,2	7,1	69,1	31,3
1,035-1,020	69,8	86,1	11,3	8,4	7,2	96,4	41,1
более 1,020	71,2	83,8	11,5	8,3	7,0	98,6	41,2

Более высокий рост растений, большее количество симподиев и коробочек на одном растении у самих легких семян объясняется очень большой площадью питания и избытком свега в сильно изреженных посевах. Однако, высокая густота стояния растений и более крупные коробочки обеспечивают повышение урожая хлопчатника в посевах средней и тяжелой фракций на 5,0-5,3 ц/га по сравнению с исходными семенами.

Кроме того, было замечено [3], что семена с низкой массой и плотностью в условиях повышенной влажности почвы быстрее загнивают и поражают гнилью рядом находящиеся семена.

Исследованиями [32,33] установлено влияние качества семян на заболеваемость растений хлопчатника вилтом и урожайностью (таблица 1.10). Снижением массы с 130,0 до 103,0 г. повышается поражаемость потомственных растений вилтом с 44,6 до 65,2% [32]. Если семена тяжелой фракции (плотностью больше единицы) дали 17% больных растений, то семена легкой фракции сорта 108-Ф – 18,7% [33]. При этом урожай хлопка с одного растения снизился у здоровых и больных растений, соответственно, с 129,5 г. и 94,8 г. до 104,5 г. и 68,5 г. Выживаемость растений на инфекционном фоне составляла 82% у тяжелой и 60% у легкой фракций [33].

Таблица 1.10

Влияние качества семян на основные показатели хлопчатника (сорт 108-Ф) [32]

Варианты семян	Масса 1000 семян, г.	Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %	К-во коробочек на 1 раст., шт.	Урожайность хлопка, ц/га	Заболеваемость вилтом, %	
						все-го	в т.ч. в сильной степени
1.Заводские	122,5	87,0	91,0	10,2	28,0	51,4	22,4
2.Севооборотные	130,0	90,0	98,0	12,2	29,6	44,6	16,6
3.Монокультура	106,5	95,0	98,0	11,8	23,7	54,6	24,0
4.Вилтовые	103,1	55,0	70,0	9,7	22,4	65,2	31,0

Чем крупнее и тяжелее семена хлопчатника, тем устойчивее их потомственные растения против заболеваний корневой гнилью.

Между этими показателями имеется тесная корреляционная связь у семян сортов С-9070, С-6037, 9871-И, равная 0,67-0,72 и средняя корреляция – сорта С-6524 (0,45-0,54) [34]. Если заболеваемость гоммозом у всходов семян фракций плотностью больше единицы в полевых условиях составляла 7,5-3,3%, то у всходов семян плотностью меньше единицы она составляла 18-31,5% [35].

В иммунитете хлопчатника к различным заболеваниям большое значение имеют защитные реакции растения, основанные на образовании им антимикробных веществ – фитонцидов и антибиотической активности клеточных соков [35]. Повышенный иммунитет растений хлопчатника у более крупных и тяжелых семян против болезней можно объяснить более сильной их фитонцидностью, требующей наличия и мобилизации определенных пластических веществ в клетках. Как указывалось выше, более крупные и тяжелые семена, а также их растения располагают достаточным запасом питательных веществ для образования фитонцидов. Поэтому они обладают повышенным иммунитетом против различных болезней.

1.4. Возможности снижения разнокачественности и основные требования к подготовке посевных семян хлопчатника

Изучение биологических особенностей роста, развития и накопления урожая хлопчатника позволяет установить основные факторы формирования и факторы проявления разнокачественности при использовании заготовленных семян. Анализ исследований, проведенных в пп. 1.2 и 1.3 свидетельствует о тесной взаимной связи факторов, приводящих к формированию генетической, матрикальной и экологической составляющих разнокачественности семян хлопчатника. При этом матрикальные факторы помимо непосредственного влияния оказывают опосредственное влияние через неоднородность гамет из-за последовательного появления цветков на симподиях и самих симподиальных ветвей на главном стебле растений (рис.1.3). Поэтому можно считать, что матрикальная составляющая разнокачественности играет доминирующую роль в общей разнокачественности семян.

В процессе возделывания хлопчатника в зависимости от времени и качества выполнения агротехнических мер можно оказать

влияние на экологические факторы формирования, которые в свою очередь, окажут непосредственное влияние на процесс формирования разнокачественности семян в зависимости от конкретных почвенно-климатических зон возделывания хлопчатника. Однако, эти меры либо усиливают, либо снижают степень разнокачественности.



Рисунок 1.3.Схема влияния факторов на формирование разнокачественности семян хлопчатника

Проведенный анализ распределения по плотности, крупности (массы) показывает, что семена с различными показателями встречаются в коробочках почти всех симподиев. Но разница заключается в том, что среди нижних симподиев основную группу представляют более крупные семена с меньшей плотностью и большей массой, а среди верхних—более мелкие семена с большей плотностью и меньшей массой. Поэтому семена от каждого отдельно взятого растения по плотности и массе варьируют в широких пределах.

Для повышения урожая хлопчатника и качества заготавливаемого сырья необходимо снизить разнокачественность семян с помощью агротехнических и технологических мероприятий.

Однако, агротехнические меры могут снизить разнокачественность семян в незначительных масштабах, поскольку они приводят к ослаблению влияния лишь экологической составляющей, тогда как матрикальная составляющая в основном сохраняет свое влияние на посевные качества семян.

Поэтому основными средствами повышения посевных качеств семян хлопчатника следует считать, технологические меры, выполняемые непосредственно в процессе их подготовки на хлопкоочистительных заводах. В первую очередь, используя тесную взаимосвязь биологических факторов проявления с морфологическими и биохимическими показателями, необходимо осуществлять отбор из общей исходной смеси физиологически зрелых семян. Проведенный анализ свидетельствует о возможности такого массового отбора (сортирования) по крупности, массе и плотности семян с выделением в посевную фракцию наиболее крупных и тяжелых семян, содержащих достаточное количество запаса питательных веществ, обеспечивающих высокую полевую всхожесть, дружный и ускоренный рост, развитие растений хлопчатника с повышенным иммунитетом к заболеваниям и потенциалом высококачественного урожая.

С целью обеспечения сохранности посевных свойств семян и исключения передачи различных болезней из года в год семенами необходимо произвести качественную очистку и обеззараживание их поверхности от сапрофитных и патогенных микроорганизмов. Кроме того, целесообразно принимать меры по повышению иммунитета семян и проростков к заболеваниям при одновременном стимулировании их биологической активности.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА К СЕВУ

2.1. Существующая технологическая система подготовки семян хлопчатника

Широко распространенные системы подготовки семян хлопчатника имеют заданный регламент функциональных операций [36], в основе которых лежит использование морфологических параметров семян. Согласно этому регламенту, после джинирования семенного хлопка-сырца и двукратного линтерования получают опушенные семена хлопчатника (рис.2.1), которые в последующем сортируются в зависимости от их парусности в пневматических устройствах (УСА, СПС, Jubus), протравливаются химическими препаратами в механических устройствах и затариваются в мешки для хранения. Очистка семян от органических и минеральных примесей осуществляется перед сортированием в механических устройствах УСМ-А.

Основным недостатком опушенных семян является их плохая сыпучесть, которая снижает качество сортирования и не позволяет вести сев хлопчатника заданным количеством. Для устранения этого недостатка семенам хлопчатника придают сыпучесть путем их оголения, дражирования, обжига, капсулирования и другими способами.

При одностадийном механическом оголении, которое широко применяется в настоящее время, семена после джинирования, очистки от примесей поступают в семеоголительные машины 4-СОМ для снятия с их поверхности волокнистого подпушечного слоя. Оголенные семена в дальнейшем калибруются по размерам на машине КСМ-1,5, протравливаются в устройствах камерного типа и после затаривания складываются для хранения.

Изложенное показывает, что существующие технологические системы функционируют на основании применения машин и устройств, использующих лишь морфологические параметры и в значительной степени не учитывающих биологические особенности семян. Вместе с тем, процесс подготовки семян хлопчатника должен включать естественные циклы развития, приводящие к изме-

нению физиологического состояния, для управления которыми применяются различные антропогенные (с участием человека) операции. Сроки, качество и последовательность выполнения последних должны обеспечить поддержание и улучшение физиологического состояния семян.

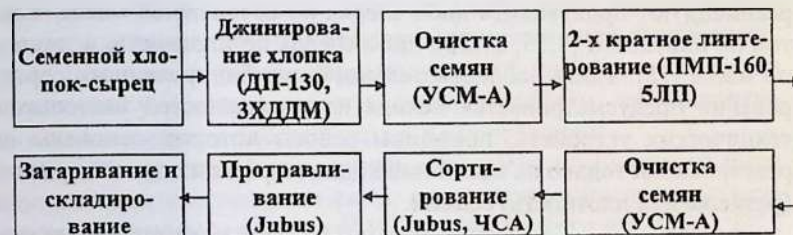


Рисунок 2.1. Технологическая схема подготовки посевных семян хлопчатника

Исходя из важности изложенного и изыскания путей повышения эффективности технологической системы подготовки, проведем анализ основных функциональных операций, оказывающих существенное влияние на качественные показатели семян.

2.2. Краткий анализ способов и технических средств сортирования семян хлопчатника

Агробиологические основы повышения качества посевного материала хлопчатника путем отбора высококачественных семян из исходной разнокачественной смеси (сортирования) изложены в трудах М.В.Мухамеджанова, Ш.И.Ибрагимова, У.Муратова В..Соловьева, Н.Малова, С.Канаш, Г.Голдберга, Л.С.Руденко, Х.Рахимова, А.Шлейхера и др. В исследованиях [25,26] считают необходимым произвести отбор в посевную фракцию крупных и средних по размерам семян. Однако, в этом случае в составе посевного материала могут оказаться недозрелые легкие семена крупных размеров, обладающие низкими агробиологическими свойствами.

В других исследованиях [37] наиболее важным признаком сортирования считают плотность семян. В этом случае в составе посевного материала окажутся также семена высокой плотности, но

легкие по абсолютной массе, обладающие низким запасом питательных веществ и агробиологическими свойствами.

Поэтому абсолютное большинство исследователей считают необходимым произвести сортирование семян поэтапно с учетом их абсолютной массы и плотности. Отбор высококачественных семян рекомендуют производить либо сперва по абсолютной массе, а затем по плотности [3,15, 27,28], либо сперва по плотности, а затем — по массе [38]. Такая последовательность комбинированного сортирования предусматривается исходя из возможностей имеющихся технических устройств, принципы работы которых основаны на реагировании только на какой-либо один морфологический признак (размеры или плотность) семени.

Анализ связи абсолютной массы и плотности семян с их посевными и урожайными качествами (табл.1.5-1.10) показывает, что для получения высококачественного материала в посевную фракцию следует выделить семена с абсолютной массой 100 мг и более, а также плотностью 1,0 г/см³ и выше. В техническую фракцию будут выделены недозрелые семена, имеющие плотность меньше единицы, и семена из больных растений, имеющие абсолютную массу меньше 100 мг (см.табл.1.7). В этом случае исключается попадание в посевную фракцию семян с высокой плотностью и малой абсолютной массой, обладающих низкими агробиологическими свойствами и получаемых из внешних конусов куста хлопчатника. Однако следует учесть, что в процессе сортирования величину плотности и абсолютной массы семян, служащим критериями разделения, необходимо откорректировать исходя из биологических особенностей конкретных селекционных сортов хлопчатника.

Для реализации вышеуказанных признаков разделения семян хлопчатника были разработаны механические, аэродинамические (пневматические), гидростатистические (жидкостные) и электрические способы сортирования.

Впервые для сортирования семян хлопчатника по удельному весу был использован гидростатистический способ [39], где семена, имеющие меньшую плотность, чем плотность жидкости всплывают, а высококачественные семена большей плотности опускаются на дно. Разделяя эти разнокачественные фракции получают посевной материал, состоящий из семян высокой плотности. Испытания гидросортировщиков показали высокую степень разделения исходной смеси на посевную фракцию (плотность больше

единицы) в воде [39] и растворе аммиачной селитры [27] и они были внедрены на некоторых хлопкозаводах. Однако, при гидросортировке в состав тяжелой фракции попадают мелкие семена с высокой плотностью, что снижает агробиологические показатели посевного материала. Кроме того, для получения кондиционных по влажности семян, посевной материал необходимо дополнительно промыть и просушить, что приводит к усложнению технологического процесса и удорожанию получаемой продукции. Попытки устранения указанных недостатков применением легкоиспаряющихся химических веществ к успеху не привели [40].

В последующем, для сортирования семян по плотности были использованы инерционные силы, возникающие после отрыва семян от вращающейся щетки [41] или ленточного конвейера [42]. Принцип работы этих устройств основан на изменении дальности полета семян после отрыва в зависимости от их плотности и свойств поверхности. В результате исследований разработан ленточный сямсортировщик ССЛ-6, опытно-промышленная партия которого в начале 60-х годов была установлена в цехах подготовки семян хлопчатника.

Для исключения попадания в посевной материал мелких семян и получения выровненных по размерам семян с целью их высева заданным количеством были разработаны решетные калибровщики оголенных семян хлопчатника КСХ-1, КСМ-1.5, КСМ-1-1.5[36,43] и барабанный решетный сортировщик [44]. В настоящее время во всех семеноводческих цехах оголенные семена калибруются сперва по толщине через отверстия 4х25 мм, а затем по ширине через отверстия диаметром 6,0 и 5,0 мм с помощью серийно выпускающихся калибровщиков КСМ-1-1.5[43].

Из зарубежных аналогичных устройств следует отметить сепаратор фирмы «Петкус» К-547 и калибровщик фирмы США «Бауэр» [45]. В этих устройствах в посевную фракцию выделяются семена толщиной менее 4 мм и шириной в пределах 5,0-6,0 мм. Щуплые и недозрелые семена средних размеров, обладающие низкими биологическими и биохимическими свойствами (плотностью меньше единицы) из посевной фракции не извлекаются. Вследствие этого недостатка до 20% подготовленных оголенных семян не отвечают требованиям по посевным качествам. Кроме того, в отходы уходит часть высококачественных семян (до 5-6% от исходного материала) с высокой абсолютной массой[27].

Использование аэродинамической силы восходящего воздушного потока для сортирования оголенных семян дало возможность выделить в посевную фракцию тяжелых по плотности семян. В результате исследований разделения опущенных семян в вертикальном [46] и горизонтальном [47] воздушных потоках были созданы пневматические устройства ЧСА и СПС, позволяющие одновременно вести очистку и сортирование исходного материала, которые в настоящее время применяются на линиях подготовки посевного материала хлопкоочистительных заводов. В настоящее время на всех технологических линиях подготовки хлопковых семян установлены пневматические сортировщики Испанской фирмы *Jubus*.

В этих устройствах сортирование осуществляется на основе принципа действия разности величин сил тяжести семени и аэродинамической силы воздушного потока. Величина полной аэродинамической силы зависит от скорости движения, миделево сечения, угла расположения относительно воздушного потока и состояния поверхности (опушенности) семени. Как известно, последнее не зависит от физиологического состояния семени. Поэтому под действием воздушного потока семена различной плотности, массы и ориентации, а также семена одинаковой массы, но различной опушенности приобретают различные скорости, что приводит к их взаимному столкновению и снижению качества разделения семян. На качество разделения оказывают также влияние выравнивание воздушного потока и равномерность подачи семян.

Для повышения четкости проводились исследования по разделению опущенных семян в электрическом поле коронного разряда, в результате которых были разработаны камерный [48] и барабанный [49] электросортировщики. Основным недостатком электрокоронных устройств является зависимость качества разделения от параметров (температура, влажность и др.) окружающей среды, которые существенно изменяются в зимне-весенний период подготовки семян.

В целях устранения указанных недостатков была разработана диэлектрическая калибровочная машина [50], в которой рабочий орган выполнен в виде барабана, состоящего из разнесенных изолированных электродов, подключенных к разнополярным выводам высоковольтного источника питания. Она разделяет только оголенные семена, имеет малую производительность и в отходы выделяются физиологически зрелые семена, имеющие ширину и

толщину менее 4 мм, как при работе решетного калибровщика КСМ-1-1.5.

Учитывая опыт создания диэлектрических сортирующих устройств для семян различных сельскохозяйственных культур [51] и агробиологические, морфологические особенности опущенных, оголенных семян хлопчатника были проведены исследования [52,53], послужившие основой разработки диэлектрических сортировщиков СДХ, ЧДС-1 и ЭЧС.

При работе этих устройств семена с помощью специального направителя укладываются в межэлектродном пространстве длинной вдоль разнополярных цилиндрических электродов вращающегося барабанного рабочего органа. При этом на крупные семена электрическое поле оказывает действие меньшей напряженностью, чем на мелкие семена. Вследствие этого крупные и средние по размерам семена под действием центробежной силы отрываются от вращающегося барабана раньше, чем мелкие семена. С другой стороны, семена одинакового размера будут испытывать действия центробежной силы, пропорциональной их плотности, тогда как на них будет действовать электрическое поле одинаковой напряженности. Поэтому в этих устройствах семена будут разделяться одновременно по совокупности их плотности и абсолютной массе.

Общеизвестно, что остаточная опушенность семян хлопчатника зависит от технологических и режимных параметров волоконотделительных машин. Поэтому ее значение носит случайный характер и не связано с физиологическим состоянием семени, что вносит определенные затруднения в процесс сортирования. Для исключения влияния этого явления был предложен косвенный способ [54], заключающийся в предварительном сортировании семенного хлопка-сырца по массе и упругости летучек, имеющих тесную корреляцию с посевными и морфологическими свойствами семян.

Для реализации этого способа было разработано пневматическое устройство [55], основанное на силе проталкивания летучек через отверстие диаметром 14 мм. Испытания показали недостаточную разделяющую способность этого устройства и поэтому было разработано трибоэлектрическое устройство [56], использующее упругие свойства волокнистого покрова летучек. При работе этого устройства (разделение идет по плотности частиц) в посевную фракцию выделяются зрелые летучки малой массы, обладающие

высокой упругостью, но содержащие семена массой менее 100 мг, что снижает качество посевного материала.

Исследованиями [57] было разработано диэлектрическое устройство, позволяющее разделять летучки хлопка-сырца по упругости и массе, что повысило среднюю массу получаемых посевных семян по сравнению с исходными на 9,46-18,92 мг при выходе летучек соответствующих фракций в 77,92%.

Основными недостатками этого способа являются необходимость предварительно деления долек хлопка-сырца на отдельные летучки и изменение всей современной технологической системы подготовки посевных семян хлопчатника, что потребует значительных финансовых и материальных затрат.

Изложенное показывает, что работа известных сортирующих устройств основана на принципе реагирования на какой-либо морфологический признак семени возрастно-поступательного движения решета, вращательного движения цилиндра, ламинарного и турбулентного движения воздуха или жидкости и не учитывает биолого-физиологического состояния семян.

А известные электрические сортирующие устройства из-за присущих им недостатков не обеспечивают деления одновременно по их плотности, взаимосвязанных с особенностями семян хлопчатника, как биологических объектов.

2.3. Болезни хлопчатника и меры борьбы с ними

Основными заболеваниями хлопчатника являются вилт, загнивание семян, корневая гниль всходов и гоммоз растений [58].

Гоммоз является одной из вреднейших болезней хлопчатника, возбудителем которой являются бактерии *Xanthomonas malvacearum* Dowson, подвергающие поражению все надземные части (семядоли, листья, стебли, цветки, коробочки) растения [59]. Наиболее вредоносной является стеблевая форма, при которой урожай хлопка с каждого куста снижается с 70,8 до 16,1 г, длина волокна снижается на 8-25%, крепость – в 1,5-2 раза, а разрывная длина – на 8-20% [60].

Основным источником передачи инфекции гоммоза из года в год являются посевные семена, на поверхность которых бактерии попадают при заболевании коробочек и волокна, а также во время переработки семенного хлопка-сырца на заводах. Кроме поверхностного имеет место также внутреннее заражение, когда бактерии

проникают по ксилемным сосудам во внутрь семени. Поверхностная зараженность семян доходит до 100%, а внутренняя – иногда до 17-23% [60].

Загнивание высеянных семян, находящихся в почве вызывается их поверхностной зараженностью плесневыми грибами, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* и др. Заражение семян происходит во время раскрытия, уборки, хранения, переработки семенного хлопка-сырца, контактирования с почвой и носит повсеместный характер [61].

Корневая гниль и черная корневая гниль являются широко распространенными заболеваниями средневолокнистых и тонковолокнистых сортов хлопчатника и они вызываются почвообитающими грибами *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis basicola* и *Fusarium*, проникающими в растения в области корневой шейки. Особенностью этой болезни является то, что ранней весной при неблагоприятных погодных условиях и агротехнических мероприятиях поражаются всходы, а осенью, когда наступают низкие температуры – и взрослые растения [58]. В первом случае большинство всходов погибают, вследствие чего до 30-36% посевов оказываются изреженными, а во втором случае урожай хлопка-сырца уменьшается на 36-37% [62].

Самой вредоносной болезнью является вертициллезное и фузариозное увядание (вилт) хлопчатника. Болезнь вызывается почвообитающими грибами *Verticillium dahliae* и *Fusarium oxysporium*, которые проникают через корень в растение. Она проявляется на нижних листьях в виде желтых пятен, охватывающих впоследствии весь лист. Больные листья опадают и остается голый стебель с малым числом коробочек, преждевременно подсыхающих и раскрывающихся с низкогокачественным сырьем [63].

Общим признаком описанных болезней является передача инфекции через семена. Однако, если для гоммоза и плесневения посевной материал является основным источником передачи инфекции из года в год, то инфекции корневой гнили и вилта, в основном, находится в почве и через нее поражаются растения и всходы. Зараженность семян грибами последних двух болезней составляет около 7,2-20,0% [61].

Для предотвращения передачи болезней хлопчатника из года в год производится обеззараживание поверхности семян от болезнетворных микроорганизмов обработкой различными препаратами. При биологическом способе для подавления жизнеспособности па-

тогенных микроорганизмов используется обработка семян суспензиями микробов-антагонистов. Применение антибиотического действия актиномицетов-антагонистов против гоммоза и вилта показало значительное снижение заболеваемости всходов. Однако этот способ из-за узкого спектра действия антибиотиков не нашел широкого практического применения [64].

Из физических способов были использованы воздействие солнечных и ультрафиолетовых лучей, топочных газов, нагретого воздуха, горячей воды и электрического поля. При применении теплового воздействия нагретого воздуха, топочных газов потеря жизнеспособности у семян наступает раньше, чем у возбудителя гоммоза [62]. Использование горячей воды не нашло практического применения из-за сложности технологии обеззараживания [65] и больших энергетических затрат.

В Индии наилучшие результаты были получены при кратковременном комбинированном облучении семян ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами. В США облучение высоковольтными катодными лучами уничтожало большую часть микроорганизмов, но снижало прорастание семян [66]. Использование ультрафиолетовых лучей для обеззараживания семян показало возможность снижения зараженности посевного материала в несколько раз [67,68].

Применению электрических полей для предпосевного обеззараживания семян посвящены исследования Давидбаева Х., А.Мухаммадиева, М.Исмаилова, Х.Мирзаахмедова, А.Денмухаммадиева, Э.Григорьянц и др. [69-71].

Применение электроимпульсной обработки семян в процессе их увлажнения позволило снизить заболеваемость всходов гоммозом на 36%, а корневой гнилью – на 8% [69], тогда как воздействие электрического поля коронного разряда снизило заболеваемость гоммозом с 96 до 12,54%, корневой гнилью с 24 до 4,16% и вилтом с 53 до 16,49% [70]. Исследования [71] показали возможность снижения заболеваемости всходов хлопчатника гоммозом семядольной формой с 82,4 до 75,1%, листовой формы с 78,3 до 52,8% и стеблевой формы с 20 до 7,5% при повышении лабораторной всхожести в электрическом поле, а электрообработка в поле коронного разряда позволила снизить заболеваемость корневой гнилью в 2-3 раза.

Исследования [72,73] обработки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) определенной дозы показало возможность достижения одинаковой с контролем заболеваемости

растений гоммозом листовой формы и снижение стеблевой формы на 2,3-4,5% при повышенной урожайности хлопка на 3,6-3,8 ц/га на статистически достоверном уровне. Это позволяет считать возможным экологически чистое обеззараживание семян хлопчатника с помощью ЭМП СВЧ без применения ядовитых химических препаратов. Однако в настоящее время отсутствуют разработки технических средств для воплощения этого способа в практику.

Следует отметить, что известные физические способы (кроме СВЧ-способа) не обеспечивают полного обеззараживания посевного материала от патогенных микроорганизмов, а также защиты семян и всходов от почвообитающих микроорганизмов при одновременном сохранении их агробиологических показателей.

Поэтому обеззараживание семян хлопчатника в настоящее время осуществляется только химическим способом.

Применение газообразных протравителей хлористого водорода и формальдегида, а также жидких протравителей формалина и серной кислоты не нашли широкого применения в хлопководстве из-за сложности технологии обеззараживания и вредного воздействия их на окружающую среду [59]. Кроме того, применение формалина требует обеззараживания семян непосредственно перед севом вручную с последующим томлением, затрудняет централизованную подготовку посевного материала.

Для обеззараживания семян в первый период были использованы ртутсодержащие порошковые препараты НИУИФ-1, НИУИФ-2 (гранозан), которые с 1950-х годов были заменены на 20%-ный трихлорфенолят меди (ТХФМ) против гоммоза и 40%-ный тетраметилтиурамдисульфид (ТМТД) против корневой гнили. Обработка опущенных семян ТХФМ производится заблаговременно нормой 7 кг/т, а оголенных – 6 кг/т путем механического перемешивания в централизованном порядке, не менее чем за 15 дней до посева. Препарат ТМТД в норме – 15 кг/т наносился на семена в хозяйственных условиях вручную непосредственно перед посевом [74].

Начиная с 1975 года обеззараживание семян хлопчатника осуществлялось комплексным препаратом – фенитурамом, содержащим 40% ТМТД, 10% ТХФМ, 15% гамма-изомера гексахлорциклогексана (ГХЦГ), 5% сульфитно-спиртовой барды, 0,5% прилипателя ОП-7, 29,5% каолина и аэросила. В состав фенитурама ГХЦГ введен для борьбы с подгрызающими вредителями всходов. Расход препарата составляет 12 кг/т для опущенных и 10 кг/т для оголен-

ных семян хлопчатника [75]. В последние годы семена обеззараживаются отечественным порошковидными препаратами П-4 полувлажным методом с нормой расхода 7 кг/т [76].

Вышеописанные химические препараты представляют собой яды общетоксического действия. В результате контактирования с ними в рабочей зоне протравливающих устройств у работающих наблюдаются головные боли, снижение аппетита, раздражение дыхательных путей, наблюдаются заболевания сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, печени, почек и дерматиты, а также расстройство нервной системы, желудочно-кишечного тракта. Они в больших дозах оказывают канцерогенное и мутагенное действия [77]. Поэтому содержание ингредиентов этих препаратов в воздухе рабочей зоны ограничивается предельно допустимой концентрацией (ПДК), которая составляет от 0,05 мг/м³ (ГХЦГ) до 0,5 мг/м³ (ТМТД) [78], а условия труда работающих оговариваются особыми мерами безопасности. Другим недостатком химического способа является вредное, отчасти губительное, воздействие препаратов на экологическую обстановку окружающей среды и их накопление в почве в течении длительного периода [79].

Следующим существенным недостатком химического способа является то, что он слабо предохраняет семена от загнивания, а всходы от корневой гнили, вследствие чего при влажных и прохладных весенних условиях ежегодно на огромных площадях изреженные посевы пересеиваются. Кроме того, даже при протравливании семян фенитуромом в отдельные годы наблюдается поражение 4,9-23,8% всходов гоммозом и 5,5-18,7%-корневой гнилью [80].

Для борьбы с болезнями хлопчатника, особенно с вилтом, используются болезнеустойчивые селекционные сорта, выведению которых уделяется повышенное внимание селекционеров. Однако, в настоящее время пока еще имеется очень мало сортов хлопчатника, обладающих комплексной устойчивостью ко всем болезням, передающимися семенами [81]. Вместе с тем, некоторые исследователи считают [82], что качественное сортирование семян по массе и плотности является одним из перспективных путей снижения вредности болезней на растениях.

Химическое обеззараживание (протравливание) семян хлопчатника от болезнетворных микроорганизмов пока остается основным способом борьбы с ними во всех хлопководящих странах мира. Поэтому разработка эффективных технических средств для качест-

венной обработки посевных семян химическими средствами защиты (протравливание) остаётся одной из актуальных проблем в хлопководстве.

2.4. Устройства для обработки семян защитно-стимулирующими препаратами и их недостатки

Разработке механических протравливателей семян хлопчатника посвящены работы Н.Ташланова, У.Кабилова, В.Демакова, В.Дьячкова, В.Ракипова, Х.Усманова, В.Усманова, И.Осташевского и др. [78,83-86]. В результате исследований были созданы шнековые, барабанные и камерные протравливатели.

Для протравливания опушенных семян в начале 50-х годов прошлого века был разработан шнеково-лопастный протравливатель СП-3М, в 70-х годах модернизированный для полувлажного протравливания [83]. Протравливание в нем осуществляется в результате интенсивного перемешивания семян с вышеуказанными нормами ядохимикатов в виде порошка или суспензии в смесительном барабане с помощью лопастного вала. Аналогичным образом производится протравливание опушенных семян, в машинах СП-10 [84] и УОСХ-6 [78,85]. Основным недостатком этих устройств является то, что они не обеспечивают требуемого качества протравливания [86]. Полнота протравливания семян колеблется в пределах 5-100% у СП-3М и 13,8-107,4% у УОСХ-6 [86] от нормы расхода ядохимикатов. Наблюдается также приrost поврежденности на 0,8-1,3% и снижение всхожести и энергии прорастания семян до 5-6% [87].

В поисках устранения этих недостатков было разработано камерный протравливатель КПС-10 [88]. При работе этих протравливателей неравномерность протравливания семян колеблется в широких пределах от 20 до 180% [87]. Испытание агрегата АПЗ-10 показало неудовлетворительное протравливание (точечное покрытие поверхности семян химикатом, а на некоторых семенах полное отсутствие) [87]. Другим недостатком этих устройств является неудовлетворительные санитарно-гигиенические условия в зонах деятельности рабочих. В процессе работы протравливателя СП-3М с сухим препаратом концентрации ТХФМ превышала ПДК (мг/м³) в воздухе от 10 до 86 раз [89]. Загрязнение воздуха происходит также

на производственной и прилегающей территориях, где содержание ТХФМ колеблется от 6,23 до 1,50 мг/м³ [84], что является следствием неудовлетворительной очистки выбрасываемого в атмосферу воздуха циклонными установками. Перевод на полувлажный метод позволил несколько снизить содержание вредных химических препаратов. При работе протравливателей 2ОСХ и УОСХ-6 на препарате – фентураме в смывах с открытых участков кожи лица и рук рабочих содержание ТХФМ колебалось от 0,04 до 0,12 мг/100 см², ТМТД – 0,1-0,36, а ГХЦГ – 0,02-0,08 мг/100 см² [89].

Указанные недостатки применяемых в настоящее время механических протравливателей является следствием принципа механического смешивания семян с определенной нормой химических препаратов, не учитывающего особенностей морфологического строения, биохимического содержания и биологической разнокачественности семян.

Одним из путей устранения указанных недостатков является использование сил электростатического поля для осаждения частиц химиката на поверхности семян, повышающее равномерность обработки семян и обеспечивающее надежное сцепление их между собой. Об этом свидетельствуют работы В.Н.Шмигеля, Э.А.Каменир, В.Г.Рахманина, В.Г.Мовчана, В.В.Ченцова, И.Р.Ившина и др., посвященные исследованию и обоснованию конструктивно-режимных параметров различных электропротравливающих устройств для зерновых культур [90-93]. В частности, в результате их применения коэффициент неравномерности протравливания семян пшеницы, гороха и сахарной свеклы уменьшилась на 21,7-30,1% [90].

Во всех этих устройствах семена, проходя через зарядно-очистительные узлы, получают электрический заряд определенного знака, очищаются от примесей, а также определенной части микроорганизмов и поступают в камеру осаждения, где, встречаясь с мелкораспыленным аэрозолем ядохимиката, предварительно заряженным зарядом противоположного знака, обволакиваются под действием электрических, аэродинамических и гравитационных сил. При этом ядохимикат распределяется между отдельными семенами в зависимости от совокупности их электрофизических и массово-размерных характеристик.

С учетом особенностей свойств семян хлопчатника разработано устройство для электрохимического протравливания, позволяющее снизить норму расхода химиката на 30-40% за счет улуч-

шения равномерности обработки отдельных семян в 2-3 раза и повысить урожайность хлопковых полей на 3,2-4,6 ц/га [93].

2.5. Анализ исследований по улучшению посевных качеств и стимулированию биоактивности семян

Для повышения посевных свойств семян хлопчатника предложены различные методы и технические средства по оголению, дражированию и стимулированию биологической активности семян.

Опущенные семена обладают рядом недостатков из-за наличия подпушечного слоя, придающего им плохую сыпучесть, которая не позволяет произвести качественную сортировку и высев семян заданным числом. Кроме того, подпушок замедляет процесс набухания и прорастания семян на несколько суток из-за отталкивания влаги восковым покрытием волокон.

В настоящее время оголение семян производится механическим способом на машинах ЗСОМ, 4 СОМ и ОС [36]. Удаление подпушка происходит за счет истирания семени между вращающимися металло-проволочным барабаном и сетчатой декой.

Основным недостатком механического оголения является высокая травмированность семян. Если, исходные опущенные семена имели механическую поврежденность кожуры 41,5%, то она после пропуска через СОМ составила 82,0%. Внутренняя поврежденность ядра повышается с 42,9% до 96,1% [94]. Поэтому доля оголенных семян в общем объеме посевного материала хлопчатника составляет около 15%.

При сернокислотном и сернокислотно-механическом способах одновременно с оголением производятся обеззараживание семян от болезнетворных микроорганизмов воздействием серной кислоты и их сортирование в процессе промывки от остаточной серной кислоты, а также исключается механическое травмирование кожуры и ядра семян [95]. Однако, высокая стоимость серной кислоты (250 кг на 1 т семян) и необходимость последующей промывки и просушки семян не позволили широкому внедрению этих способов.

Лучшее качество посевных семян обеспечивается при агрохимическом оголении [96] на установке МАД, при котором достоверная прибавка урожая хлопка составила 1,5-3,0 ц/га в хозяйственных условиях. По этой технологии расход серной кислоты уменьшается

до 15-20 кг/т семян, благодаря использованию разбавленной серной кислоты, нагретой до 60-65°C [97]. Этот способ широко используется в США, Греции и других странах, а в Узбекистане к настоящему времени построены два семенных завода с использованием этой технологии. Её внедрение задерживается из-за высокой себестоимости специализированного оборудования из высоколегированной стали, сложности технологии и утилизации продуктов переработки, а также загнивание оголенных семян в прохладную и влажную весеннюю погоду, из-за чего в отдельные годы до 50% посевов пересеваются.

В последующем для придания сыпучести было разработано опаливание опушенных семян с одновременным частичным обеззараживанием при температуре топочных газов 700-1000°C в течение 1-3 секунды [98]. Для придания сыпучести, опушенные семена подвергались дражированию с помощью торфа и бенитонитовой глины [99], лигнина и карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ) [101]. Оголенные семена капсулировались пленками поливинилпирролдона, мочевиноформальдегидным соединением (МФС) [100] и одновременно наносились микроэлементы, протравители против болезней и клеящие вещества.

В результате дражирования и капсулирования посевные качества семян улучшаются, ускоряется рост, развитие растений и накопление ими урожая, который в среднем повышается на 2-7,5 ц/га при снижении в 2-3 раза расхода семян. Эти способы широкого применения в хлопководстве так и не нашли из-за сложной технологии и значительных материальных затрат на подготовку семян. Кроме того, дражирование и капсулирование дают ощутимые результаты после обработки тщательно отсортированных зрелых семян [101].

В настоящее время около 80% площадей засеваются опушенными семенами, норма высева которых в среднем составляет около 70 кг/га, что в 3-4 раза больше, чем в ведущих хлопкосеющих странах мира [102]. Кроме того, для прореживания полученных загущенных посевов хлопчатника затрачиваются огромные трудовые затраты. Одним из перспективных путей выхода из создавшегося положения является подготовка малоопушенных семян, обладающих остаточной опушенностью 2-3% и занимающих промежуточное положение между опушенными и оголенными семенами. Проведенные испытания этих семян показывают возможность снижения

расхода до 20 кг/га при одинаковой густоте стояния растений с оголенными семенами [102].

Наряду с оголением и дражированием одновременно широкие исследования проводились по стимулированию биологической активности семян химическими, биологическими препаратами и воздействиями различных физических факторов (рис.2.2).

Из стимуляторов роста испытывались действия сорбиновой кислоты, сорбата калия, этилового и пропилового эфиров, янтарной, никотиновой и индолуксусной кислот [3], хитозана [103], оксигумата [104] и других препаратов. Во всех исследованиях отмечено заметное повышение, при определенных условиях, всхожести семян, ускорение роста, развития и накопления урожая. Причем, анализ показал, что наибольшее стимулирование (на 10-15%) прорастания происходит у семян легких фракций. При обработке семян тяжелых и средних фракций эффект снижался, что связывают с высокой собственной жизнеспособностью семян этих фракций [3, 38]. Аналогичные закономерности обнаружены при предпосевной обработке семян стимуляторами биологического происхождения: хлореллой, препаратом «Суприн» [105], стимулятором -Т [106], препаратом -А-1 [107], витаминами В₆, РР [108], биостимулятором, гиббереллином, витамином С, особенностью которых считается дополнительное фунгицидное воздействие за счет повышения иммунитета растений против гоммоза и корневой гнили, в результате чего, полевая всхожесть увеличивается на 6,6-8,2%, а урожай хлопка повышается на 0,5-3,5 ц/га [109].

Наибольшую группу работ по стимулированию биоактивности семян хлопчатника составляют исследования влияния физических факторов: тепла, ультразвука и электромагнитных полей.

Одним из старейших методов стимуляции биоактивности семян хлопчатника является их обработка перед посевом горячей водой с температурой 70-80°C на 45-90 с [38,65] или в течение 10 мин при температуре 60-70°C. При обработке температура ядра семян не должна прогреваться выше 45-48°C [110]. Положительным фактором этого метода считается возможность одновременного уничтожения части болезнетворных микроорганизмов и личинок вредителей. Однако большая энергоемкость, сложность технологии и чувствительность зародышей на незначительное превышение допус-



Рисунок 2.2. Классификация стимуляторов биологической активности семян хлопчатника

тимой температуры, приводящее к температурному шоку [111], препятствовали внедрению этого метода в производство.

Предпосевная обработка сухих и увлажненных семян ультразвуком с плотностью энергии $2,77 \text{ Вт/см}^2$ в течение 5-10 мин приводит к повышению всхожести семян на 3,7-7,3% [111], ускорению роста и развития растений, в результате чего урожай повышается на 2,5-4,5 ц/га. Стимуляционный эффект зависит от частоты колебаний, интенсивности и экспозиции воздействия ультразвука.

Из оптических излучений проводились исследования по обработке семян импульсным концентрированным светом (ИКСО) [112], ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами [38,66], лазерными лучами [113] и радиоактивными гамма-лучами.

Результаты многолетних исследований семян, обработанных концентрированным светом, показывают, что этот вид воздействует, несмотря на повышение полевой всхожести на 3,5-8,0%, дает прибавку урожая хлопка-сырца в 0,8-2,5 ц/га, что находится в пределах ошибок опытов [112].

Предпосевная обработка семян ультрафиолетовыми (УФ) лучами в течение 5-10 мин стимулирует прорастание семян на 6-10%, тогда как воздействие инфракрасными лучами не дало положительного эффекта при превышении экспозиции в 5 мин. Если учесть, что УФ-лучи обладают еще антибактерицидным действием, то их применение при предпосевной подготовке семян хлопчатника является более перспективным [38,66].

Биоактивирование путем облучения гелий-неоновым лазером (ЛН-75) в течение 10 с и 3-7 мин повысило лабораторную всхожесть на 2,7-4,0%, полевую – на 2-16%, а общий урожай хлопка-сырца увеличился на 1,1-5,3 ц/га. Имеются также сведения о повышении плотности семян нового поколения с 1022 до 1079 кг/м^3 у облученных вариантов при повышении разрывной нагрузки волокон с 4,5 до 5,0 г [113]. Механизм действия низкоинтенсивных газовых лазеров заключается в повышении активности фитохрома, ускоряющего течение многих физиологических процессов в клетках.

Начиная с 50-х годов в Узбекистане ведутся широкомасштабные исследования по использованию и изучению воздействия гамма-лучей на семена и растения хлопчатника. Теоретическим и экспериментальным вопросам агробиологии, биохимии, физиологии, морфологии и генетики воздействия гамма-лучей на семена хлоп-

чатника посвящены исследования А.П.Ибрагимова, Ш.И.Ибрагимова, Н.Н.Назирова, М.К.Гуламова и других ученых [114-118].

Большинство исследователей утверждают стимулирующее действие гамма-лучей на хлопчатник при предпосевном облучении покоящихся в воздушно-сухом состоянии семян в пределах доз 0,5-35,0 Кр, повышающих полевую всхожесть семян на 10-15% и за счет большего накопления коробочек одного растения на 1,9-2,6 шт увеличивающих урожайность полей на 2,4-6,0 ц/га [115]. Дальнейшее повышение дозы облучения до 30 Кр приводит к отрицательным эффектам (снижение всхожести и урожая), а при дозах 50 Кр и выше урожай хлопка не успевает созреть.

Конкретные оптимальные дозы предпосевого облучения зависят от вида и сорта хлопчатника, физиологического состояния (влажность, зрелость, срок хранения) семян, мощности излучения, условий содержания (до, во время и после обработки) семян и экологической зоны районирования. Эффект радиостимулирования варьировал по годам от 2,5 до 17%, а в отдельные годы он не проявлялся совсем [117,118].

Одним из возможных механизмов действия гамма-лучей считают изменение электрических параметров и проницаемости клетки в результате проникновения в нее ионизирующего гамма-кванта электромагнитного колебания, вызывающего изменения биохимических циклов [114].

Одним из основных недостатков гамма-облучения является появление морфологически измененных и стерильных растений из обработанных семян. Даже при дозе 5 Кр у сортов 108-Ф и С-4727 таких растений было 12,6-21,1%, а при дозах 20-30 Кр у сорта 108-Ф — 54,9-84,6, а у сорта С-4727 — 72,5-100,0% [115].

Анализ стимуляционных эффектов в семенах хлопчатника после воздействия оптических излучений показывает, что эффективность стимулирования уменьшается при переходе от гамма-лучей, газового лазера к ультрафиолетовым лучам и видимому свету (ИКСО) и инфракрасным лучам. Это может быть связано с уменьшением частоты и увеличением длины волны колебаний. Другой особенностью является сравнительно большая продолжительность воздействия от нескольких до десятков минут.

Изучены стимулирование биоактивности семян хлопчатника воздействием постоянным [119] и переменным [120] магнитными полями. После обработки замоченных семян сорта Ташкент-1 по-

стоянным магнитным полем напряженности 1,5 и 2,5 КЭ в течение 20 мин наблюдается повышение всхожести семян, ускорение роста, развития растений. В результате масса 1000 семян нового урожая увеличилась с 109,3 г до 115,0 и 119,0 г, количество коробочек на 1 растении — с 12,7 шт. до 15,1 и 17,9 шт. [119]. Установлено также увеличение на 6,7-18,0 мг аскорбиновой кислоты в составе 7-дневных проростков у семян, подвергнутых воздействию магнитного поля, что свидетельствует об усилении физиологических процессов после обработки семян.

Воздействие переменного магнитного поля промышленной частоты индукцией 8 миллitesла в течение 40 с увеличило плодотворное образование на 1,9 коробочку на растении и повысило общий урожай на 4-5 ц/га [120].

Имеются также исследования [121] по ускорению процессов прорастания семян и дальнейшего роста и развития растений после полива магнитноактивированной водой, в результате чего урожайность полей повышается на 15%. Это объясняется увеличением растворяющей способности труднорастворимых минеральных питательных веществ магнитноактивированной водой.

Воздействие на семена хлопчатника электростатическими полями импульсов высокого напряжения [122], постоянного и низкочастотного переменного токов [123,124] приводит к повышению биологической активности, в результате чего энергия прорастания семян и лабораторная всхожесть увеличивается на 3-5%, а полевая всхожесть — до 14,4% при укрупнении коробочек на 0,1-0,9 г, увеличении количества коробочек на одном растении на 2,2-4,7 шт. Установлено, что эффект от воздействия электростатическим полем выражается также в улучшении технологических свойств урожая хлопка, повышении массы 1000 семян с 131,1 до 125,3 г и их плотности с 1,02 до 1,09 г/см³ [125] в потомстве.

Предпосевная обработка семян электромагнитными полями сверхвысокой частоты также стимулирует ростовые процессы семян и растений хлопчатника, в результате чего урожай хлопка повышается на 3,1-3,7 ц/га [126]. Установлено также, что степень воздействия зависит, помимо мощности излучения и экспозиции, от остаточной опущенности семян хлопчатника. Если для оголенных семян достаточно воздействие ЭМП СВЧ в течение 10 с, то для сильноопущенных — 30-40 с [127].

Исследованиями воздействия электрического поля коронного разряда (ЭПКР) установлено, что степень стимулирования зависит от класса и репродукции семян, напряженности поля, экспозиции и срока отлёжки семян до посева [127]. При лучших режимах обработки ($E = 3-6$ кВ/см, $t = 0,5-5$ мин) лабораторная и полевая всхожести семян увеличиваются на 3-9 и 5-20%, накапливается корбочек на одном растении на 2-3 шт. больше, что приводит к накоплению растениями урожая хлопка на 2,1-5,8 ц/га больше по сравнению с контрольными [70,127]. Особенностью ЭПКР является то, что семена помимо электрического поля, одновременно обрабатываются озоновой средой, оказывающей губительное воздействие на болезнетворные микроорганизмы.

Следует отметить, что предпосевное воздействие электрических полей не приводит к изменению морфологических показателей потомственных растений, а лишь способствует стимулированию их биоактивности. Обнаружено также, что дополнительное воздействие на предварительно обработанные химическими мутагенами и гамма-лучами семена электрическим полем приводит к снижению угнетающего последствия первичных мутагенов [122].

Одним из перспективных направлений является обработка семян электроактивированной водой с $pH = 9-11$ за 1-4 часа с нормой расхода воды 0,2-0,6 л/кг. В результате биоактивирования семян всхожесть семян повышается с 81 до 88%, а продуктивность растений повышается на 2-5,2 ц/га [69,128].

Из изложенного следует, что оголение, дражирование и капсулирование не нашло широкого применения из-за присущих им недостатков и поэтому в настоящее время основную часть (около 85%) посевного материала составляют опущенные семена.

Предпосевная обработка семян химическими и биологическими препаратами, а также физическими воздействиями, в основном, оказывают одинаковое воздействие на агробиологические показатели хлопчатника, что может быть объяснено общностью изменений в метаболизме семян и растений. Однако эффективность воздействия носит явно выраженный дифференцированный характер, зависящий от вида, селекционного сорта, происхождения и физиологического состояния семян.

Повышение эффективности хлопководства, являющегося одной из важнейших отраслей народного хозяйства Республики Узбекистан и основным источником валютных поступлений страны, мо-

жет быть осуществлено только при его обеспечении высококачественным посевным материалом.

В тоже время, анализ достижения фундаментальной науки в области биофизики и электродинамики, а также отечественной и зарубежной практики по использованию сил электрического поля для сортирования, нанесения защитных препаратов, стимулированию биоактивности и обеззараживанию свидетельствуют о возможности селективного воздействия на семена, как биологические объекты. При этом в перечисленных электротехнологических процессах одновременно с физико-механическим используется биологическое действия электрического поля для стимулирования биоактивности и обеззараживания по комплексу электрофизических свойств, связанных с физиологическим состоянием семян. Последнее показывает актуальность и перспективность проведения научных исследований в этом направлении для повышения качества и эффективности использования посевных семян хлопчатника.

Функционирующая в настоящее время система подготовки семян хлопчатника не обеспечивает получения посевного материала требуемого качества. Это в значительной степени обусловлено тем, что принцип действия технических средств этой системы базируется в основном на реагировании изменениям физико-механических и морфологических свойств, имеющих слабую взаимную связь с агробиологическими показателями посевных семян. Именно этим обстоятельством объясняется большая разница между лабораторной и полевой жизнеспособностями семян, доходящая иногда до 40-50% их всхожести. Поэтому, повышение качества подготовки семян путем совершенствования технических и технологических решений существующей системы традиционными подходами представляют значительные затруднения.

Для достижения существенного улучшения качества подготовки и повышения эффективности использования посевного материала хлопчатника необходимо разработать научные основы комплексного применения электрических полей для реализации технологий и технических средств в процессах сортирования, обеззараживания и стимулирования биоактивности исходя из взаимной связи морфологических и биологических признаков проявления разноразнокачественности семян.

ГЛАВА 3. СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

3.1. Особенности строения и состав хлопкового семени

Хлопковое семя состоит из волокнистого покрова, кожуры и ядра, которые сильно отличаются между собой по биологическому назначению, строению и химическому составу. Семя хлопчатника, освобожденное от волокнистого покрова, имеет неправильно-яйцевидную выпуклую форму (рис.3.1). Более широкая конечная часть называется халазой, а более заостренный конец – микропилем.

Семенная кожура защищает зародыш от механических повреждений, потери влаги и проникновения различных паразитов, благодаря чему они сохраняют жизнеспособность в течение десятков лет. Хлопковые волокна произрастают от наружного слоя в виде единичных клеток. В процессе прорастания семян газообмен происходит по всей поверхности кожуры, тогда как газообмен происходит в основном через халазу и микропиле [129]. Она по своему строению близка к древесине и содержит в среднем 40-45% β -целлюлозы, 28-30% пентозанов, 20-25% лигнина, около 3% белков, 2-3% золы и другие вещества [6].

Ядро составляет 50-60% от массы зрелого семени, включает в себя зародыш и эндосперму. Зародыш, являющийся основным источником репродукции, отчетливо расчленен на две мясистые семядоли, сложенные вчетверо, и зачаточную почечку, глубоко сидящую и зажатую семядолями. В последних сосредоточен запас питательных веществ (жиры, белки и углеводы).

Содержание масла в ядре зависит от селекционного сорта, агротехники возделывания, зрелости и составляет 37,1-43,3% [130]. Кроме того, в его составе имеются 12-18% углеводов, 8-9% кристаллические и коллоидные сахара, 3,0-3,5% пектинообразные и другие вещества [6].

Поверхность кожуры семян сортов средневолокнистого хлопчатника покрыта волокном и подпушком. Длина волокна для различных сортов хлопчатника колеблется в пределах 18-40 мм, а подпушка 2-5 мм. Диаметр волокна составляет 15-25 мкм, а подпушка – вдвое больше. Волокно и подпушек на 94% состоят из целлюлозы, строительной основой которой является β -глюкоза со степенью полимеризации 3-4 тысяч молекул [95].

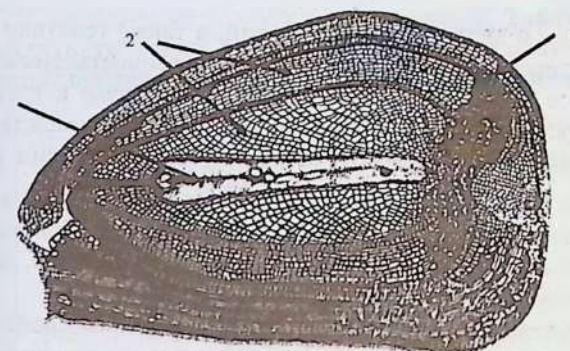


Рисунок 2.1. Разрез оголенного хлопкового семени: 1 – кожура; 2 – ядро(семядоли); 3 – зародыш.

На семени промышленных сортов хлопчатника бывают до 110-150 тысяч волоконцев, на 1 мм² поверхности имеется в среднем 850-1200 волоконцев [131]. После джинирования и двукратного линтирования на поверхности семени остается определенная часть волокнистого покрова, состоящая свыше 70% из подпушка с длиной волокон от 0,5 до 8,0 мм при среднем значении 2,6 мм [132]. Семени, имеющие на поверхности остаточный волокнистый покров, называются опушенными. Отношение массы подпушка к массе опушенного семени называется полной опушенностью и характеризует степень волокнистости поверхности семени. Путем удаления волокнистого покрова получают оголенные семена.

Биологическим назначением волосяного покрова считают удержание влаги при сухих почвах или же воздуха – при переувлажненных почвах. Именно последними обстоятельствами объясняется более высокая жизнеспособность опушенных семян по сравнению с оголенными при неблагоприятных низких температурах и избыточном увлажнении почвы [5].

Из краткого рассмотрения следует, что компоненты хлопкового семени по строению, биологическому назначению и химическому составу существенно отличаются друг от друга.

3.2. Основные свойства семян хлопчатника

Размеры семян хлопчатника различных сортов и видов колеблются в значительных пределах в зависимости от агротехники вы-

ращивания и экологических условий, а также генетико-матрикальных факторов, влияющих на разнокачественность. Несмотря на это, хлопковое семя в целом по своей форме близко к трехосному эллипсоиду. Но, учитывая незначительную разницу между шириной и толщиной, его принимают за вытянутый эллипсоид вращения с большой осью a , малой осью $b = \sqrt{b'c}$ (где b' – ширина, c – толщина) и коэффициентом сферичности $K = b/a$. Из таблицы 3.1 видно, что опушенные семена, по сравнению с оголенными, являются более вытянутыми, т.е. имеют меньший K .

Изучение основных физико-механических свойств проводилось на опушенных семенах хлопчатника селекционного сорта Ташкент-1. Измерение размеров и массы проводилось сперва на опушенных, оголенных семенах, а затем – на кожуре и ядрах.

Масса отдельных опушенных семян изменяется от 21,6 до 145,5 мг, при средней массе 103,4 мг (рис.3.2). У сорта Ташкент-1 семена массой в пределах 20-50 мг являются пустыми или же с неразвитым зародышем, которые при посеве не дают всходов, а от недозрелых семян массой 50-80 мг получают слабые всходы с низким потенциалом урожая. Семена массой 90 мг и выше дают нормальные проростки.

Средняя масса семян зависит от вида, селекционного сорта, агротехнических условий возделывания и изменяется в значительных пределах. Она у семян сорта Бухара-6 равна 114,7 мг, у сорта АН-Узбекистан-3 – 104,7 мг, а у семян сорта Ташкент-3 в зависимости от зоны возделывания изменяется от 102,2 до 110,8 мг [133].

Анализ вариационных кривых (рис. 3.2) распределения размеров семян, их компонентов, а также основных статистических данных (табл.3.2) показал, что разница между толщиной и шириной всех трех компонентов не превышает 5-8% их длины. Поэтому реальное опушенное хлопковое семя можно в модели заменить вытянутым двухосным эллипсоидом вращения, состоящим из трех облегающих друг друга конфокальных слоев.

Опушенность отдельных семян сорта колеблется от 4,6 до 21,6% (рис.3.3), при коэффициенте вариации 36,0%, что свидетельствует о значительной изменчивости этого показателя, зависящего помимо биологических особенностей сорта от состояния технологического оборудования для переработки семенного хлопка-сырца.

Проведенный корреляционный анализ показал, что между опушенностью семян и их коэффициентом сферичности и коэффициентом

Таблица 3.1
Среднестатистические размерные показатели семян
некоторых средневолокнистых сортов хлопчатника

Селекционный сорт	Источник	Вид семян	Средние размеры, мм			Кэф. сферич. $K = b/a$
			длина, (a)	ширина, (b)	толщина, (c)	
108-Ф	[48]	оголенные	9,4	5,8	4,3	0,54
149-Ф	[48]	оголенные	8,9	5,1	4,3	0,53
138-Ф	[48]	оголенные	8,8	5,2	4,6	0,56
С-4727	[48]	оголенные	9,1	5,3	4,5	0,54
5476-И	[48]	оголенные	8,5	5,6	4,8	0,61
С-6524	[134]	опушенные	9,4	5,1	—	0,54
С-6524	[134]	опушенные	8,8	4,7	—	0,53
Бухара-6	[53]	опушенные	12,6	7,0	5,8	0,51
Ташкент-1	[135]	опушенные	11,2	6,3	5,4	0,52
АН Узб.-3	[61]	опушенные	9,6	5,1	4,5	0,50
Ташкент-3	[133]	опушенные	9,1	5,0	4,5	0,52

том заполнения слоя подпушка имеются тесные связи ($r_{ko}=0,94$ и $r_{kv}=0,93$), которые описываются следующими эмпирическими выражениями:

$$K = 0,3722 + 0,0122 \theta, \quad (3.1)$$

$$K_v = 2,5169 + 0,5015 \theta, \quad (3.2)$$

где θ – опушенность, %;

$$\text{здесь } K_v = (V_v/V_n) \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

V_n – суммарный объем волокон, m^3 ; V_v – объем слоя подпушка, m^3 .

Из (3.1) и (3.2) следует, что воздействие внешнего электрического поля зависит наряду с другими факторами от опушенности, влияющей через K и K_v на величины коэффициентов осевых деполаризаций и относительной диэлектрической проницаемости слоя подпушка семян.

Влажность отдельных семян изменяется от 5,13 до 10,0% при среднем значении 7,1% (рис.3.3). Она связана с опушенностью, изменяющей влагосорбционную способность внешнего слоя семени из-за влияния воско-жирового покрытия волокон подпушка. С ростом общей влажности семени изменение влажностей компонентов

(подпушок, кожура, ядро) происходит неравномерно (рис.3.4). Наибольшей влагосорбиционной способностью обладает кожура семени. Кривая роста влагосорбиции кожуры до 20% влажности

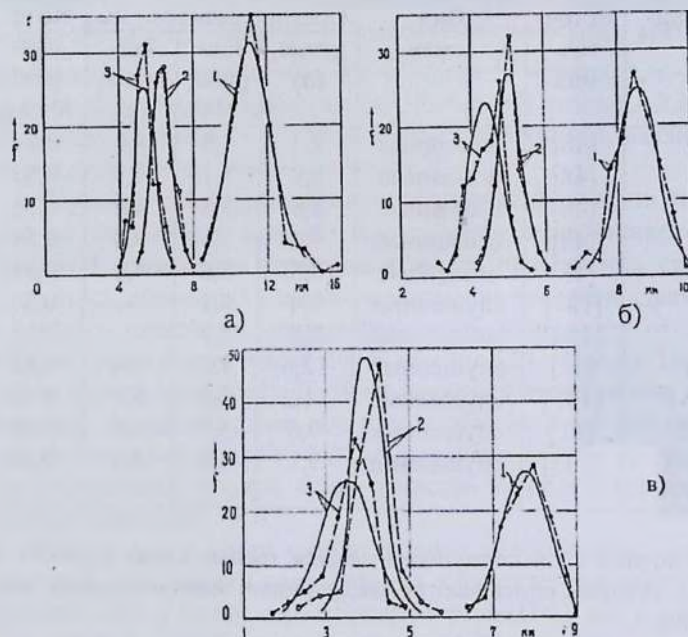


Рисунок 3.2. Вариационное распределение размеров опушенных (а), оголенных(б) семян и их ядер(в):1-длина;2- ширина;3 – толщина(сорт Ташкент-3)

семян растет быстрее, а после – уменьшается. В то же время, кривая влагосорбиции ядра после 20% влажности семян растет быстрее, чем в предшествующем диапазоне. Это объясняется тем, что кожура после достижения своей влажности около 25%, начинает интенсивнее отдавать влагу на ядро, вызывая повышения его влажности, начинающей играть все большую роль в общем влагосодержании семени.

При влажностях семени до 10% влажность ядра и подпушка мало отличаются друг от друга. Это вызвано содержанием в составе ядра значительного количества масла в виде мелких вкраплений, резко снижающих его влагопоглощательную способность. С ростом

общей влажности семян выше 10% в результате начала биохимических процессов влагосодержание ядер также увеличивается.

Таблица 3.2
Статистические показатели семян и их компонентов
(сорт Ташкент-1)[135]

Наименование показателей			$x_{\max}$	$x_{\min}$	x	s_x	$V, \%$
Раз- ме- ры, мм	опу- шен- ные семена	длина	15,47	8,44	11,15	1,16	10,40
		ширина	8,20	5,20	6,30	0,56	8,89
		толщина	6,70	4,00	5,41	0,57	10,54
	ого- лен- ные семена	длина	9,63	7,12	8,56	0,35	4,09
		ширина	6,00	4,13	5,04	0,44	8,73
		толщина	5,00	3,00	4,37	0,57	13,04
	ядра	длина	9,00	6,00	7,79	0,57	7,32
		ширина	5,60	1,90	4,02	0,36	8,96
		толщина	4,40	1,30	3,48	0,63	18,10
	толщина кожуры на:	микростресс	0,36	0,15	0,28	0,04	14,29
		середине	0,38	0,17	0,26	0,02	7,69
		халазе	0,66	0,32	0,53	0,07	13,20
Мас- са, мг	опушенные семена	145,5	26,10	103,87	23,41	22,54	
	оголенные семена	130,5	21,50	90,54	21,55	23,80	
Опушенность, %			26,10	4,60	12,83	4,62	36,00

Плотность зрелых оголенных семян колеблется в пределах $1,06 \pm 0,06 \text{ г/см}^3$ [95]. Наши исследования показали [53], что она зависит от зрелости и места образования семян на растении и для сорта Бухара-6 колеблется в пределах от 0,85 до $1,15 \text{ г/см}^3$. В составе посевного материала хлопчатника количество семян с плотностью больше единицы составляет 74,0-97,6% [48], а содержание семян с плотностью $1,05 \text{ г/см}^3$ и выше составляет 43,0-75,0% [133].

Коэффициент трения оголенных семян (табл. 3.3) по различным поверхностям меньше показателя опушенных семян, причем коэффициент трения покоя больше коэффициента трения скольжения. С ростом общей остаточной опушенности увеличивается коэффициент трения как покоя, так и движения. В частности, в наших исследованиях [135] с ростом опушенности с 4,6 до 12,8% коэффициент трения покоя семян по дюралюминиевой сетке увеличился с 0,55 до 1,33, а по шлифованной стали (Ст3) – с 0,47 до 0,90.

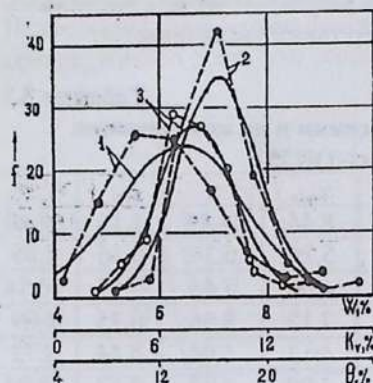


Рисунок 3.3. Распределение семян по опушенности θ (1), влажности w (2) и коэффициенту заполнения слоя подпушка K_v (3)

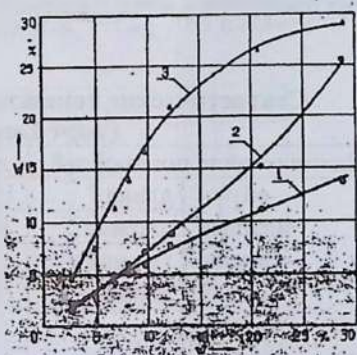


Рисунок 3.4. Изменение влажности подпушка (1), ядра (2) и кожуры (3) от влажности семени

У зрелых оголенных семян скорость витания в зависимости от массы семян изменяется от 8,8 до 11,1 м/с, а у незрелых — от 5,9 до 7,6 м/с [41]. Этот показатель у зрелых опушенных семян находится

Таблица 3.3

Коэффициент трения семян хлопчатника о различные поверхности

Ис-точ-ник	Вид семян	Материал поверхности	Опушен-ность, %	Коэффициент трения	
				покоя	движения
[140]	оголе-ные	Сталь	0,1	0,34	0,32
		Транспортерная лента	0,1	—	0,32
[135]	опу-шен-ные	Оргстекло	0,1	—	0,40
		Сталь	4,6-12,8	0,47-0,90	—
		Бронза	4,6-12,8	0,41-0,87	—
		Дюралюминий	4,6-12,8	0,38-0,75	—
		Дюралевая сетка	4,6-12,8	0,55-1,33	—
[141]	опушен-шен-ные	Сталь	6,9-13,1	0,56-0,65	0,45-0,55
		Семена	6,9-13,1	—	0,76-0,80

в пределах 6,1-7,5 м/с при опушенности 6,2% [136]. С повышением последней до 14%, она уменьшается до 4,5-5,1 м/с [137] и начинает оказывать значительное влияние на траекторию их движения. Скорость трогания в интервале опушенности от 3,0 до 16,8% колеблется от 13,4 до 6,8 м/с [138] и носит прямолинейно-убывающую закономерность. При опушенности семян 16-26%, что имеет место в действительности у некоторой части, скорость трогания, а также скорость витания снижается до значений 4,5-4,8 м/с. В этом случае, аэродинамическая сила сопротивления движению опушенного семени, возникающая вследствие взаимодействия воздуха с рыхлым слоем подпушка, также оказывает существенное влияние.

3.3. Некоторые свойства летучек хлопка-сырца

Летучкой называется отдельное хлопковое семя с волокном. Долька хлопка состоит из летучек, основные свойства которых приведены в таблице 3.4. Летучка имеет форму трехосного эллипсоида,

Таблица 2.4

Основные свойства летучек хлопка-сырца

№ п/п	Наименование показателей	Источ-ник	Средние значения
1.	Размеры: длина, мм ширина, мм толщина, мм	[142]	32,42 24,62 18,78
2.	Масса, мг	[142]	146,86
3.	Упругость, Н/м	[56]	7,1
4.	Скорость витания, м/с	[143] [144]	2,98 2,56
5.	Коэффициент аэродинамического сопротивления, $\text{H} \cdot \text{с}^2 / \text{кг} \cdot \text{м}$	[143]	0,106
6.	Коэффициент трения: а) покоя: по стали по резине трансп. ленты б) движения: по стали по резине трансп.ленты по пластмассе	[145]	0,78-0,85
		[145]	0,94-1,00
		[145]	0,68-0,71
		[145]	0,82-0,85
		[146]	0,51-0,61

близкого к шару, с коэффициентом сферичности 0,65-0,92.

Масса летучек хлопка средневолокнистого сорта С-4880 изменяется в пределах 30-257 мг при среднем значении 146,9 мг и зависит от зрелости, места расположения коробочек на кусте растения и летучек в дольке. Установлена прямая связь упругости волокон летучки с массой семени. Упругость летучки с увеличением массы летучки с 100 до 220 мг повышается с 3 до 11 Н/м[54].

Скорость витания летучек с увеличением их массы растет с 2,3 до 3,7 м/с, т.е. мелкие летучки имеют низкую плотность по сравнению с крупными. Коэффициент аэродинамического сопротивления воздушному потоку летучек в среднем составляет 0,106 и он вызван трением воздушного потока о волокнистый покров.

Расчеты с использованием данных таблицы 3.4 свидетельствуют о том, что сила сопротивления воздуха движению летучки со скоростью 1,0-1,5 м/с составляет 30-40% силы тяжести. Это указывает на необходимость учета аэродинамической силы при рассмотрении движения летучек в различных технических средствах их обработки.

3.4. Электрические свойства семян хлопчатника

В электротехнологических процессах семена хлопчатника под воздействием наложенного электрического поля подвергаются поляризации, зарядке и разрядке, характер протекания которых определяются их электрическими свойствами. Изучение электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости позволит осуществить отдельные технологические процессы исходя из физического состояния хлопкового семени как объекта воздействия электрическим полем и создать на их основе его электрофизическую модель.

В ранее проведенных исследованиях [48] изучалось только общее переходное сопротивление семян хлопчатника применительно к процессу разделения в электрическом поле коронного разряда. Однако для исследования процесса контактной зарядки необходимо изучить, помимо общего переходного сопротивления, поверхностное и объемное сопротивления. Поэтому известные устройства не приспособлены к раздельному измерению поверхностного и объемного сопротивлений отдельных частиц.

Для исследования общего, поверхностного и объемного сопротивлений отдельных семян было разработано специальное устройство [147] (рис.3.5), состоящее из диэлектрического корпуса 1, на котором смонтированы потенциальный электрод 2 и измерительные электроды поверхностного 3 и объемного 4 токов, разделенные трубчатым изоляционным слоем 5. Измерительные электроды могут перемещаться как относительно друг друга, так и относительно направляющего 6 и через измерители 7 и 8 соединены с землей.

Измерения силы сквозного электрического тока, протекающего через опущенное семя, показали, что она с течением времени убывает по экспоненциальному закону (рис.3.6,а). Уменьшение растекания тока происходит в результате поляризации молекул целлюлозы и других весьма разнообразных веществ. В общем случае для сложных по строению физических тел, каковым является хлопковое семя, поляризация определяется как суммарная от электронной, ионной, ориентационной (дипольной) и макроструктурной (миг-

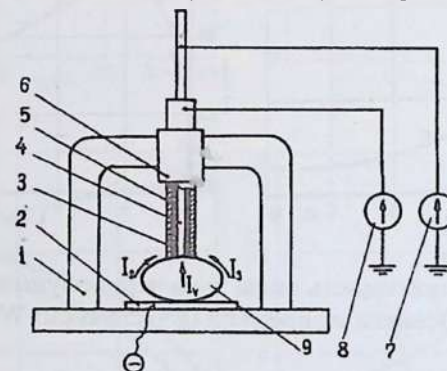


Рисунок 3.5. Устройство для измерения электрического сопротивления хлопковых семян

рационной) поляризации. Время установления первых трех поляризаций не превышает 10^{-15} - 10^{-10} с [148]. Поэтому несколько иной вид имеет зависимость силы тока от времени у оголенных семян. Сила сквозного тока в течение первых трех минут повышается, а затем начинает уменьшаться. Аналогичная зависимость изменения силы тока от времени была обнаружена при исследовании электропроводности водосодержащего трансформаторного масла [148], и она

объясняется особым характером неоднородностей диэлектрика и образованием коллоидных частиц. Можно предположить также, что приложение внешнего электростатического поля приводит к возникновению заряженных коллоидных частиц, способствующих увеличению силы тока в начальный период его протекания.

Установившееся значение сквозного тока достигается у опушенных семян через 5 мин, а у оголенных семян через 10-12 мин после включения напряжения, что свидетельствует о преобладании миграционной поляризации, характеризующей медленным протеканием процессов в растительных клетках и органических полимерах с временем установления до 10^4 с [148]. Однако в реальных условиях процессов электротехнологии семя находится в электрическом поле в течение нескольких секунд, т.е. когда оно находится в невыравненной миграционной поляризации.

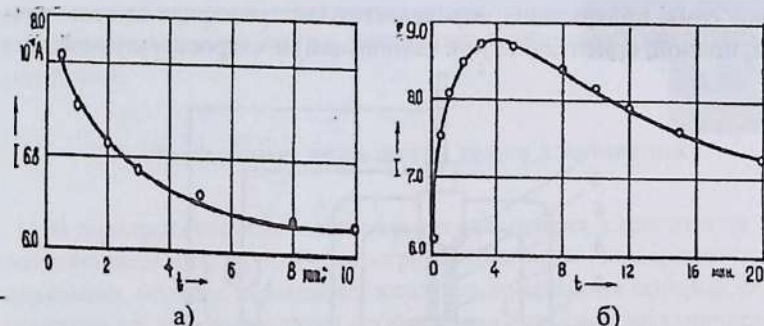


Рисунок 3.6. Зависимость силы тока через опушенное (а) и оголенное (б) семена от времени ($E=2,5$ кВ/см; $W=11,4\%$)

Исследования электрических сопротивлений опушенных и оголенных (рис.3.7) семян в зависимости от напряженности приложенного поля показало, что объемное сопротивление семян больше, чем их поверхностное сопротивление.

С повышением напряженности поля как общее, так и поверхностное объемное сопротивления опушенных и оголенных семян снижаются и составляют при $E=3,75$ кВ/см значения порядка 10^7 - 10^8 Ом. В этих пределах величины напряженности поля хлопковое семя ведет себя как полупроводник. Снижение электрического сопротивления семян вызывается появлением электронного тока, свидетельствующего о начале перехода семян из состояния диэлек-

трика в состояние полупроводника. Общее сопротивление опушенных семян постоянному току близка к значениям общего сопротивления хлопка-сырца, полученных при исследованиях в связи с разработкой электрических методов определения влажности [149].

Характер растекания электрического тока по семенам хорошо иллюстрирует изменение коэффициента кратности сопротивлений $K_R=R_v/R_s$, показывающего во сколько раз объемное сопротивление превосходит поверхностное сопротивление (рис.3.7).

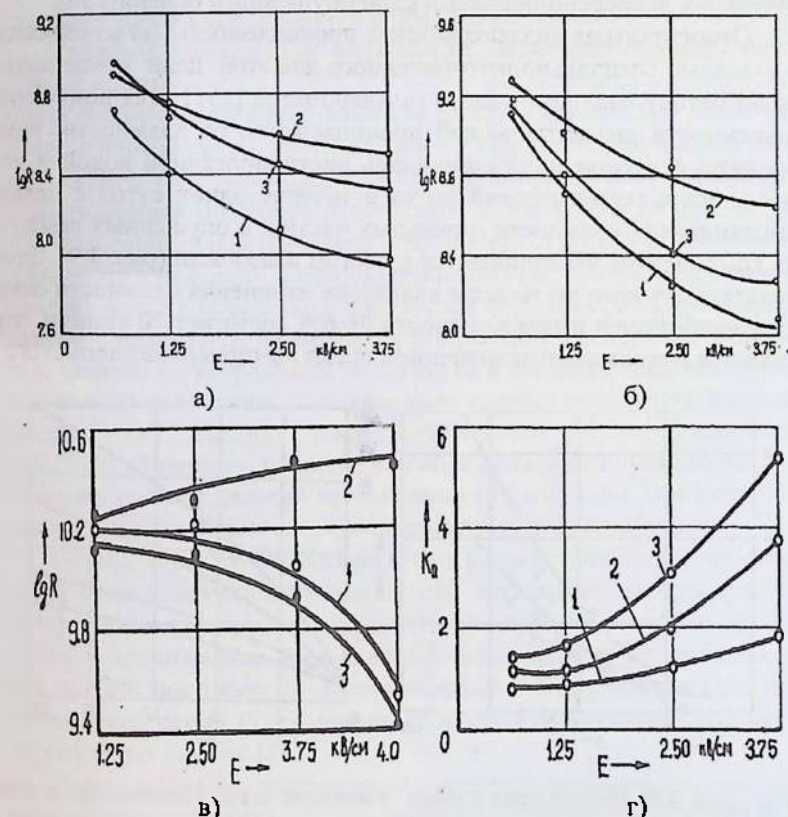


Рисунок 3.7. Изменение общего (1), объемного (2), и поверхностного (3) сопротивлений и K_R (г) опушенных (а), оголенных (б) семян и их ядер (в) от напряженности электрического поля ($W=10,4\%$)

У оголенных семян электрический ток преимущественно растекается по их поверхности, поскольку поверхностное сопротивление в 3-5 раз меньше объемного сопротивления. У опушенных семян с повышением напряженности от 0,6 до 3,75 кВ/см наблюдается незначительное увеличение K_R . Примечательно, что при $E=0,6$ кВ/см K_R меньше единицы, т.е. поверхностное сопротивление больше объемного. Это объясняется появлением дополнительного сопротивления контактирования волокон подпушка между собой, образующих дисперсно-пористый слой опушенного семени [150].

Относительная диэлектрическая проницаемость (ϵ) измерялась с помощью специально изготовленного для этой цели конденсатора по методу баллистического гальванометра [151]. Для получения зависимости диэлектрической проницаемости от влажности, компоненты искусственно увлажнялись дистиллированной водой и помещались в герметический сосуд в течение одних суток с целью выравнивания влажности отдельных частиц. ϵ опушенных семян и их компонентов увеличиваются с ростом влажности (рис. 3.9). Этот показатель у кожуры во всем диапазоне изменения влажности остается наибольшей и при влажности 26,6% достигает 70 единиц, что является максимальным значением среди компонентов хлопкового

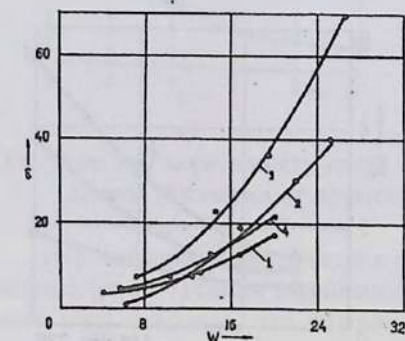


Рисунок 3.9. Изменение ϵ подпушка(1), ядра(2), кожуры(3) и опушенного семени(4) от влажности

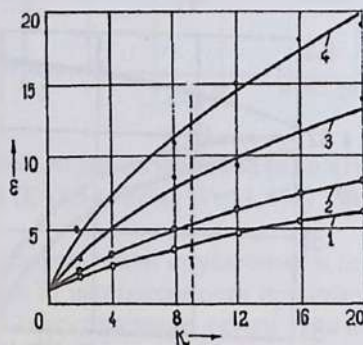


Рисунок 3.10. Изменение ϵ подпушка от K , при влажности: 1 – 3,9%; 2 – 7,4%; 3 – 12,0%; 4 – 16,5%

семени. Такое изменение ϵ кожуры свидетельствует о преобладании поверхностного распределения влаги вследствие образования соприкасающихся между собой водных пленок и дорожек, обладающих проводимостью. О последнем также свидетельствуют явно выраженная поверхностная проводимость оголенных семян (рис.3.7). Кроме того, макромолекулы лигнина, составляющего 20-25% объема кожуры, под действием электрического поля достаточно легко поляризуются и взаимодействуют с гидроксильными группами других соединений и воды, что повышают ϵ .

Кривая ϵ подпушка и опушенных семян расположены ниже кривых кожуры и ядра семян, что может быть связано с их низкими влагосорбционными свойствами (см.рис.3.4). Близость ϵ подпушка и опушенного семени связано с тем, что при измерении ϵ опушенного семени его слой подпушка непосредственно взаимодействует с заряжаемыми обкладками измерительного конденсатора. Меньшее значение диэлектрической проницаемости слоя подпушка по сравнению с кожей, очевидно, вызвано тем, что по мере проникновения влаги в объем волокон, и слоя подпушка в целом, водные пленки разрываются на мелкие изолированные дисперсные включения. Однако с увеличением заполнения слоя подпушка волокнами происходит увеличение концентрации водных включений в общем объеме, что вызовет рост диэлектрической проницаемости (рис.3.10). Поэтому с повышением K и влажности происходит увеличение диэлектрической проницаемости слоя, хотя этот рост происходит неравномерно на отдельных интервалах влажности.

Общий характер изменения ϵ при воздействии электростатического поля с повышением влажности показывает на преимущественно макроструктурную поляризацию как семени, так и его отдельных компонентов. ϵ опушенных семян с увеличением влажности до 20% достигает 22 единицы, что в 1,5-2,0 раза больше этих показателей семян (7-13 единицы) в высокочастотном поле методом нулевых биений [48].

Таким образом, электрические свойства опушенного семени и слоя подпушка зависят от остаточной опушенности и влажности, тогда как свойства кожуры и ядра зависят только от влажности.

3.5. Взаимная связь морфологических и биологических признаков разнокачественности семян

Изучение влияния разнокачественности на агробиологические показатели семян (п.1.2) показало, что основными морфологическими факторами, влияющими на биологические показатели являются масса, плотность и крупность (длина) семян, связанные с урожайностью потомственных растений. Для разработки эффективной электросортировки физиологически зрелых семян рассмотрим взаимную связь (корреляцию) указанных морфологических признаков разнокачественности с всхожестью, силой роста всходов, продуктивностью и устойчивостью к некоторым болезням потомственных растений (табл.2.5).

Средний коэффициент корреляции массы семян с биологическими показателями равен 0,53, плотности – 0,44, а размеров – 0,29.

Таблица 2.5

Показатели взаимной корреляции признаков разнокачественности семян хлопчатника

№	Признаки	Коэффициент корреляции	Источник
1.	Масса и зрелость	+ 0,45	[152]
2.	Масса всхожесть	+ 0,81	[34]
3.	Масса и сила роста всходов	+ 0,272	[30]
4.	Масса и продуктивность	+ 0,39	[152]
5.	Масса и болезнеустойчивость	+ 0,63	[34]
6.	Масса и заболеваемость	- 0,55	[34]
7.	Плотность и зрелость	+ 0,36	[152]
8.	Плотность и продуктивность	+ 0,22	[4]
9.	Плотность и сила роста всходов	+ 0,46	[30]
10.	Сила роста всходов и: длина	+ 0,69	[30]
	ширина	+ 0,28	[30]
	толщина	+ 0,17	[30]
11.	Продуктивность и: длина	+ 0,14	[152]
	ширина	+ 0,11	[152]
	толщина	- 0,02	[152]
12.	Масса и: длина	+ 0,45	[4]
	ширина	+ 0,43	[4]
	толщина	+ 0,27	[4]

Сильная корреляционная связь имеется между массой и всхожестью семян, коэффициент для отдельных сортов доходит до 0,94

[34]. Это объясняется тем, что семена с большей массой содержат в себе достаточное количество запаса питательных веществ, обеспечивающих их высокую жизнеспособность после посева. С массой семени в средней степени связана продуктивность потомственных растений и еще выше – сопротивляемость растений к заболеваниям. Последнее объясняется высоким содержанием в составе тяжелых семян пластических веществ, обеспечивающих всходы с достаточным иммунитетом к заболеваниям.

Масса имеет наибольшую корреляционную связь с силой роста проростков и продуктивностью потомственных растений. Это указывает на наличие промежуточного периода между фазой начального гетеротрофного подземного роста, когда проросток полностью существует за счет запасов семени, и конечной автотрофной фотосинтезирующей фазой. В этот период, несмотря на начавшийся фотосинтез, в семядолях крупных семян сохраняется еще значительный запас питательных веществ, усиливающих рост и развитие всходов. Поэтому он может стать основой гарантированного повышения урожайности хлопковых полей.

Меньшую, чем масса, корреляционную связь с биологическими показателями имеет плотность семян. Самый высокий коэффициент корреляции плотность имеет со зрелостью семян. Это связано с тем, что, начиная с определенной стадии, объем созревающего семени не увеличивается, а даже может оставаться постоянным, тогда как масса сухого вещества будет все увеличиваться. Поэтому плотность имеет более тесную корреляцию с критерием зрелости семян, чем их крупность и масса. Между плотностью и продуктивностью существует слабая связь (0,22), тогда как она имеет среднюю степень корреляции с силой роста проростков (0,46).

Связь размеров семян с урожайностью растений слабая, и ее коэффициент находится в пределах от 0,22 до 0,14. В то же время длина семян имеет высокую степень коррелированности (0,69) с силой роста проростков, а ширина и толщина — в слабой форме (0,28 и 0,17). Поэтому для усиления эффекта от сортирования необходимо одновременный отбор семян по массе и длине.

Сравнительный анализ показателей семян, отсортированных по разным критериям разделения в УзНИИССХ [4] показывает, что наилучшие агробиологические показатели обеспечивает отбор зрелых семян темно-вишневого цвета, т.е. I группы зрелости.

Семена II группы зрелости, имеющие коричнево-красную окраску, имеют явно выраженные низкие показатели. Наилучшие биологически ценные семена получаются при сортировании по массе, по плотности затем по размерам (длине).

Изложенное свидетельствует о наибольшей коррелированности массы семян с их биологическими признаками. Затем следуют плотность и длина семян. Для достижения максимально возможного эффекта от сортирования семян необходимо произвести их отбор по совокупности указанных морфологических признаков разноразнокачественности. При этом сам процесс должен осуществляться при одновременном использовании связи этих признаков с агробиологическим потенциалом семян. Этим требованиям в наибольшей степени удовлетворяет диэлектрическое устройство, при работе которого путем размещения семян длиной между разнополярными электродами, уложенными на поверхности вращающегося барабанного рабочего органа, можно осуществлять разделение с максимальным учетом их биологической разноразнокачественности.

Из рассмотренного следует:

- опушенное семя хлопчатника состоит из подпушка, кожур и ядра, отличающихся по структуре, химическому составу, электрофизическим свойствам, биологическому назначению, что обуславливает их за трехслойный вытянутый эллипсоид с конфокальными границами раздела изотропных диэлектрических слоев;

- из физических свойств наибольшей изменчивостью обладают масса, опушенность и влажность, оказывающие существенное влияние на электрические свойства семян;

- электропроводность семян имеет явно выраженный поверхностный характер, поэтому электрическую зарядку семян следует вести контактным способом;

- величина относительной диэлектрической проницаемости компонентов зависит от равновесной влажности семени в различной степени, что может привести к значительному перераспределению приложенного внешнего электрического поля по составляющим слоям семени;

- для достижения максимально-возможного эффекта от сортирования, отбор посевных семян необходимо произвести по массе при одновременном использовании плотности и длины, имеющих более тесную связь с биологической разноразнокачественностью, чему в наибольшей степени удовлетворят диэлектрический метод.

ГЛАВА 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА В БАРАБАННОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ УСТРОЙСТВЕ

4.1. Электрическая сила притяжения частиц к разнополярным электродам

Основные вопросы теории и практики разделения семян зерновых культур в электростатических и электрокоронных устройствах нашли своего решения в исследованиях А.М.Басова, Ф.Я.Изакова, В.Н.Шмигеля, Э.А.Каменира, Т.Н.Лукиенко, Г.А.Яснова и др. [153-155]. Для сортирования семян хлопчатника на первом этапе были использованы силы электрического поля коронного разряда. В результате этих разработок М.И. Галпаровым и А.А.Мазеевым были созданы опытные образцы камерных сортировщиков [48], а Ш.Г. Айдаровым – барабанный сортировщик [49].

Исследования В.И.Тарушкина, В.С.Леонова, В.М.Богоявленского, В.И.Шихсаидова [51] по разработке диэлектрических сортировщиков семян различных сельскохозяйственных культур показали, что для диэлектрического метода разделения семян не присущи недостатки, характерные для коронных установок, вызванные изменением параметров окружающей среды. Это связано с тем, что в последнем случае семя непосредственно соприкасается с полеобразующими электродами, оказывающими на него силовое воздействие.

Применительно к семенам хлопчатника отдельные теоретические вопросы нашли своего решения в работах А.А.Ниязкулова, Б.Д. Мамаджанова, П. Шайимова, Н. Душамова [50,53,61], послужившие основой создания отдельных опытных образцов диэлектрических сортировщиков.

Согласно технологической схеме диэлектрического сортирующего устройства (ДСУ), частицы исходного материала (семена или летучки) из бункера с помощью питателя равномерным потоком подаются на поверхность вращающегося рабочего органа 4 (рис.4.1). Попадая в пространство между разнополярными электродами, намотанными на цилиндрической поверхности последнего в виде двухзаходного винта, подключенными к выводам высоковольтного источника постоянного тока, частицы поляризуются и притягиваются к рабочему органу. В дальнейшем, двигаясь по по-

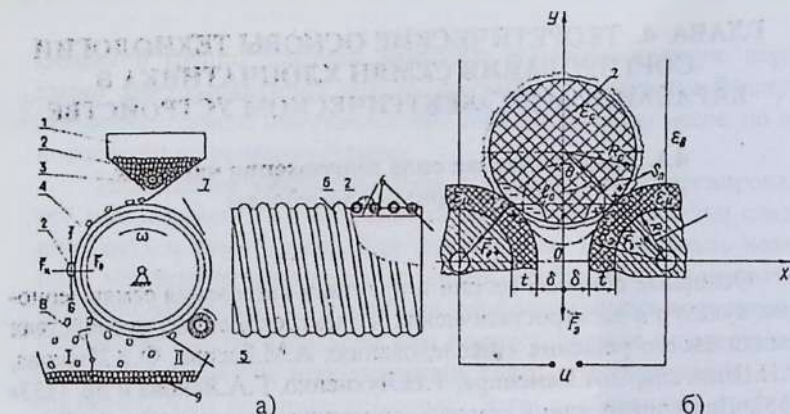


Рисунок 4.1. Технологическая схема (а) и схема взаимодействия семени (б) с разнополярными электродами диэлектрического устройства: 1—бункер; 2—исходный материал; 3—питатель; 4—рабочий орган; 5—щетка; 6—электроды; 7—барабан; 8—разделитель; 9—приемник семян.

верхности вращающегося рабочего органа, под действием равнодействующей электрических, механических и аэродинамических сил, от барабана сперва отрываются крупные и тяжелые, затем средние частицы. В последнюю очередь отрываются мелкие, а щуплые и пустые частицы и легкие сорные примеси снимаются с помощью очистной щетки 5. Установкой в приемнике под рабочим органом разделителя 8 полноценные и зрелые семена отделяются от мелких и щуплых.

Таким образом, в технологическом процессе сортирования можно выделить четыре этапа: подачу, зарядку, организацию движения частиц и формирование готового продукта.

Первый этап определяет начальные условия вхождения частиц в электрическое поле, второй — величину электрической силы воздействия электрического поля на частицу. На третьем этапе проявляется характер движения частицы под действием равнодействующей приложенных сил, а на четвертом — определяется траектория движения частиц после отрыва от рабочего органа.

Подача частиц на рабочий орган обычно решается конструктивно-режимными решениями параметров питающего устройства. Поэтому рассмотрим основные электрофизические явления, проис-

ходящие в процессе сортирования диэлектрических частиц (семян) с помощью вращающегося барабанного рабочего органа.

Действие поля на частицу прежде всего оценивается величиной электрической силы, возникающей вследствие внутренних физических процессов в самой частице и окружающей ее среде.

Для рассмотрения происходящих процессов примем, что частица имеет форму удлиненного эллипсоида вращения с большой «а» и малой «b» осями и она расположена в межэлектродном пространстве длинной осью вдоль цилиндрических электродов с радиусом по изоляции R_i (рис. 4.1, б). Примем, что к электродам подано постоянное напряжение U , т.е. между электродами имеется электростатическое поле постоянного тока. Силовые линии потока электрической индукции, исходящие от положительного электрода, пронизывают слой изоляции этого электрода с толщиной t , нижнюю часть объема частицы по пути длиной l_c , слой изоляции отрицательного электрода и замыкаются на проводнике отрицательного электрода. В результате поляризации на внешней поверхности изоляционного слоя положительного электрода образуется слой положительных зарядов, а обращенной к ней части поверхности частицы — слой отрицательных зарядов $-Q$. На противоположной части поверхности частицы, обращенной к отрицательному электроду, образуется слой положительных зарядов $+Q$.

Считаем, что электрическое поле между контактирующимися элементарными поверхностями слоев изоляции и семени является однородным ввиду их малости. Левая поляризованная часть семени под действием электрического поля разнополярных электродов притягивается к положительному электроду силой $\vec{F}_1^+$, а правая $\vec{F}_2^+$.

Общая электрическая поляризационная сила притяжения семени к электродам равна

$$\vec{F}_s = \vec{F}_1^+ + \vec{F}_2^+.$$

Величина результирующей электрической силы, ввиду симметричности рассматриваемой системы, равна:

$$F_s = 2|\vec{F}_1^+| \cos \theta, \quad (4.1)$$

где $\theta = \arccos \sqrt{1 - [(R_i + \delta)/(R_i + R_c)]^2}$ — угол размещения частицы, град;

здесь $R_c = b/2$ — малая полуось частицы, м;

δ — половина зазора между электродами, м

На поверхности поляризации частицы выделим элементарную площадь dS с плотностью индуцированного заряда σ . Тогда количество заряда на этой площади:

$$dQ = \sigma \cdot dS. \quad (4.2)$$

Ввиду малости dS напряженность электрического поля E_c , создаваемого индуцированными зарядами на ней, считаем постоянной. В этом случае электрическая сила, испытываемая частицей от поляризации одним электродом:

$$F_c^- = F_c^+ = \int_{S_n} dF_c = E_c \int_{S_n} dQ = \sigma E_c \int_{S_n} dS = \sigma E_c S_n, \quad (4.3)$$

где S_n — поляризованная площадь частицы одним электродом, m^2 .

Из теории электричества [156] известно, что

$$\sigma = \varepsilon_0 (\varepsilon_c - \varepsilon_n) E_c, \quad (4.4)$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ ф/м — электрическая постоянная; ε_c , ε_n — относительная диэлектрическая проницаемость частицы и слоя изоляции.

С учетом (4.3) и (4.4) выражение (4.1) принимает вид

$$F_c = \varepsilon_0 (\varepsilon_c - \varepsilon_n) S_n E_c^2 \cos \theta. \quad (4.5)$$

Для нахождения напряженности электрического поля в частице реальную систему (рис.4.1, б) заменим на многослойный конденсатор, у которого обкладками являются проводники электродов, пространство между которыми заполнено двумя слоями изоляции и слоем диэлектрической частицы. Нормальные составляющие электрической индукции на границе раздела между слоями [156]:

$$D_{cn} = D_{nn} \quad \text{или} \quad \varepsilon_c E_c = \varepsilon_n E_n, \quad (4.6)$$

где E_n — напряженность электрического поля в слое изоляции, В/м.

Напряжение U между обкладками такого конденсатора определяется между слоями следующим образом [157]:

$$U = 2tE_n + l_c E_c, \quad (4.7)$$

где t — толщина слоя изоляции электрода, м; $l_c = 2R_c \sin \theta$ — средняя длина пути электростатических линий в частице, м.

Решая совместно (4.5), (4.6) и (4.7) получим

$$F_c = \frac{\varepsilon_0 (\varepsilon_c - \varepsilon_n) \varepsilon_n^2 S_n U^2 \cos \theta}{2(\varepsilon_n R_c \sin \theta + \varepsilon_c t)^2}. \quad (4.8)$$

Формула (3.8) несколько отличается от ранее полученного выражения для случая электростатического поля [51]:

$$F_c' = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_c \varepsilon_n^2 (\varepsilon_c - 1) S_n U^2 \cos \theta}{2(\varepsilon_n R_c \sin \theta + \varepsilon_c t)^2}. \quad (4.9)$$

Это отличие объясняется тем, что при выводе (4.9) не рассматривается в отрыве от поверхности изоляционного слоя электродов, что не соответствует реальной технологии разделения семян в диэлектрическом устройстве, когда частицы непосредственно соприкасаются с разнополярными электродами.

Для сравнительной оценки, разделяя выражение (4.9) на (4.8) получим:

$$K_F = F_c' / F_c = \frac{\varepsilon_c (\varepsilon_c - 1)}{\varepsilon_c - \varepsilon_n}. \quad (4.10)$$

Характер изменения K_F от ε_c (рис.4.2), рассчитанный по (4.10) при $\varepsilon_n = 4$ показывает, что он имеет тенденцию к росту, как при уменьшении относительной диэлектрической проницаемости семян от 7-8, так и при увеличении. Это означает, что минимальное превышение величины электрической силы, рассчитанной по известному выражению (4.9) над величиной электрической силы по полученному выражению (4.8) составляет 14 раз. Причем, это различие увеличивается с ростом влажности семян, приводящей также к увеличению ε_c .

Сравнение расчетов величины электрической силы притяжения хлопкового семени ($m=68$ мг, $G=65 \cdot 10^{-5}$ Н, $\varepsilon_c=5$) к разнополярным электродам по выражениям (4.8) и (4.9) с результатами экспериментальных измерений (рис.4.3) показывает, что теоретическая кривая по (4.8) достаточно хорошо согласуется с измеренными значениями. Увеличение разницы теоретической кривой с экспериментальными данными при напряжениях электродов свыше 4500 В объясняется началом коронирования поверхности семян.

Таким образом, полученное выражение электрической силы более точно описывает электрофизические процессы, происходящие при разделении семян сельскохозяйственных культур и им воспользуемся при исследовании диэлектрических рабочих органов.

Из (4.8) следует, что величина электрической силы зависит от квадрата приложенного к электродам напряжения. Это позволяет путем регулирования его величины изменять в достаточно широких пределах величину электрической силы, прижимающей семя к вращающемуся рабочему органу. Минимальное значение напряже

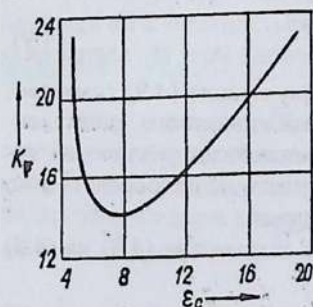


Рисунок 3.2. Изменение K_F от ϵ_c хлопкового семени

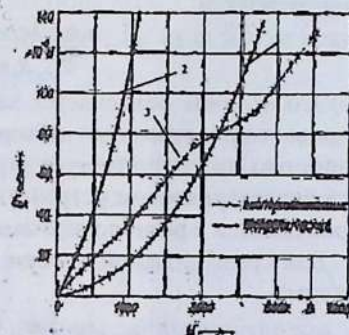


Рисунок 3.3 Изменение F , от U электродов: 1-по формуле (3.8); 2-по формуле (3.9); 3-экспериментальное.

ния ограничивается величиной воздушного зазора между электродами 2δ , толщиной изоляционного слоя электродов l и электрической прочностью материала изоляции. Следовательно, напряжение электродов может служить основным регулирующим параметром за технологическим процессом.

Для расчета электрической силы примем следующие среднестатистические параметры опушенного хлопкового семени: длина $a=12 \cdot 10^{-3}$ м; ширина $b=6,4 \cdot 10^{-3}$ м; $R_c=3,3 \cdot 10^{-3}$ м. Площадь поверхности такого вытянутого эллипсоида вращения равна [153]:

$$S_c = \frac{\pi \cdot a \cdot b}{2} \left(K + \frac{\arcsin \sqrt{1-K^2}}{\sqrt{1-K^2}} \right) = 207,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Электроды, выполненные из кабеля РК-75-4 имеют параметры $\epsilon_d=4,0$; $R_d=3,65 \cdot 10^{-3}$ м; $R_f=2,6 \cdot 10^{-3}$ м.

На рис.4.4 приведены зависимости электрической силы от напряжения разнополярных электродов. С увеличением напряжения до 2 кВ величина электрической силы не достигает силы тяжести семени. При приложении к электродам напряжения в пределах 2-4 кВ величина электрической силы становится соизмеримой с силой тяжести G семени.

Увеличение ϵ_c семени вызовет существенный рост электрической силы. Если, при $\epsilon_c=5$ величина электрической силы при напряжении электродов 4,0 кВ составляет 40% силы тяжести семени, то при $\epsilon_c=10$ электрическая сила превосходит силу тяжести в 2

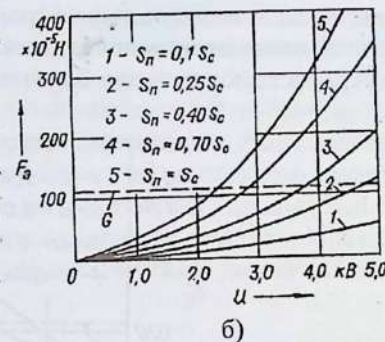
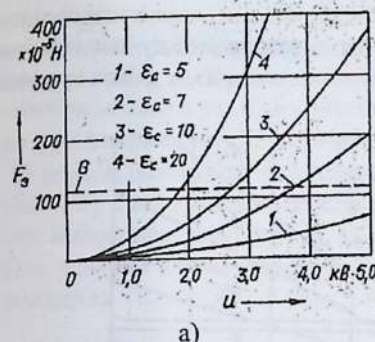


Рисунок 4.4. Зависимость электрической силы от напряжения электродов и ϵ_c (а) (при $S_n/S_c=0,4$) и S_n/S_c (б) (при $\epsilon_c=7$)

раза. Из п.3.4 (рис.3.9 и 3.10) известно, что с увеличением влажности семени его диэлектрическая проницаемость также растет. Это свидетельствует о том, что при нахождении в межэлектродном пространстве разновлажных семян, электрическое поле оказывает на них силовое действие, зависящее от их влажности. Семя с большей влажностью и, соответственно, диэлектрической проницаемостью прижимается к электродам электрической силой, в несколько раз превосходящей силу прижатия семени с меньшей влажностью.

Сравнение характера изменения электрической силы в зависимости от ϵ_c и U позволяет считать её величину достаточной для разделения семян хлопчатника при подачи на электроды сепарирующего барабана напряжения 3-4 кВ, ибо в этих случаях её величина становится соизмеримой с силой тяжести семени.

Существенное влияние на величину электрической силы оказывает степень поляризованности поверхности семени (рис.4.5), характеризуемая частью объема тела, пронизываемого потоком электрической индукции. Из рис.4.1,а следует, что величина поляризованной поверхности семени зависит от его размеров. Крупные семена ($R_c > R_d$) будут расположены высоко на электродах, вследствие чего у них S_n окажется меньше, чем у мелких семян. При $R_c = \delta$ поверхность семени окажется поляризованной полностью. Поэтому, при прочих равных условиях, крупные семена будут испытывать воздействие меньшей удельной электрической силы, чем мелкие семена. Из рис.4.5 также следует, что величина электрической силы у вытянутых семян хлопка зависит от их ориентации (разме-

щение) на поверхности электродов. У семян, ориентированных длиной вдоль электродов и лежащих в зазоре между последними, поверхность поляризации больше в несколько раз, а длина средней

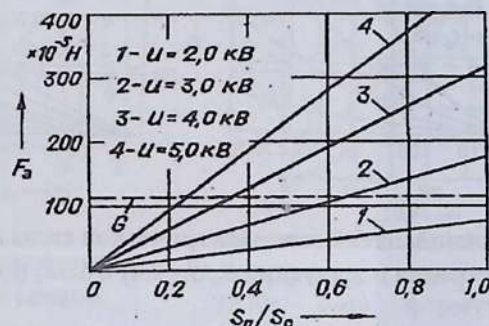


Рисунок 4.5. Влияние степени поляризованности семени на величину электрической силы ($\epsilon_c=7$)

линии электрического потока меньше, чем у семян, ориентированных поперек электродов. Характер изменения электрической силы (рис.4.5) при увеличении поверхности поляризации от 0,2 до 0,6 приводит к усилению воздействия электрического поля электродов на семена в 2,5-3,0 раза. Экспериментальными исследованиями [158] было установлено, что оголенные семена хлопчатника, расположенные длиной в направлении электродов, притягиваются к последним электрической силой, в 2-3 раза превосходящей силу притягивания семян, расположенных поперек электродов. Поэтому хлопковые семена необходимо предварительно ориентировать длиной вдоль электродов с помощью специального направителя.

Изучение электрической силы притяжения семян хлопчатника различной массы (крупности) проводились методом измерения общей силы отрыва частиц от разнополярных электродов [158]. С увеличением массы семян наблюдается рост электрической силы (рис.4.6), что объясняется увеличением общей площади поляризации.

Обратную закономерность имеет влияние массы на кратность электрической силы K , определяемая как

$$K_s = F_s / G = F_s / mg,$$

где G — сила тяжести, H .

Кратность электрической силы с уменьшением массы семени увеличивается и эта тенденция с повышением напряжения электродов усиливается. Если при напряжении электродов 3250 В K , с увеличением массы от 30 до 170 мг уменьшается с 0,9 до 0,3 (рис.4.6), то при напряжении 6250 В она уменьшается более существенно: с 3,5 до 0,9. Последнее указывает на возможность плавного варьирования K , семян в зависимости от их качественных показателей путем изменения напряжения электродов, создав тем самым различные условия взаимодействия с рабочим органом диэлектросортировщика.

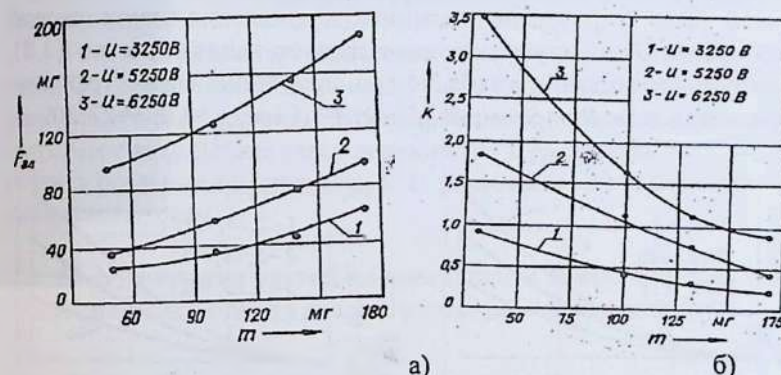


Рисунок 4.6. Изменение электрической силы F , (а) и ее кратности K , (б) от массы семян хлопчатника

Проведенные исследования показали линейную корреляционную связь электрической силы с массой, плотностью и опушенностью семян, описываемые следующими выражениями[53]:

$$F_s = 32,612 + 0,313m, \quad (4.11)$$

$$F_s = -11,518 + 73,434\gamma, \quad (4.12)$$

$$F_s = 66,934 + 0,119\theta. \quad (4.13)$$

Как было показано в п.3.5, масса и плотность семян имеют тесную корреляционную связь с силой роста и продуктивностью потомственных растений. Из анализа (4.11) и (4.12) следует, что электрическое поле разнополярных электродов оказывает силовое воздействие на семена хлопчатника в зависимости от их агробиологических показателей.

Выражение (4.13) свидетельствует о притягивании семян к разнополярным электродам с силой, зависящей от степени опушенности их поверхности, которая в свою очередь изменяет площадь поляризации под действием электрического поля. Поэтому можно считать, что при существенном отличии семян друг от друга по остаточной опушенности она может служить признаком их разделения.

В п. 2.1 была описана возможность улучшения посевных качеств семян хлопчатника путем предварительного сортирования летучек хлопка-сырца. Исходя из этого рассмотрим силу притяжения летучек разнополярными электродами ДСУ.

На рис.4.7 приведены зависимости изменения электрической силы притяжения летучек хлопка-сырца от напряжения по (3.8), рассчитанные по данным табл.2.4 при следующих параметрах системы электродов: $R_2=4,9$ мм; $\delta=3,0$ мм; $t=1,1$ мм; $\epsilon_n=4,0$; $\theta=27^\circ 30'$.

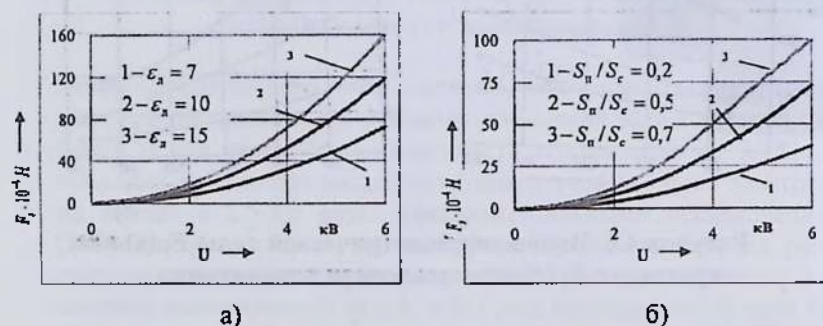


Рисунок 4.7. Изменение электрической силы притяжения летучек при различных ϵ (а) и S_n/S_c (б)

Изменения силы притяжения летучек к электродам в зависимости от напряжения при различной степени поляризации и диэлектрической проницаемости имеет закономерности, аналогичные для случая хлопковых семян. Различие заключается в том, что если величина электрической силы семян, при $\epsilon=(7-10)$ достигает силы тяжести при напряжении электродов 3-4 кВ (рис.4.4, а), то электрическая сила такой же величины действует на летучки при напряжении 2-2,5 кВ (рис.4.7, а), т.е. при меньших в 2 раза значениях напряжения электродов. Это объясняется тем, что на единицу массы летучек приходится в 3-4 раза больше площади поляризации,

чем у семян. Именно поэтому у летучек хлопка наблюдается повышенная кратность электрических сил. Если у семян хлопчатника она изменяется в пределах 0,5-3,5, то у летучек этот показатель изменяется в пределах 4-10 (рис.4.7). Кроме того, площадь поляризации летучек зависит от упругости волокон.

Чем меньше масса летучки, тем больше она деформируется из-за низкой упругости волокон, и, соответственно, больше площадь поляризации. Поэтому с увеличением массы летучек с 100 до 220 мг кратность электрической силы уменьшается с 10 до 4. Это свидетельствует о том, что крупные летучки, содержащие зрелые семена, подвергаются воздействию электрической силы меньшей кратности, чем мелкие летучки с незрелыми семенами.

Таким образом, электрическое поле разнополярных электродов ДСУ прижимает семена и летучки хлопка в зависимости от их физиологической зрелости. Причем, мелкие и крупные частицы испытывают воздействие электрических сил в различной степени, что создает реальные предпосылки к их разделению по агробиологическим показателям.

4.2. Движение частиц по поверхности вращающегося рабочего органа диэлектрического сортировщика

Вопросам теории разделения частиц на гладких вращающихся цилиндрических рабочих органах сельхозмашин посвящены работы П.М.Василенко, М.Я.Резниченко, Г.Д.Герскова и других [159-161], в которых движение материальной частицы рассматривается при отсутствии внешних сил и под действием сил тяжести, ускорения и трения.

В дальнейшем, для повышения четкости разделения были рассмотрены процессы движения частиц по поверхности цилиндра при воздействии дополнительной магнитной и электрической сил. Исследованиями А.М.Басова, Ф.Я.Изакова, Н.Г.Гладкова, Г.А.Яснова, В.Н.Шмигеля и других были установлены закономерности изменения параметров рабочих органов электромагнитных [162], электрокоронных [153] и трибоэлектрических [163] сортировщиков семян различных сельхозкультур. Однако в указанных работах не были учтены влияние конструктивных особенностей рабочего органа диэлектрического устройства на процесс разделения частиц.

В исследованиях по разделению семян на цилиндрических рабочих органах электростатических [153] и диэлектрических [164] сортирующих устройств теоретические вопросы рассматривались без учета влияния упругих и аэродинамических сил сопротивления частиц. Последнее обусловлено тем, что при сортировании коллекционных семян хлопчатника и летучек хлопка-сырца, обладающих весьма развитой рыхлой волокнистой оболочкой, в результате взаимодействия их поверхности с воздухом и цилиндром возникают значительные силы трения и упругого сопротивления.

В процессе работы диэлектросортировщика, разделяемый материал с помощью подающего устройства 1 (рис.4.8) поступает на вращающийся цилиндрический рабочий орган 2 с электродами 3 противоположных полярностей, притягивающие частицу 4 электрической силой F_z , определяемой выражением (4.8).

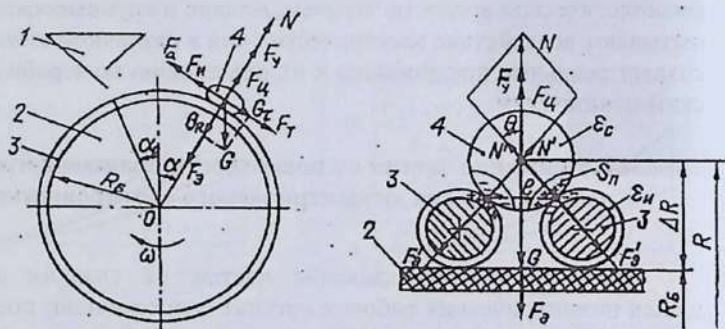


Рисунок 4.8. Схема действия сил на частицу на вращающемся рабочем органе

В первый период после подачи частица двигается по цилиндру с отставанием, поскольку её угловая скорость вращения (ω_r) меньше скорости вращения рабочего органа (ω_0). В дальнейшем под действием силы трения F_τ и тангенциальной составляющей силы тяжести G , её скорость увеличивается и при $\omega_r = \omega_0$ начинается совместное движение частицы и цилиндра. По мере увеличения угла поворота α вокруг оси вращения растёт G_r , стремящаяся сдвинуть частицу вниз по цилиндру и придать ей ускоренное движение, что приводит к началу движения частицы с опережением. Ускоренное

движение приводит к росту центробежной силы F_u , отрывающей в определенный момент частицу от барабана.

На поверхности цилиндра на частицу, кроме электрической силы F_z , действуют силы тяжести $G=mg$, аэродинамического сопротивления $F_a=c_x\rho S_r v^2/2=c_x\rho S_r R^2 (d\alpha/dt)^2/2$, упругого сопротивления $F_y=k_y\Delta l$, трения $F_\tau=fN/\cos\theta$, инерции $F_u=m(dv/dt)=mR(d^2\alpha/dt^2)$, а также центробежная $F_u=mv^2/R=mR(d\alpha/dt)^2$ сила. В этих формулах: m – масса частицы, кг; $g=9,81$ м/с²; c_x – коэффициент полной аэродинамической силы; $\rho = 1,29$ кг/м³ – плотность воздуха; S_r – площадь поверхности частицы, м²; v – линейная скорость движения частицы, м/с; R – радиус вращения частицы вокруг оси цилиндра, м; α – угол поворота частицы, отсчитываемый от вертикали, град; k_y – коэффициент упругости оболочки частицы, Н/м; Δl – абсолютная величина упругой деформации, м; f – коэффициент трения частицы о поверхность электрода (цилиндра); N – нормальная сила реакции цилиндра, Н.

4.2.1. Вывод и анализ обобщенного уравнения движения частицы

Проектируя вышеуказанные силы на касательную и нормаль к окружности, получим уравнения, определяющие состояние частицы на поверхности цилиндра:

$$F_u + F_a + F_\tau - G_t = 0, \quad (4.14)$$

$$N + F_y + F_z - F_n - G_n = 0 \quad (4.15)$$

Используя вышеприведенные выражения сил и, подставляя значение N из (4.15) в (4.14), после преобразований получим следующее дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \left(c_x \rho \frac{S_r R}{2m} \pm \frac{f}{\cos\theta} \right) \left(\frac{d\alpha}{dt} \right)^2 = \frac{g}{R} \sin\alpha \pm \frac{f g}{R \cos\theta} \cos\alpha \pm \frac{f(F_z - F_y)}{m R \cos\theta}. \quad (4.16)$$

В (4.16) знак "+" относится к движению частицы с отставанием от цилиндра, а знак "-" соответствует её движению с опережением.

Обозначив $\eta = c_x \rho S_r R / 2m$ и, использовав подстановку $\omega_r^2 = (d\alpha/dt)^2 = q$, после соответствующих преобразований уравнение (4.16) приводим к виду:

$$\frac{dq}{d\alpha} + 2\left(\frac{\eta R}{m} \pm \frac{f}{\cos\theta}\right)q = \frac{g}{R} \sin\alpha \pm \frac{fg}{R \cos\theta} \cos\alpha \pm \frac{2(F_z - F_y)}{mR \cos\theta}. \quad (4.17)$$

Решив неоднородное линейное дифференциальное уравнение (4.17), получено следующее *обобщенное уравнение движения разделяемых частиц по вращающемуся цилиндрическому рабочему органу сортировщика* [165]:

$$\frac{\omega_r^2 R}{g} = \frac{2}{4\left(\frac{\eta R}{m} \pm \frac{f}{\cos\theta}\right)^2 + 1} \left\{ \left(\frac{2\eta R}{m} \pm \frac{3f}{\cos\theta} \right) \sin\alpha \pm \left[\left(\frac{2\eta R}{m \cos\theta} \pm \frac{2f^2}{\cos^2\theta} \right) \mp 1 \right] \cos\alpha \right\} \pm \frac{f(F_z - F_y)}{mg \cos\theta \left(\frac{\eta R}{m} \pm \frac{f}{\cos\theta} \right)} + \frac{R}{g} C e^{-2\left(\frac{\eta R}{m} \pm \frac{f}{\cos\theta}\right)\alpha}, \quad (4.18)$$

где C — постоянная интегрирования.

Для упрощения проведения дальнейших исследований введем следующие обозначения:

$$k_1 = \frac{\eta R}{m} + \frac{f}{\cos\theta}, k_2 = \frac{\eta R}{m} - \frac{f}{\cos\theta}, K_{zy} = \frac{F_z - F_y}{mg} \text{ и } K_w = \frac{\omega_0^2 R}{g}.$$

В начальный период после подачи ($\alpha = \alpha_1$), частица движется по поверхности цилиндра с отставанием. Уравнение (4.18) для этого случая с учетом введенных обозначений запишется

$$\frac{\omega_r^2 R}{g} = \frac{2}{4k_1^2 + 1} \left[\left(2k_1 + \frac{f}{\cos\theta} \right) \sin\alpha_1 + \left(\frac{2k_1 f}{\cos\theta} - 1 \right) \cos\alpha_1 \right] + \frac{fK_{zy}}{k_1 \cos\theta} + C_1 \frac{R}{g} e^{-2k_1 \alpha_1}. \quad (4.19)$$

Постоянную интегрирования C_1 находим из (4.19) с учетом начальных условий (при $t = 0$, угол $\alpha = \alpha_0$ и $\omega_r = \omega_0$):

$$C_1 = \left\{ \frac{\omega_0^2 R}{g} - \frac{2}{4k_1^2 + 1} \left[\left(2k_1 + \frac{f}{\cos\theta} \right) \sin\alpha_0 + \left(\frac{2k_1 f}{\cos\theta} - 1 \right) \cos\alpha_0 \right] - \frac{fK_{zy}}{k_1 \cos\theta} \right\} \frac{g}{R} e^{2k_1 \alpha_0}.$$

В частном случае, при $\alpha_0 = 0$ и $\omega_0 = 0$:

$$C_1 = \left[-\frac{2}{4k_1^2 + 1} \left(\frac{2k_1 f}{\cos\theta} - 1 \right) - \frac{fK_{zy}}{k_1 \cos\theta} \right] \frac{g}{R}. \quad (4.20)$$

При увеличении угла поворота до некоторого значения $\alpha = \alpha_2$ частица под действием сил F_r и G_r начинает двигаться совместно с

цилиндром ($\omega_r = \omega_0$). Учитывая, что в момент начала совместного движения $C = C_1$ из уравнения (4.19) для этого случая получим:

$$K_w - \frac{2}{4k_1^2 + 1} \left[\left(2k_1 + \frac{f}{\cos\theta} \right) \sin\alpha_2 + \left(\frac{2k_1 f}{\cos\theta} - 1 \right) \cos\alpha_2 \right] - \frac{fK_{zy}}{k_1 \cos\theta} - C_1 e^{-2k_1 \alpha_2} = 0. \quad (4.21)$$

Искомый угол α_2 находится из трансцендентного уравнения (4.21) как точка пересечения графиков функций:

$$Y_1 = K_w - \frac{fK_{zy}}{k_1 \cos\theta} - \frac{R}{g} C_1 e^{-2k_1 \alpha_2}$$

$$\text{и } Y_2 = \frac{2}{4k_1^2 + 1} \left[\left(2k_1 + \frac{f}{\cos\theta} \right) \sin\alpha_2 + \left(\frac{2k_1 f}{\cos\theta} - 1 \right) \cos\alpha_2 \right]. \quad (4.22)$$

В дальнейшем под действием возрастающей силы G_r частица, начиная с момента $\alpha = \alpha_3$, соответствующего достижению $G_r = F_r + F_w$, будет двигаться с опережением цилиндра. Величина этого угла α_3 определяется выражением [165]

$$\alpha_3 = \varphi' + \arcsin \left[(K_{zy} - K_w) \sin\varphi' + \frac{\eta R}{m} K_w \cos\varphi' \right], \quad (4.23)$$

где $\varphi' = \arctg(f/\cos\theta)$ — приведенный угол трения частицы об электроды.

Движение частицы с опережением, согласно (4.18), описывается уравнением

$$\frac{\omega_r^2 R}{g} = \frac{2}{4k_2^2 + 1} \left[\left(2k_2 - \frac{f}{\cos\theta} \right) \sin\alpha_3 - \left(\frac{2k_2 f}{\cos\theta} + 1 \right) \cos\alpha_3 \right] - \frac{fK_{zy}}{k_2 \cos\theta} + C_2 \frac{R}{g} e^{-2k_2 \alpha_3}. \quad (4.24)$$

Постоянную интегрирования находим по выражению [165]:

$$C_2 = \left\{ K_w - \frac{2}{4k_2^2 + 1} \left[\left(2k_2 - \frac{f}{\cos\theta} \right) \sin\alpha_3 - \left(\frac{2k_2 f}{\cos\theta} + 1 \right) \cos\alpha_3 \right] + \frac{fK_{zy}}{k_2 \cos\theta} \right\} \frac{g}{R} e^{2k_2 \alpha_3}.$$

Увеличение скорости движения частицы приведет к возрастанию центробежной силы F_w и G_r , под совместным действием которых происходит ее отрыв от цилиндра под углом α . Это произойдет при $N=0$, что согласно (3.15), соответствует равенству

$$\omega_r^2 R/g = (G_r + F_r - F_y)/mg = \cos\alpha_4 + K_{zy}. \quad (4.25)$$

Приравняв правые части (4.24) и (4.25) при $\alpha = \alpha_4$ получим функции, по точке пересечения которых определяет величину угла отрыва частицы от барабана α_4 [165]:

$$y_3 = \frac{R}{g} C_2 e^{-2k_2 \alpha_1} - \left(1 + \frac{f}{k_2 \cos \theta}\right) K_{2y}$$

и

$$y_4 = \left[1 + \frac{2}{4k_2^2 + 1} \left(\frac{2fk_2}{\cos \theta} + 1\right)\right] \cos \alpha_4 - \frac{2}{4k_2^2 + 1} \left(2k_2 - \frac{f}{\cos \theta}\right) \sin \alpha_4. \quad (4.26)$$

Скорость частицы в момент отрыва от барабана определяется по выражению:

$$v_4 = \sqrt{gR(\cos \alpha_4 + K_{2y})}. \quad (4.27)$$

Анализ выражений (4.22), (4.23) и (4.26) показывает, что на характер движения частицы по цилиндру в первую очередь влияет конструктивный (R) и кинематический (ω_0) параметры рабочего органа. Если диаметры рабочего органа R_0 и электродов R_2 считать постоянными, то на процесс разделения частиц можно оказать влияние, изменяя скорость вращения цилиндра. Основную роль во взаимодействии частиц с вращающимся цилиндрическим рабочим органом играют их физико-механические свойства (коэффициент трения f , относительная диэлектрическая проницаемость ϵ_r , коэффициент аэродинамического сопротивления c_x , коэффициент упругости k_y и масса m). Степень влияния каждого из этих показателей зависит от размаха его варьирования. В частности, у летучек хлопчатника и коллекционных семян хлопчатника наибольшие пределы изменения имеет k_y , тесно коррелированный с массой частицы, которая в свою очередь зависит от физиологической зрелости.

Из (4.23) следует, что минимальный угол α_3 начала движения частицы с опережением имеет место при отсутствии электрического поля ($F_z = 0$). С увеличением напряжения электродов значение α_3 будет расти из-за увеличения K_{2y} . При постоянстве напряжения электродов величина K_{2y} будет зависеть от упругости частицы. У частицы с меньшей упругостью площадь поляризации S_n будет больше, чем у частицы с большей упругостью, из-за большей деформации. Вследствие этого на частицы различной упругости будут действовать различные электрические поляризационные силы. Это свидетельствует о возможности разделения этих материалов на диэлектросортировщике по их таким качественным признакам, как агробιологическая жизнеспособность и прочность волокон.

Упругая и аэродинамическая силы являются результатом механической реакции частицы на внешнее воздействие и их величи-

ны зависят от структурного строения материала частиц. Поэтому процессом разделения частиц можно регулировать изменением величины электрической силы, находящейся в квадратной зависимости от напряжения электродов.

Следует отметить, что полученные выражения (4.18), (4.22), (4.23), (4.26) и (4.27), определяющие параметры основных этапов движения, можно использовать также для исследования закономерностей движения различных частиц по поверхности цилиндрических рабочих органов электромагнитных, электростатических, электрокоронных и трибоэлектрических сортировщиков. Для этого в указанных выражениях достаточно принять $\theta = 0$, а величину F_z в каждом конкретном случае необходимо определять соответствующими выражениями.

Для исследования движения частиц с твердопокрытой структурой (оголенные семена хлопчатника, семена большинства зерновых культур, люцерны и др.), где можно пренебречь упругой и аэродинамическими силами, в приведенных выражениях следует принять $F_0 = F_y = 0$. При рассмотрении процесса движения частиц по поверхности цилиндров при отсутствии действий внешних сил, следует принять $F_z = 0$.

Таким образом, выражение (4.18) является общим уравнением, позволяющим исследовать характер движения по поверхности цилиндрических рабочих органов частиц с различными состояниями их поверхности и сортирующих устройств различного принципа действия, включая неэлектрические.

Приложение электрического поля приводит к увеличению зоны совместного движения частиц и цилиндра, что способствует устранению взаимного влияния разнокачественных частиц друг на друга и повышению четкости разделения в зависимости от изменчивости их свойств.

4.2.2. Движение семян хлопчатника по рабочему органу диэлектрического сортировщика

В этом случае силами упругости и аэродинамического сопротивления можно пренебречь, т.е. $F_y = F_a = 0$. Тогда

$$k_1 = \frac{f}{\cos \theta}, \quad k_2 = -\frac{f}{\cos \theta}, \quad K_y = K_z = \frac{F_z}{mg}. \quad (4.28)$$

С учетом (4.28) уравнение движения (4.18) для семян принимает вид [166]:

$$\frac{\omega^2 R}{g} = \frac{2 \cos^2 \theta}{4f^2 + \cos^2 \theta} \left[\left(\frac{2f^2}{\cos^2 \theta} - 1 \right) \cos \alpha \pm \frac{3f}{\cos \theta} \sin \alpha \right] + K_z + \frac{R}{g} C e^{\pm \frac{2f \alpha}{\cos \theta}}. \quad (3.29)$$

Угол α_2 начала совместного движения семян и рабочего органа диэлектросортировщика находится как точка пересечения графиков функций:

$$Y_1 = K_\omega - K_y - \frac{R}{g} C e^{-\frac{2f \alpha_2}{\cos \theta}},$$

$$Y_2 = K_f \left[\left(\frac{2f^2}{\cos^2 \theta} - 1 \right) \cos \alpha + \frac{3f}{\cos \theta} \sin \alpha \right], \quad (4.30)$$

где $C_1 = - \left[K_f \left(\frac{2f^2}{\cos^2 \theta} - 1 \right) + K_z \right] \frac{g}{R}$, $K_f = 2 \cos^2 \theta / (4f^2 + \cos^2 \theta)$.

Для изучения изменения α_2 используем параметры разнополярных электродов и среднестатистического семени хлопчатника, приведенных в п.3.2, а также принимаем: $\theta = 55^\circ 34'$, $\delta = 4 \cdot 10^{-3}$ м, $f = 0,5959$.

При радиусе барабана $R_6 = 0,165$ м, скорости вращения $\omega_6 = 5,23$ рад/с кинематический коэффициент $K_\omega = 0,48$, радиус вращения $R = 0,172$ м, а $K_f = 0,3675$.

Расчетные графики Y_1 и Y_2 (рис. 4.9а) показывают, что, если среднестатистическое семя хлопчатника при отсутствии напряжения на электродах ($K_z = 0$) начинает совместное движение с барабаном при повороте последнего на 17° , то при воздействии электрической силы, превышающей силу тяжести семени в 3,5 раза, совместное движение начинается уже при повороте барабана всего лишь на 3° . С увеличением величины электрической силы растет сила нормальной реакции барабана N , вызывающая, в свою очередь, увеличение силы трения F_t семени о поверхность разнополярных

электродов. Последняя совпадает с тангенциальной составляющей, действующей в направлении движения семени, что вызовет уско-

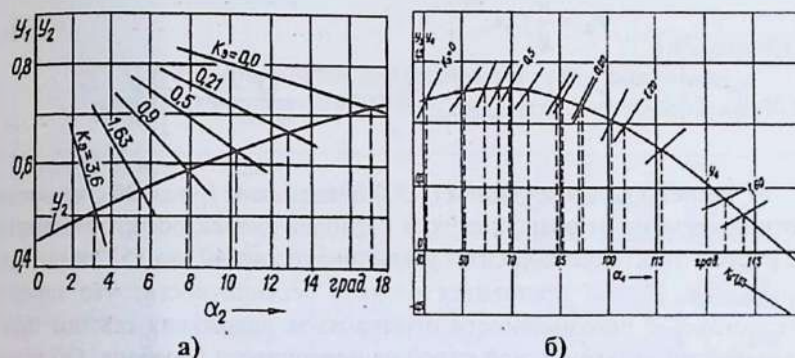


Рисунок 4.9. Изменение α_2 (а) и α_4 (б) в зависимости от K_z

рение процесса достижения им скорости вращения барабана. Поэтому с ростом K_z происходит уменьшение угла начала совместного движения α_2 .

Характер изменения α_2 в зависимости от K_z свидетельствует о наличии его минимального значения, меньше которого семя не сможет достичь скорости вращения барабана. Величина этого угла α_{2min} обуславливается временем, необходимым для установления внутрислоевых поляризационных процессов в семени (см. п.3.4).

Для рассматриваемого случая угол α_3 начала движения семени с опережением поверхности барабана определяются по формуле

$$\alpha_3 = \varphi' + \arcsin [(K_z - K_\omega) \cdot \sin \varphi']. \quad (4.31)$$

С ростом K_z от 0 до 1,8 величины угла α_3 увеличиваются с 26° до 125° , т.е. почти в 5 раз, вызывая увеличение также зоны нахождения семян в состоянии покоя, что даст возможность созданию благоприятных условий для их взаимодействия с электродами барабана. Угол совместного движения семени и барабана ($\alpha_c = \alpha_3 - \alpha_2$) увеличивается с 9° до 120° при изменении K_z в вышеуказанных

пределах. Угол отрыва семени от барабана определяется как точка пересечения графиков функций [165]:

$$Y_1 = \frac{3 \cos^2 \theta}{4f^2 + \cos^2 \theta} \cos \alpha_1 + K_f \frac{3f}{\cos \theta} \sin \alpha_1,$$

$$Y_4 = \frac{R}{g} C_2 e^{-\frac{2f \alpha_2}{\cos \theta}}, \quad (4.32)$$

где $C_2 = \left\{ K_{\omega} - K_2 - K_f \left[\left(\frac{2f^2}{\cos^2 \theta} - 1 \right) \cos \alpha_3 - \frac{3f}{\cos \theta} \sin \alpha_3 \right] \right\} \frac{g}{R} e^{-\frac{2f \alpha_2}{\cos \theta}}$.

Расчеты по выражениям (4.32) показывают (рис.4.96), что угол отрыва семени от вращающегося барабана диэлектросортировщика с ростом электрической силы увеличивается от 40° до 152° и он при значениях $K_2 \geq 1,8$ становится равным бесконечности, что свидетельствует о невозможности отрыва из-за удержания семени прижимающей электрической силой на поверхности барабана. Об этом свидетельствует отсутствие точки пересечения графиков Y_1 и Y_4 .

Скорость отрыва семени от барабана v_1 с увеличением электрической силы F_1 растет до значения $K_2=1,2$, а затем несколько уменьшается. Такое изменение может быть вызвано тем, что при углах $\alpha_1 > 90^\circ$ радиальная составляющая силы тяжести G_R начинает действовать в направлении центробежной силы, уменьшая тем самым силу прижатия семени к барабану.

Для исследования влияния электрической силы на процесс разделения разнокачественных семян, воспользовавшись вышеописанным графоаналитическим методом и экспериментальными графиками изменения K_2 от массы (рис.4.6), определены основные параметры движения семян разной массы по поверхности вращающегося барабана диэлектросортировщика при различном напряжении разнополярных электродов (табл.4.1).

Под действием электрического поля у всех семян начало совместного движения с барабаном наступает раньше, чем при отсутствии. С увеличением массы семян величина α_2 несколько увеличивается, что объясняется усилением влияния тангенциальной составляющей силы тяжести Q . Уменьшается также угол начала движения семян с опережением α_3 и угол отрыва α_4 .

Если в отсутствии электрического поля все семена отрываются от рабочего органа под углом $43^\circ 54'$, то с приложением к электродам напряжения 3250 В эти же семена будут рассеяны от бара-

бана веером от $53^\circ 54'$ до $91^\circ 54'$. С увеличением напряжения электродов под влиянием возрастающего K_2 увеличиваются также α_3 и

Таблица 4.1
Параметры движения разнокачественных семян
по вращающемуся барабану диэлектросортировщика

Напряжение, В	Масса семян, мг	Крат- ность эл.силы, K_2	Параметры движения				
			α_2	α_3	$\alpha_5 = \alpha_3 - \alpha_2$	α_4	v_1 , м/с
0	—	0	$17^\circ 07'$	$26^\circ 07'$	$9^\circ 00'$	$43^\circ 54'$	1,079
3250	30	0,92	$7^\circ 54'$	$65^\circ 06'$	$56^\circ 12'$	$91^\circ 54'$	1,198
	50	0,77	$8^\circ 38'$	$58^\circ 39'$	$50^\circ 01'$	$84^\circ 06'$	1,189
	75	0,60	$9^\circ 36'$	$51^\circ 30'$	$41^\circ 54'$	$75^\circ 05'$	1,178
	100	0,50	$10^\circ 20'$	$47^\circ 20'$	$37^\circ 00'$	$69^\circ 24'$	1,174
	125	0,33	$11^\circ 48'$	$40^\circ 15'$	$28^\circ 27'$	$61^\circ 54'$	1,139
	170	0,21	$12^\circ 54'$	$35^\circ 12'$	$24^\circ 18'$	$55^\circ 54'$	1,117
5250	30	1,83	$5^\circ 12'$	$124^\circ 48'$	$119^\circ 36'$	не отр.	—
	50	1,60	$5^\circ 42'$	$100^\circ 50'$	$95^\circ 08'$	$136^\circ 00'$	1,194
	75	1,36	$6^\circ 15'$	$86^\circ 12'$	$79^\circ 57'$	$116^\circ 39'$	1,215
	100	1,10	$7^\circ 18'$	$73^\circ 14'$	$66^\circ 54'$	$101^\circ 12'$	1,211
	125	0,83	$8^\circ 30'$	$59^\circ 55'$	$51^\circ 25'$	$85^\circ 45'$	1,189
	170	0,43	$10^\circ 54'$	$44^\circ 25'$	$33^\circ 21'$	$66^\circ 25'$	1,195
6250	30	3,50	$3^\circ 12'$	$237^\circ 00'$	$233^\circ 48'$	не отр.	—
	50	2,87	$3^\circ 45'$	$183^\circ 42'$	$179^\circ 57'$	не отр.	—
	75	2,20	$4^\circ 32'$	$146^\circ 30'$	$135^\circ 58'$	не отр.	—
	100	1,63	$5^\circ 36'$	$113^\circ 02'$	$117^\circ 36'$	$141^\circ 33'$	1,171
	125	1,20	$5^\circ 51'$	$77^\circ 59'$	$72^\circ 08'$	$105^\circ 06'$	1,233
	170	0,90	$10^\circ 54'$	$64^\circ 14'$	$53^\circ 20'$	$91^\circ 00'$	1,195

α_4 . При значениях $K_2 \geq 1,8$ под действием электрической силы мелкие семена, являющиеся биологически низкокачественными, уже не могут отрываться от барабана. Поэтому сортирование опущенных семян следует вести при напряжении электродов 3,0-5,0 кВ обеспечивающих выделение в посевную фракцию высококачественный физиологически зрелый посевной материал.

4.3. Отрыв семян от вращающегося барабана

Из таблицы 4.1 следует, что семена хлопчатника отрываются от вращающегося рабочего органа диэлектрического устройства в зависимости от их массы. Другим важнейшим качественным показателем хлопковых семян, как отмечалось в предыдущей главе, является их плотность. Поэтому рассмотрим процесс отрыва семян различной плотности от рабочего органа.

Условие отрыва семян от барабана с учетом (4.15) и (4.25) запишется [167]:

$$N = F_y + G \cos \alpha_1 - F_y = 0.$$

Откуда

$$\alpha_1 = \arccos \left(\frac{F_y - F_z}{G} \right). \quad (4.33)$$

После подстановки в (4.33) соответствующих выражений сил и с учетом того, что масса семени определяется как $m = \pi a b^2 \gamma$, окончательно получим следующее выражение угла отрыва семян:

$$\alpha_1 = \arccos \left[\frac{v_4^2}{R_0 g} - \frac{3 \varepsilon_0 (\varepsilon_c - \varepsilon_n) S_n \varepsilon_n^2 U^2 \cos \theta}{\pi a b^2 \gamma (\varepsilon_n \cdot R_c \sin \theta + \varepsilon_c f)^2} \right]. \quad (4.34)$$

При отсутствии напряжения на электродах рабочего органа ($U=0$):

$$\alpha_{01} = \arccos \frac{v_4^2}{R_0 g}. \quad (4.35)$$

Выражение (4.35) совпадает с известными [161], полученными при рассмотрении процесса сортирования зерновых смесей на гладких цилиндрических рабочих органах. Из (4.34) и (4.35) следует, что угол отрыва при отсутствии электрической силы всегда меньше, чем при ее действии, и его значение в этом случае определяется только кинематическими и конструктивными параметрами барабанного рабочего органа диэлектрического устройства.

Вторая слагаемая (4.34) при неизменной конструкции разнополярных электродов ($\varepsilon_n, t = \text{const}$) зависит от физических параметров семени ($a, b, \gamma, \varepsilon_c$), его расположения на электродах (θ) и величины подаваемого на последние напряжения (U).

На рис.4.10 приведена зависимость угла отрыва среднестатистического семени хлопчатника различной плотности от приложенного к электродам напряжения. При повышении последнего до

5 кВ угол отрыва семян плотностью $1,0 \text{ г/см}^3$ увеличивается параболически с $65^\circ 18'$ до $112^\circ 24'$, что объясняется квадратичной зависимостью электрической силы от напряжения электродов.

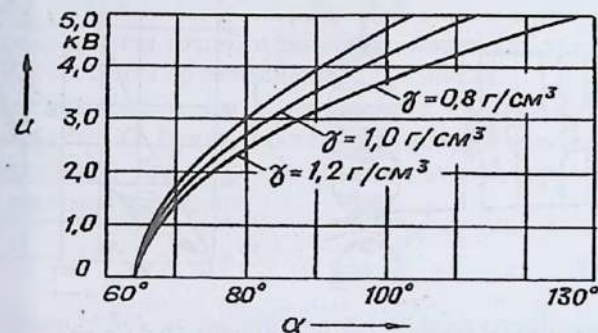


Рисунок 4.10. Теоретическая зависимость угла отрыва семени от напряжения электродов ($R_0=0,15 \text{ м}$; $n_0=50 \text{ мин}^{-1}$; $\varepsilon_c=7$; $\varepsilon_n=4$).

Угол отрыва семян малой плотности при одном и том же напряжении всегда больше, чем более плотных. Причем, с ростом напряжения интервал изменения угла отрыва семян плотностью с $0,8$ и $1,2 \text{ г/см}^3$ также увеличивается. С повышением напряжения от $2,0$ до $5,0 \text{ кВ}$ этот интервал увеличивается с $4^\circ 30'$ до $25^\circ 40'$. Это свидетельствует о том, что диэлектрическое устройство разделяет семена в зависимости от их плотности. Последнее является очень важным обстоятельством при подготовке посевного материала, поскольку незрелые и шуплые семена обладают меньшей плотностью, чем физиологически зрелые. Кроме того, семена большей остаточной опушенности имеют меньшую общую плотность, чем семена с меньшей остаточной опушенностью, что свидетельствует об их отрыве от барабана под различными углами.

Экспериментальное исследование зависимости угла отрыва семян хлопчатника от напряжения электродов проводилось на специально разработанном стенде (рис.4.12) методом минимизации центробежной силы [53]. Измерения проводились на предварительно отобранных семенах определенной массы, которые укладывались длиной вдоль разнополярных электродов. Затем барабан с помощью ручки 6 медленно вращался со скоростью 1 мин^{-1} до момен-

та отрыва семени. Величина угла отрыва фиксировалась по показанию указателя 2 на шкале диска 1.

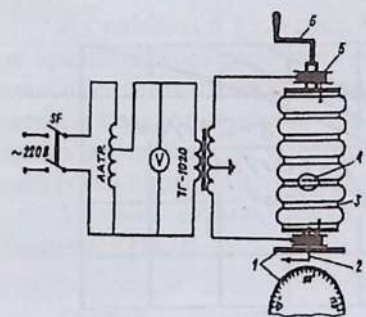


Рисунок 4.11. Стенд для изучения угла отрыва: 1—диск со шкалой; 2—указатель; 3—барабан; 4—семя; 5—контактное кольцо; 6—ручка.

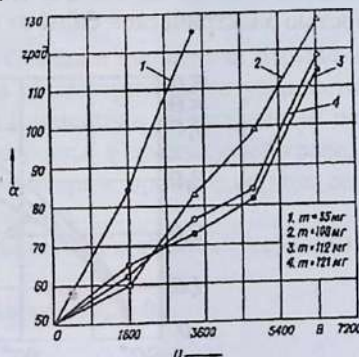


Рисунок 4.12. Экспериментальная зависимость угла отрыва семян разной массы от напряжения электродов.

Полученные результаты (рис.4.12) показывают, что с ростом напряжения на электродах угол отрыва всех семян увеличиваются. Причем, угол отрыва мелких и щуплых семян (кривая 1) при одном и том же напряжении существенно отличается от угла отрыва крупных и средних семян (кривые 2, 3 и 4). Это отличие с ростом напряжения увеличивается. Если при напряжении на электродах 1800 В отличие углов составляет 20° , то при 2700 В оно составляет уже около 40° , т.е. оно увеличивается в 2 раза. Параболический характер изменения кривых объясняется квадратичной зависимостью электрической силы от напряжения электродов (см. рис.4.4).

Таким образом, при работе диэлектрического устройства разнокачественные семена отрываются от барабана под различными углами, что позволяет разделить их путем установки специальной плоскости под рабочим органом. Координаты установки этой плоскости зависит от характера рассева по вееру разнокачественных семян после их отрыва от барабана.

4.4. Движение семян после отрыва от барабана

В технологическом отношении траектория частиц после отрыва от рабочего органа является завершающим этапом сортирования — этапом формирования готового посевного материала путем разделения исходных семян по качественным признакам.

После отрыва под углом α_4 от барабана на семя действует только сила тяжести G . Влияние остальных сил учитывается через скорость движения v_4 . Движение семени после отрыва определяется следующей системой уравнений:

$$m \frac{dv_{xy}}{dt} = 0; \text{ и } m \frac{dv_{yx}}{dt} = G = mg. \quad (4.36)$$

Проинтегрировав (4.36), исключив « m » и, произведя соответствующие преобразования с учетом начальных условий, получено уравнение траектории полета семян после отрыва от барабана:

$$Y = x \operatorname{tg} \alpha_4 + \frac{gx^2}{2v_4^2 \cos^2 \alpha_4}. \quad (4.37)$$

Из (4.37) следует, что при $\alpha_4 = 90^\circ$ оторвавшееся семя хлопчатника движется по оси «ОУ» вниз. При $\alpha_4 < 90^\circ$ движение семени произойдет в направлении оси «ОХ», а при $\alpha_4 > 90^\circ \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \alpha_4\right)$ заменяется на $\operatorname{ctg} \alpha_4$, или $\operatorname{tg} \alpha_4$, что свидетельствует о движении семени в направлении отрицательных значений оси «ОХ». На рис.4.13а показано изменение траектории движения среднестатистического семени после его отрыва от барабана по (4.37) с учетом значений α_4 из табл.4.1. С увеличением напряжения от 2 до 5 кВ траектория семян изменяется в значительных пределах. Если при отсутствии напряжения семя отклоняется в направлении вращения рабочего органа на 7,5 см, то при подаче напряжения 5 кВ полет семени той же плотности уже в обратном направлении составляет 10 см. Общий размах изменения перемещения семени составляет 17,5 см. Это позволяет управлять направлением движения семян изменением напряжения на разнополярных электродах. На рис.4.14 представлен веер рассева семян различной массы после их отрыва от барабана. Из рисунков следует, что повышение напряжения электродов с 3 до 5 кВ приводит к значительному увеличению размаха раз

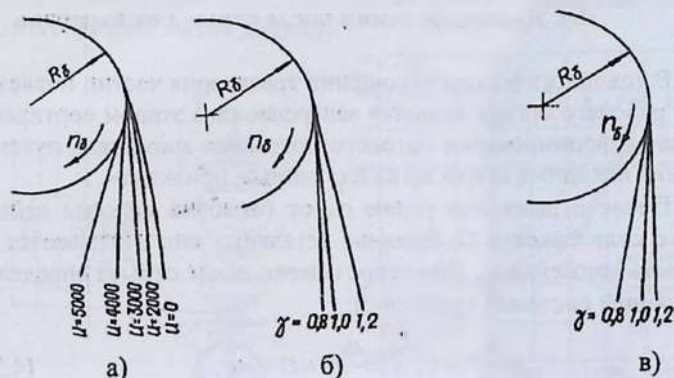


Рисунок 4.13. Изменение траектории движения среднестатистического хлопкового семени ($\gamma_c = 1,0 \text{ г/см}^3$) от напряжения электродов (а) и семян различной плотности при напряжении 3 (б) и 4 (в) кВ ($\omega_6 = 50 \text{ мин}^{-1}$, $R_6 = 0,15 \text{ м}$).

броса семян вследствие увеличения электрической силы. При этом угол отрыва самых легких семян массой 50 мг увеличивается с

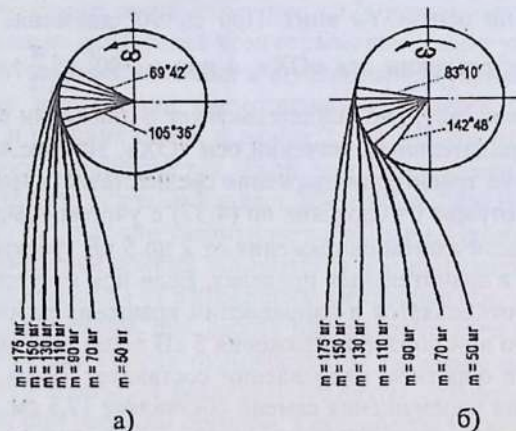


Рисунок 4.14. Траектории движения семян различной массы после отрыва от барабана при напряжении электродов 3 (а) и 5 (б) кВ ($R_6 = 0,125 \text{ м}$; $\omega_6 = 1,18 \text{ с}^{-1}$; $R = 5,75 \text{ мм}$; $2\delta = 3,0 \text{ мм}$)

105°36' до 142°48', т.е. на 37°12', а самых тяжелых семян – с 69°42' до 83°10', что больше на 13°28'. Это является следствием увеличения зоны совместного движения барабана и семени, исключающего взаимное влияние разнокачественных семян друг на друга, что приводит к повышению четкости их разделения. Такое селективное действие электрической силы в рабочем органе диэлектрического устройства позволяет одновременно вести разделение семян как по плотности, так и по массе, имеющих наибольшую корреляционную связь с их агробиологическими свойствами.

4.5. Экспериментальное исследование разделения семян и летучек хлопка-сырца в диэлектрическом устройстве

Экспериментальные исследования по разделению опушенных семян хлопчатника и летучек хлопка-сырца проводились в лабораторных устройствах, технологические схемы которых представлены на рис. 4.15.

В процессе сортирования семена из бункера 1 (рис. 4.15а) с помощью валкового питателя 2 равномерным потоком подавались на рабочий орган 3. Оторвавшиеся от вращающегося барабана семена распределялись по отсекам девяти (I-IX) фракций приемного устройства 5. Прилипшие к барабану щуплые и пустые семена снимались съемной щеткой 4.

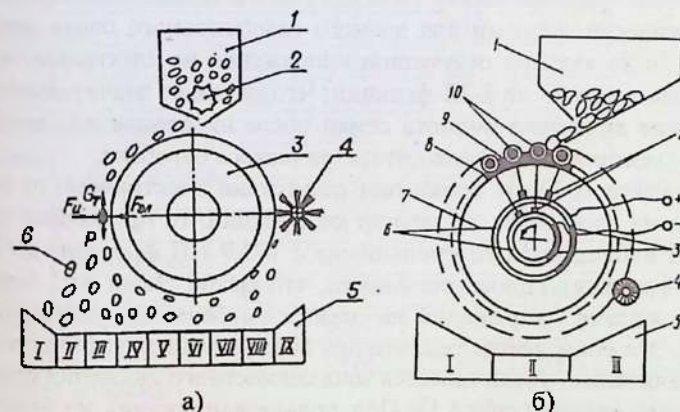


Рисунок 4.15. Технологические схемы устройств для разделения семян (а) и летучек хлопка-сырца (б)

Выход семян сперва увеличивается до 48,65% в III фракции (табл.4.2), а затем уменьшается до 0,39% в VIII и IX фракциях. Причем, на I-IV фракции выделяется 88,26% от исходных семян,

Таблица 4.2

Влияние разделения опушенных семян хлопчатника (сорт АН Узб-3) на их показатели ($D_0=300$ мм; $u_0=60$ мин⁻¹, $d_3=7,0$ мм)

№ фракций	Выход семян, %		Показатели семян			
	При $U=0$ кВ	при $U=5,25$ кВ	при $U=0$ кВ	при $U=5,25$ кВ	Плотность, г/см ³	Опушенность, %
I	2,03	3,30	100,9	103,9	1,050	9,7
II	13,83	16,64	100,3	104,4	1,050	11,5
III	84,14	48,65	100,3	102,0	1,044	12,0
IV	0	19,97	—	100,8	1,040	12,3
V	0	7,70	—	89,4	1,003	12,8
VI	0	2,48	—	82,8	0,980	12,6
VII	0	0,78	—	75,4	0,950	14,2
VIII	0	0,39	—	37,3	0,890	17,4
IX	0	0,39	—	39,5	0,870	13,3

имеющих среднюю массу 1000 шт 100 г и более, являющихся физиологически зрелыми для данного селекционного сорта хлопчатника, тогда как при отсутствии напряжения на электродах семена попадают только на I-III фракции. Что означает значительное расширение диапазона полнота семян после их отрыва под воздействием электрического поля диэлектрического барабана.

Если масса 1000 шт семян при отсутствии электрического напряжения на электродах не зависит от фракции, то при подаче напряжения наблюдается ее уменьшение с 103,9 г (I фракция) до 37,3 г (VIII фракция). Примечательно то, что выход семян на I фракцию после подачи напряжения на электроды барабана увеличился на 1,3%. Это объясняется тем, что при воздействии электрического поля значительно увеличивается зона совместного движения семени и рабочего органа (табл.4.1). При подаче напряжения на электроды барабана четко прослеживается уменьшение массы 1000 шт и плотности при одновременном возрастании опушенности семян. Эти

данные подтверждают правильность теоретических предпосылок возможности разделения семян хлопчатника по их агробиологическим показателям.

Как указывалось в п.1.4, одним из возможных путей получения высококачественных семян является сортирование летучек хлопка-сырца до их дженирования. Для осуществления этого способа было разработано и изготовлено устройство [168], включающее загрузочный бункер 1 (рис.4.156), рабочий орган 7 в виде диэлектрического цилиндра 8, в пазах 9 которого размещены электроды 10 чередующейся полярности, подключенные через неподвижные 2 и подвижные 6 контакты с диэлектрическими вставками 3 к источнику высокого напряжения.

Таблица 4.3

Результаты разделения летучек хлопка-сырца в диэлектрическом устройстве (селекционный сорт С-4880)

Наименование частиц	Фракции	Показатели					
		Выход фракции, %	Масса 1000 шт., г	Отклонение от исходных, ±г	Кэф. вариации, %	НСР ₀₉₅ , ±г	Промышленный сорт
Летучки	Исходные	100,0	180,3	0,0	32,4	11,1	II
	I	42,3	211,0	+30,7	16,1		I
	II	35,2	190,1	+9,8	19,4		II
	III	22,0	132,0	-48,3	52,7		III-IV
Семена	Исходные	—	114,3	0,0	35,2	7,5	—
	I	—	133,2	+18,9	17,5		—
	II	—	123,8	+9,5	20,3		—
	III	—	81,0	-33,3	60,4		—
Волокна	Исходные	35,0*	65,9**	0,0	30,6	3,6	—
	I	36,9	77,8	+11,9	16,5		—
	II	34,9	66,4	+0,5	24,4		—
	III	38,6	51,0	-15,9	42,7		—

* — выход волокна;

** — масса волокон 1000 летучек.

Разделению подверглись летучки хлопка-сырца II промышленного сорта машинного сбора (селекционный сорт С-4880). В первой (I) фракции оказались наиболее тяжелые и крупные летучки, средняя масса (211 мг), которых на 21 мг больше средней массы летучек II фракции и на 79 мг показателя III фракции (табл.4.3). Отклонение массы 1000 летучек I и III фракций от массы исходных в 2,8 и 4,3 раза больше, а у II фракции оно меньше, чем НСР.

Если исходный хлопок-сырец по технологическим свойствам соответствовал II промышленному сорту, то после разделения в I фракцию выделяются летучки I промышленного сорта, а в III фракцию III и IV промышленных сортов [57], что свидетельствует о разделении летучек по крепости и упругости волокон.

Масса выделенных из летучек 1000 опушенных семян уменьшается от I к III фракции с 133,2 до 81,0 г, и они существенно отличаются от массы исходных семян. Причем, в составе III фракции имеются до 30% недозрелых и щуплых семян с индивидуальной массой в пределах 17-44 мг [57], тогда как в составе I и II фракций таких семян обнаружено не было.

Сравнение отклонений массы летучек, семян и волокон во фракциях показывает, что прибавка массы летучек I фракции на 61,5% получено за счет изменения массы семян. В II и III фракциях доля семян в изменении массы летучек, соответственно, составляет 96,7 и 69,0%. Это дает основание предположить: в процессе разделения летучек хлопка-сырца более существенную роль, по сравнению с волокном, играют семена.

Уменьшение коэффициента вариации массы летучек и семян в I и II фракциях по сравнению с исходными в 1,7-2,0 раза свидетельствует о выделении в эти фракции более однородных летучек, семена которых можно использовать для получения семенного материала. В третью фракцию выделяются неоднородные мелкие летучки, о чем свидетельствует увеличение коэффициента вариации массы летучек, семян и волокон этой фракции относительно исходных соответственно в 1,6; 1,7 и 1,4 раза.

Таким образом, из изложенного следует вывод о том, что разделение хлопка-сырца в диэлектрическом устройстве происходит по массе и упругим свойствам летучек, тесно связанных с физиологической зрелостью семян и потенциальной урожайностью получаемых от последних растений хлопчатника.

Из рассмотренного в этой главе вытекает нижеследующее:

1. Электрическое поле разнополярных электродов диэлектрического устоя прижимает семена и летучки хлопка к барабану в зависимости от их физиологической зрелости. Причем, мелкие и крупные частицы испытывают воздействие электрических сил в различной степени, что создает реальные предпосылки к их разделению по агробиологическим показателям.

2. Для увеличения электрической силы в 2-3 раза за счет максимальной поляризованности частиц их необходимо подавать в межэлектродное пространство с предварительной ориентацией длиной вдоль электродов.

3. Кратность электрической силы и силы тяжести находится в обратной последовательности от массы и упругости семян и летучек. Степень ее изменения у разнокачественных частиц усиливается с повышением напряжения электродов и поэтому оно является основным регулирующим параметром режима сортирования.

4. Наложение электрического поля приводит к увеличению зоны совместного движения семени и рабочего органа и угла отрыва в 4-5 раз, что приводит к исключению взаимного влияния разнокачественных семян друг другу и повышению четкости разделения. При кратностях электрической силы свыше 1,8 частицы под ее действием не смогут оторваться от барабана.

5. Траектории полета семян после отрыва от вращающегося барабана диэлектрического сортировщика происходят по вееру как по массе, так и по плотности от максимума к минимуму, что свидетельствует о разделении по совокупности этих показателей, в сильной степени коррелирующих с их агробиологическими показателями.

ГЛАВА 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА СЕМЕНА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Научные основы процессов нанесения защитно-стимулирующих химических и биологических препаратов на семена различных сельскохозяйственных культур с использованием сил электрических полей отражены в исследованиях В.Н.Шмигеля, Э.А.Каменира, В.Г.Рахманина, В.Г.Мовчана, И.Я.Осташевского, В.В.Ченцова, И.В.Ившина и др. [90-93]. В результате проведенных исследований была обоснована возможность улучшения равномерности обработки семян препаратами, снижения нормы расхода последних и улучшения вредного воздействия на экологическую обстановку в зоне работы электрических протравливателей по сравнению с механическими устройствами. Кроме того, применение электрических полей позволяет в процессе зарядки одновременно произвести очистку в определенной степени поверхности семян от болезнетворных микроорганизмов и различных примесей, а также стимулировать биоактивность зародышей будущих растений [169].

Для осуществления одновременной зарядки и очистки, семена необходимо электризовать в электростатическом поле при непосредственном их контактировании с потенциальным электродом. В этом случае семена очищаются от микроорганизмов и примесей под действием электростатических сил отталкивания их одноименных зарядов.

Технологический процесс электропротравливания протекает следующим образом. Семена хлопчатника, подаваемые специальным питателем равномерным потоком, попадают на зарядно-очистительное устройство, где контактируя с потенциальным электродом получают определенное количество электрического заряда отрицательного знака. Заряженные и очищенные семена в дальнейшем поступают в камеру осаждения, где встречаясь с частицами препарата, имеющими заряды противоположного знака, обволакиваются ими под действием электростатических и инерционных сил.

Таким образом, электротехнология нанесения частиц препарата включает следующие основные процессы: подачу, зарядку, очистку семян и осаждение на них частиц аэрозоля препарата, предварительно заряженных зарядом противоположного знака.

Равномерную подачу семян на потенциальный электрод можно решить конструктивно-режимными параметрами соответствующих устройств.

Кинетика определяет интенсивность протекания процесса зарядки, следовательно, она позволяет обосновать параметры электродов зарядного устройства. Количество заряда и характер его распределения по поверхности семени обуславливают количественные и качественные показатели электроосаждения частиц препарата на семена. Поэтому рассмотрим эти процессы.

5.1. Контактная зарядка семян в электростатическом поле

Для рассмотрения процесса контактной зарядки реальное опущенное семя хлопчатника заменим вытянутым диэлектрическим эллипсоидом вращения и разместим его на поверхности потенциального электрода малой осью «b» вдоль силовых линий внешнего поля (рис.5.1).

Согласно существующей теории [148], под действием внешнего электрического поля в диэлектрике происходит смещение свободных и связанных зарядов, вызывающих его поляризацию. Электрическое поле поляризационных связанных зарядов направлено против внешнего поля, что приводит к его ослаблению внутри диэлектрического тела.

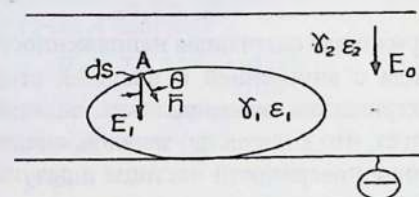


Рисунок 5.1. Эллипсоидная частица на потенциальном электроде в процессе зарядки

Если поляризованный эллипсоид контактируется с потенциальным электродом, то за счет нейтрализации зарядов, распределенных на прилегающей к электроду поверхности частицы, последняя получает избыточный заряд. Исследованиями А.Т.Нагиаде, Ч.М.Джуварлы, В.И.Попкова, И.П.Верещагина и др. установ-

лена общая закономерность кинетики зарядки диэлектрического тела [170-172]:

$$Q = Q_m (1 - e^{-t/\tau}), \quad (5.1)$$

где Q_m — максимальный избыточный заряд частицы, Кл; t — продолжительность зарядки, с; τ — постоянная времени зарядки, с.

Из (5.1) следует, что решение задачи контактной зарядки семян требует определения Q_m и τ для нашего случая. Поэтому принимаем следующие допущения:

- первоначальное электростатическое поле до внесения туда частицы является однородным ($E_0 = \text{const}$);
- частица предварительно на заряжена ($Q_0 = 0$);
- частица изотропна (однородна).

Поскольку частица обладает конечной проводимостью, то ее максимальный заряд устанавливается не сразу. В первый момент времени ($t=0$) задачу можно считать чисто электростатической, пренебрегая временем установления поляризации. В этом случае поле внутри эллипсоида является однородным и направленным одинаково E_0 . Это означает, что нормальная слагающая этого поля внутри эллипсоида E_{1n} пропорционально углу θ (рис.5.1). Поскольку в момент $t=0$ на поверхности эллипсоида свободные заряды отсутствуют, то из граничного условия двух диэлектриков получим [173]:

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n},$$

где E_{1n}, E_{2n} — нормальная слагающая напряженности поля на поверхности эллипсоида с внутренней и внешней сторон; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ — относительная диэлектрическая проницаемость эллипсоида и среды.

Отсюда следует, что количество зарядов, оседающих в единицу времени на единице поверхности частицы в результате протекания тока проводимости равно

$$\sigma = \gamma_2 E_{2n} - \gamma_1 E_{1n} = j_{2n} - j_{1n},$$

где j_{2n}, j_{1n} — плотности тока вне и внутри частицы;

γ_2, γ_1 — удельные проводимости среды и частицы.

Таким образом, суммарная плотность свободного и связанного зарядов, распределенных на поверхности эллипсоида, создают внутри эллипсоида однородное поле напряженностью E_j .

Последнее позволяет найти величину приобретаемого частицей свободного заряда путем интегрирования плотности полного заряда

по ее поверхности. Для этого на поверхности частицы вокруг точки A выделим элементарную, бесконечно малую площадь dS . В этом случае уравнение неразрывности плотности полного тока в точке A на поверхности частицы имеет вид

$$\gamma_1 E_{1n} + \varepsilon_0 \varepsilon_1 \frac{dE_{1n}}{dt} = \gamma_2 E_{2n} + \varepsilon_0 \varepsilon_2 \frac{dE_{2n}}{dt}, \quad (5.2)$$

где $\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — электростатическая постоянная.

Согласно [171], в точке A эллипсоида нормальные составляющие напряженности с внутренней и внешней стороны определяются следующими соотношениями

$$E_{1n} = E_0 + \Phi_b \frac{\sigma_n}{\varepsilon_0} \quad \text{и} \quad E_{2n} = E_0 - (1 - \Phi_b) \frac{\sigma_n}{\varepsilon_0}, \quad (5.3)$$

где Φ_b — коэффициент деполяризации эллипсоида вдоль его малой оси «b», определяемый как [173]

$$\Phi_b = \frac{K^2}{2(1-K^2)} \left(\frac{1}{K^2} - \frac{\text{Arth} \sqrt{1-K^2}}{\sqrt{1-K^2}} \right),$$

здесь K — коэффициент сферичности эллипсоида;

σ_n — плотность полного заряда в точке A , Кл/м².

После подстановки (5.3) в (5.2) и соответствующих преобразований получим

$$\frac{d\sigma_n}{dt} + \frac{\gamma_1 \Phi_b + \gamma_2 (1 - \Phi_b)}{\varepsilon_0 [\varepsilon_1 \Phi_b + \varepsilon_2 (1 - \Phi_b)]} \sigma_n = \frac{(\gamma_1 - \gamma_2) E_0}{\varepsilon_1 \Phi_b + \varepsilon_2 (1 - \Phi_b)}. \quad (5.4)$$

Решив дифференциальное уравнение (5.4) находим плотность полного заряда в точке A частицы

$$\sigma_n = \sigma_{n0} + (\sigma_{n\infty} - \sigma_{n0}) e^{-t/\tau}, \quad (5.5)$$

где $\sigma_{n0}, \sigma_{n\infty}$ — плотности полного заряда в точке A в моменты времени $t=0$ и $t=\infty$.

Учитывая, что при $t=0$

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n}, \quad \sigma_n = \sigma_{n0}$$

и используя выражение (5.3) получим

$$\sigma_{n0} = \frac{\varepsilon_0 (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) E_0}{\varepsilon_1 \Phi_b + \varepsilon_2 (1 - \Phi_b)}. \quad (5.6)$$

В момент $t=0$ частица не успевает приобрести свободный заряд от контакта с потенциальным электродом. Кроме того, время установления поляризации упругосвязанных молекул и ионов составляет всего 10^{-15} – 10^{-12} с [148]. Поэтому выражение (5.6) характеризует

плотность только связанных зарядов, которые после снятия внешнего поля исчезают почти мгновенно и в технологических процессах после вылета частицы из зарядного устройства не принимают участия.

Учитывая то обстоятельство, что при $t = \infty$

$$\sigma_n = \sigma_{\text{св}} \quad \text{и} \quad \gamma_1 E_{1n} = \gamma_2 E_{2n},$$

а также выражение (5.3), после преобразований получим

$$\sigma_{\text{св}} = \frac{\varepsilon_0(\gamma_1 - \gamma_2)E_0}{\gamma_1\Phi_b + \gamma_2(1 - \Phi_b)}. \quad (5.7)$$

Полученные выражения (5.6) и (5.7) свидетельствуют о том, что по окончании переходного процесса общая плотность зарядов будет определяться суммой свободных и связанных зарядов:

$$\sigma_n = \frac{\varepsilon_0(\gamma_1 - \gamma_2)E_0}{\gamma_1\Phi_b + \gamma_2(1 - \Phi_b)} + \left[\frac{\varepsilon_0(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)E_0}{\varepsilon_1\Phi_b + \varepsilon_2(1 - \Phi_b)} - \frac{\varepsilon_0(\gamma_1 - \gamma_2)E_0}{\gamma_1\Phi_b + \gamma_2(1 - \Phi_b)} \right] e^{-t/\tau}. \quad (5.8)$$

В технологическом отношении взаимодействие семени после ее вылета из зарядного очистительного устройства с частицами препарата определяется свободными зарядами. Плотность свободных зарядов на границе раздела двух диэлектрических сред после окончания переходного процесса определяется [170]

$$\sigma_{\text{св}} = D_{1n} - D_{2n} = (\varepsilon_1 E_{1n} - \varepsilon_2 E_{2n}) \varepsilon_0. \quad (5.9)$$

Поскольку напряженность поля по обе стороны границы создается плотностью полного заряда, определяемого выражением (5.7), то величину максимальной плотности свободного заряда находим подстановкой (5.7) в (5.9) и используя выражение (5.3):

$$\sigma_{\text{св}} = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon_1\gamma_2 - \varepsilon_2\gamma_1)E_0}{\gamma_1\Phi_b + \gamma_2(1 - \Phi_b)}. \quad (5.10)$$

Как уже отмечалось в $\sigma_{\text{св}}$ отсутствуют свободные заряды, т.е. $\sigma_{\text{св},0} = 0$. Тогда плотность свободного заряда в точке A на площади dS запишется в виде выражение, исходя из (5.5)

$$\sigma = \sigma_{\text{св}}(1 - e^{-t/\tau}). \quad (5.11)$$

Интегрировав выражение (5.11) по поверхности вытянутого эллипсоида находим выражение для кинетики контактной зарядки частицы на потенциальном электроде

$$Q = \int_{S_n} \sigma \cdot dS = Q_m(1 - e^{-t/\tau}), \quad (5.12)$$

где Q_m — максимальный свободный избыточный заряд частицы,

определяемый выражением

$$Q_m = \frac{\pi ab \varepsilon_0 (\varepsilon_1 \gamma_2 - \varepsilon_2 \gamma_1) \Phi_b}{\gamma_1 \Phi_b + \gamma_2 (1 - \Phi_b)} E_0, \quad (5.13)$$

здесь

$$\Phi_b = \frac{1}{2} \left(K + \frac{\arcsin \sqrt{1 - K^2}}{\sqrt{1 - K^2}} \right).$$

Такую закономерность зарядки можно объяснить тем, что наложение внешнего электрического поля создает в диэлектрике направленный избыточный перенос носителей заряда, сорванных тепловым движением. Неравномерность распределения зарядов в объеме диэлектрика увеличивается с момента наложения поля до тех пор, пока избыток перемещающихся ионов не будет компенсироваться обратной диффузией. В момент наступления равновесия ионов частица получит максимальное количество избыточного заряда, описываемого экспоненциальным законом.

Величину постоянной времени зарядки получим из уравнения (5.4) при учете только объемной проводимости частицы

$$\tau = \frac{\varepsilon_0 [\varepsilon_1 \Phi_b + \varepsilon_2 (1 - \Phi_b)]}{\gamma_1 \Phi_b + \gamma_2 (1 - \Phi_b)}. \quad (5.14)$$

В случае, если зарядка производится в воздушной среде ($\varepsilon_2 = 1$, $\gamma_2 = 0$), то выражения (5.13) и (5.14) примут вид:

$$Q_m = -\pi ab \varepsilon_0 \Phi_b E_0, \quad (5.15)$$

где $\Phi_b = \Phi_k / \Phi_0$ — коэффициент формы эллипсоидальной частицы,

$$\tau = \varepsilon_0 [\Phi_b + (\varepsilon_1 - 1) + 1] / \gamma_1 \Phi_b. \quad (5.16)$$

Для учета поверхностной проводимости частицы воспользуемся известным выражением [170, 174]:

$$\tau_0 = \tau \left(1 + \frac{a \gamma_s}{b(\gamma_1 - \gamma_2)} \right)^{-1}, \quad (5.17)$$

где τ_0 — постоянная времени зарядки с учетом поверхностной проводимости γ_s , с.

С учетом (5.16) и после некоторых преобразований получим следующее выражение для постоянной времени зарядки

$$\tau_0 = \frac{\Phi_b(\varepsilon_1 - 1)}{\gamma_1 \Phi_b(1 + K_s/K)} = \frac{\Phi_b(\varepsilon_1 - 1)}{\gamma_1 \Phi_b(1 + K_s/K)}, \quad (5.18)$$

где $K_s = \gamma_s / \gamma_v$ — кратность поверхностной и объемной проводимостей частицы;

$K_R = R_v/R_s$ — кратность объемного и поверхностного сопротивлений.

Из выражений (5.15) и (5.18) следует, что величина максимального заряда частицы определяется размерами, формой и напряженностью внешнего электростатического поля, тогда как кинетика зарядки частицы всецело определяется ее электрофизическими параметрами.

В таблице 5.1 приведены результаты расчета основных показателей формы опушенных семян хлопчатника.

С увеличением вытянутости частиц с 0,2 до 0,8 коэффициент Φ_b деполяризации уменьшается, а Φ_k увеличивается, в результате коэффициент Φ_s

Таблица 5.1

Показатель	Значения показателей при $K=b/a$				
	0,2	0,35	0,5	0,65	0,8
Φ_b	0,4720	0,4422	0,4132	0,3863	0,3621
Φ_k	0,7994	0,8230	0,8543	0,9137	0,9363
Φ_s	1,6936	1,8611	2,0682	2,3738	2,5857

формы увеличивается более высокими темпами: с 1,6936 до 2,5857. Поэтому максимальный заряд семян различной массы (табл.5.2) увеличивается как с ростом их массы коэффициента сферичности, так и с повышением напряженности.

Таблица 5.2.

Изменение максимального заряда семян от их массы и напряженности поля ($K=0,5$)

E_0 , кВ/см	$Q_m \cdot 10^{-9}$ (Кл) при массе семян (мг)				
	75	100	125	150	175
2	4,75	5,80	6,74	7,49	8,46
4	9,51	11,60	13,48	14,99	16,92
6	14,23	17,40	20,22	22,18	25,38
8	19,02	23,19	26,96	29,98	33,83

С ростом массы семян увеличивается их общая площадь поверхности, что вызовет увеличение их зарядов. С ростом массы семян в 2,3 раза (с 75 до 175 мг) приобретаемый ими максимальный заряд увеличивается в 1,74 раза, т.е. увеличение заряда происходит пропорционально площади поверхности, что вытекает из (5.12).

С увеличением коэффициента сферичности количество заряда у семян одинаковой массы также растет (табл.5.3). Это должно сказаться благоприятно на качестве обработки их поверхности препаратами, поскольку у семян большей опушенности имеется большее количество болезнетворных микроорганизмов и больший коэффициент сферичности.

Таблица 5.3.

Влияние коэффициента сферичности K семян на величину их контактного заряда

Напряженность поля E_0 , кВ/см	Масса семян, мг	Количество максимального заряда $Q_m \cdot 10^{-9}$ Кл				
		K				
		0,2	0,35	0,5	0,65	0,80
2,0	75	3,89	4,29	4,75	5,46	5,94
	125	6,03	6,62	7,36	8,45	9,20
	175	6,93	7,61	8,46	9,71	10,58
4,0	75	7,79	8,56	9,51	10,91	11,89
	125	11,04	12,13	13,48	15,47	16,85
	175	13,85	15,22	16,91	19,42	21,15

Таким образом, контактная зарядка семян хлопчатника в электростатическом поле способствует сообщению им количества заряда пропорционального площади поверхности и опушенности, что позволит снизить неравномерность их обработки защитно-стимулирующими препаратами.

Для оценки кинетики зарядки хлопковых семян разной влажности и оценки влияния поверхностной проводимости на процесс контактной зарядки воспользуемся выражениями (5.16) и (5.18), а также рисунками 3.7 и 3.9. Расчеты проведены для среднестатистического опушенного семени хлопчатника ($a=11,15$ мм, $b=5,84$ мм, $K=0,52$, $\Phi_b=0,41$) влажности 6,12 и 18% (табл.5.4). С ростом влажности из-за изменения характера электропроводности и в первую очередь их соотношения K_R происходит уменьшение постоянной времени зарядки. Причем с ростом влажности степень влияния этого изменения усиливается. Если при влажности 6% τ/τ_0 составляет 3,0, то при влажности семени 16% оно составляет уже 3,75 раза.

Для исследования кинетики зарядки семян удобнее пользоваться выражением количества зарядки в относительных единицах $Q^* = Q/Q_m = 1 - e^{-t/\tau}$, получаемого делением (5.1) на Q_m .

Таблица 5.4

№ семени	Показатели семян						
	Влажность, W , %	Удельная электрическая проводимость		K_R	ϵ_1	τ , с	τ_0 , с
		γ , $\text{См}^2/\text{Ом}^2$	γ_0 , Ом^{-1}				
1	6,0	10^{-10}	$0,96 \cdot 10^{-10}$	1,02	5	0,57	0,19
2	12,0	$0,2 \cdot 10^{-9}$	$0,25 \cdot 10^{-9}$	1,20	10	0,30	0,09
3	16,0	10^{-9}	$0,14 \cdot 10^{-8}$	1,40	15	0,15	0,04

На основании данных табл.5.4 построены кривые кинетики зарядки семян (рис.5.2). С увеличением влажности время зарядки, необходимое для приобретения семенем максимального заряда, уменьшается с 1,6 до 0,8 с (кривые 1, 2 и 3, рис.5.2) при пренебре-

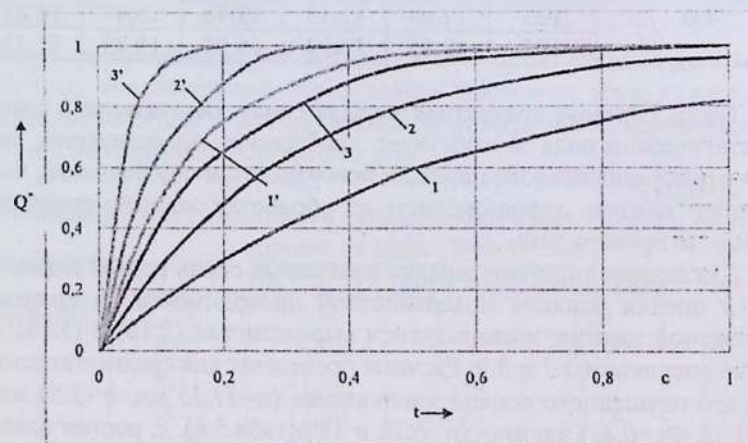


Рисунок 5.2. Кинетика зарядки семян влажности 6,0 (1 и 1'), 12,0 (2 и 2') и 16,0% (3 и 3'); 1, 2, 3 — по формуле (5.16); 1', 2', 3' — по формуле (5.18)

жении поверхностной проводимостью и с 1,0 до 0,25 с при учете поверхностной проводимости семени. Уменьшение времени зарядки семян происходит за счет увеличения их электропроводности.

Особенно это сильно сказывается на поверхностной проводимости опущенных семян, где практически всегда содержится адсорбированная и абсорбированная влага, которая в виде активного пара уплотняется на капиллярно-пористой поверхности семени [175]. Поэтому с повышением влажности происходит ускорение кинетики зарядки семян при учете его поверхностной проводимости.

По выражениям (5.16) и (5.18) постоянная времени зарядки не зависит от напряженности электрического поля E_0 . Однако, учитывая ее влияние на величину K_R (см.рис.3.7), целесообразно учесть изменение кинетики зарядки от напряженности внешнего поля.

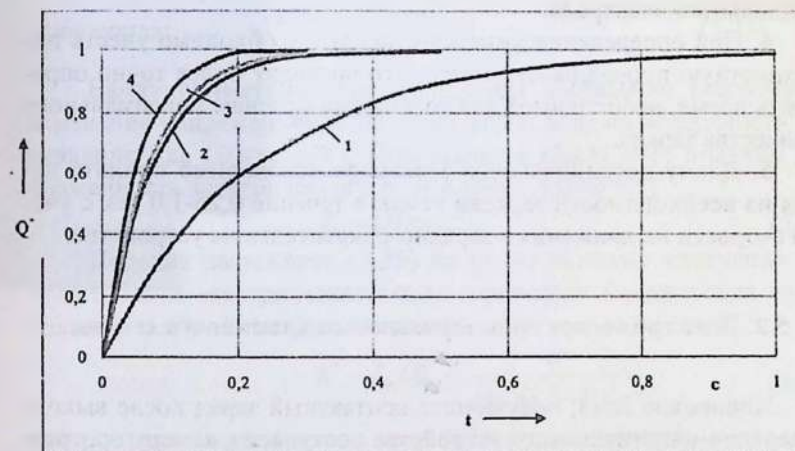


Рисунок 5.3. Влияние напряженности электрического поля на кинетику зарядки семян: 1 — по формуле (5.16) при $E_0 = 1,25$ кВ/см; 2, 3, 4 — соответственно при $E_0 = 1,25, 2,5$ и $3,75$ кВ/см по (5.18)

С повышением напряженности поля происходит ускорение процесса зарядки семян с 0,5 до 0,25 с (рис.5.3), что объясняется увеличением электрической силы, действующей на мигрирующие заряды.

Из изложенного следует:

1. Величина максимального свободного заряда, приобретаемого при контактировании с потенциальным электродом, определяется размерами, формой семени и напряженностью внешнего электростатического поля.

2. Свободный максимальный заряд семян колеблется в зависимости от их массы и сферичности в пределах $4,75 \cdot 10^{-9}$ – $3,4 \cdot 10^{-8}$ Кл при напряженности поля $E_0 = (2-8)$ кВ/см и его величина пропорциональна площади их поверхности, что позволит нанести на них пропорциональное количество препарата с противоположным знаком заряда.

3. Постоянная времени зарядки семян всецело зависит от электрофизических свойств (электропроводности, относительной диэлектрической проницаемости) семян. Ее величину, в ограниченных пределах, можно изменить регулированием напряжения потенциального электрода.

4. При определении кинетики зарядки необходимо учесть поверхностную проводимость семян, что позволит более точно определить время, необходимое для сообщения семенам максимального количества заряда.

5. Длину потенциального электрода необходимо принять исходя из необходимости зарядки семян в течение 0,25–1,0 сек с учетом скорости их движения в зарядно-очистительном устройстве.

5.2. Электрическое поле заряженного хлопкового семени

Хлопковое семя, получившее контактный заряд после выхода из зарядно-очистительного устройства поступает в камеру протравливания. За это время избыточный заряд Q перераспределяется по его поверхности с плотностью [176]

$$\sigma = \frac{Q}{2\pi abc \sqrt{a^4 + b^4 + c^4}}, \quad (5.19)$$

где a, b, c – оси трехосного эллипсоида, м;
 x, y, z – текущие координаты.

Учитывая $K=b/a$ и заменив хлопковое семя двухосным вытянутым эллипсоидом ($b=c$), получено [177]:

$$\sigma = \frac{Q}{2\pi a K^2 \sqrt{x^2 + (y^2 + z^2)/K^4}}. \quad (5.20)$$

Из электростатики известно, что напряженность заряженной поверхности [176]

$$E = \sigma / \epsilon_0. \quad (5.21)$$

Тогда, подставляя выражение (5.20) в (5.21) получим напряженность поля заряженного эллипсоида

$$E = \frac{Q}{2\pi \epsilon_0 K^2 \sqrt{x^2 + (y^2 + z^2)/K^4}}. \quad (5.22)$$

Наибольший интерес с позиции нанесения частиц препарата представляет изменение напряженности электрического поля вдоль большой оси эллипсоида. Для этого, предположив $z=0$ и в (5.22) вместо y подставив его выражение через переменный x из уравнения эллипса, переходим к распределению напряженности по длине эллипсоида:

$$E_x = \frac{Q}{\pi \epsilon_0 a \sqrt{4x^2(K^2 - 1) + a^2}}. \quad (5.23)$$

Ввиду симметричности эллипсоида достаточно рассмотреть изменение напряженности электрического поля на поверхности полуэллипсоида ($0 \leq x \leq a/2$). Подставляя в (5.23) $x=0$, получим напряженность электрического поля в точке A (рис.5.4)

$$E_a = Q / \pi \epsilon_0 a^2. \quad (5.24)$$

Поделив выражение (5.23) на (5.24) находим изменение напряженности электрического поля заряженного эллипсоида вдоль большой оси относительно точки A :

$$E^* = E_x / E_a = \frac{a}{\sqrt{4x^2(K^2 - 1) + a^2}}, \quad (5.25)$$

которое показывает, что оно зависит от формы частицы.

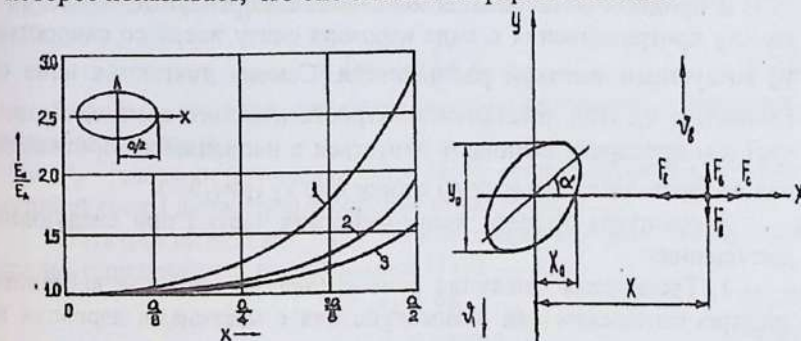


Рисунок 5.4. Изменение E^* вдоль большой оси при K : 1–0,35; 2–0,52; 3–0,65

По мере удаления от точки A к вершине эллипсоида ($x=a/2$) напряженность поля растет и достигает максимального значения:

$$E_m = Q / \pi \epsilon_0 a^2 K, \quad (5.26)$$

С уменьшением коэффициента сферичности значение E^* возрастает и составляет на вершине эллипсоида 1,5-3,0. Следовательно, концентрация осажженных частиц ядохимиката будет максимальной на концах семени, где находятся наибольшая концентрация болезнетворных микроорганизмов.

5.3. Электростатическое осаждение частиц препарата на семена

Заряженные отрицательным знаком заряда семени в процессе движения вниз по камере осаждения взаимодействуют с аэрозольными частицами препарата, имеющими электрические заряды положительного знака (рис.5.5). В результате электростатического взаимодействия зарядов частицы препарата, приобретая определенную скорость, двигаются в направлении семени. После преодоления предельного расстояния происходит их осаждение на поверхности семени. При этом, количество осаждаемого препарата определяется константой коагуляции и коэффициентом осаждения.

5.3.1. Скорость движения частиц препарата

В процессе электронанесения частицы препарата, подаются в камеру протравливания в виде аэрозоля снизу вверх со скоростью v_0 воздушным потоком распылителя. Семена двигаются вниз со скоростью v_1 . Под действием электростатического взаимодействия частицы препарата начинают двигаться в направлении противоположно заряженного семени со скоростью v_2 (рис.5.5).

Рассмотрим процесс взаимодействия частиц при следующих допущениях:

1. Траектория движения семени (эллипсоида) под действием электростатических сил взаимодействия с частицами аэрозоля не меняется.

2. Частицы распыленной суспензии препарата имеют сферическую форму.

3. Индукционные силы зеркального отображения заряда частицы препарата на поверхности эллипсоида не учитываются.

4. Взаимодействие частиц происходит в несжимаемой среде.

Уравнение движения малой частицы в трехмерной системе координат относительно эллипсоида описывается следующей системой дифференциальных уравнений [178]:

$$\left. \begin{aligned} m_2 \frac{d^2 x}{dt^2} + 6\pi\eta r_2 \frac{dx}{dt} &= \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a K^2 \sqrt{x^2 + (y^2 + z^2)/K^4}}, \\ m_2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 6\pi\eta r_2 \frac{dy}{dt} &= \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a K^2 \sqrt{x^2 + (y^2 + z^2)/K^4}} - m_2 g, \\ m_2 \frac{d^2 z}{dt^2} + 6\pi\eta r_2 \frac{dz}{dt} &= \frac{qQ}{2\pi\epsilon_0 a K^2 \sqrt{x^2 + (y^2 + z^2)/K^4}}, \end{aligned} \right\} \quad (5.27)$$

где m_2 — масса частицы препарата, кг; r_2 — ее радиус, м; $\eta = 1,83 \cdot 10^{-5}$ — динамическая вязкость воздуха, Н·с/м²; a — большая ось эллипсоида, м; ϵ_0 — диэлектрическая постоянная, Ф/м; $K=b/a$ — коэффициент сферичности эллипсоида; b — малая ось эллипсоида, м.

Общее решение системы уравнений (5.27) невозможно из-за отсутствия способа разделения переменных, присутствующих во всех трех уравнениях и поэтому задачу приходится упрощать.

Считаем, что эллипсоид и взаимодействующая частица аэрозоля находятся на горизонтальной оси OX (рис.5.5). Движение частицы аэрозоля в направлении к семени по оси OX опишется уравнением:

$$m_2 (dv_2 / dt) = F_E - F_c, \quad (5.28)$$

где v_2 — скорость движения частицы препарата в направлении эллипсоида, м/с;

F_E — электростатическая сила, Н; F_c — сила сопротивления воздушной среды движению аэрозольной частицы, Н.

Электростатическая сила и сила сопротивления воздушной среды определяются выражениями [179]

$$F_E = qE, \quad (5.29)$$

$$F_c = 6\pi\eta r_2 v_2, \quad (5.30)$$

где E — напряженность электрического поля заряженного эллипсоида, определяемая по выражению (5.23), В/м; q — заряд аз-

розольной частицы, Кл; $\eta = 1,83 \cdot 10^{-5}$ – динамическая вязкость воздуха, Н·с/м²; r_2 – радиус частицы аэрозоля, м.

Проекция силы тяжести F_g и силы воздушного потока F_0 на ось OX равны нулю. Тогда с учетом (5.29) и (5.30) выражение (5.28) примет вид:

$$m_2 (dv_2 / dt) = qE_x - 6\pi\eta r_2 v_2. \quad (5.31)$$

Разделив (5.31) на m_2 и обозначив $\kappa = 6\pi\eta r_2 / m_2$, $\Theta = q / m_2$, получим следующее дифференциальное уравнение

$$(dv_2 / dt) + \kappa v_2 = \Theta E_x,$$

решив которое относительно v_2 , имеем [178]

$$v_2 = \frac{\Theta E_x}{\kappa} (1 - e^{-\kappa t}) = \frac{qE_x}{6\pi\eta r_2} (1 - e^{-\kappa t}). \quad (5.32)$$

Из выражения (5.32) следует, что скорость движения частицы аэрозоля в направлении эллипсоида обратно пропорциональна радиусу самой частицы и прямо пропорциональна напряженности поля заряженного эллипсоида и величине заряда аэрозольной частицы q . Если учесть, что напряженность поля заряженного эллипсоида на его вершинах имеет наибольшее значение, то частицы аэрозоля будут двигаться в этом направлении с большей скоростью, чем в направлении боковой поверхности.

5.3.2. Предельное расстояние осаждения частиц препарата

Из рис.5.5 видно, что частицы препарата осаждаются в том случае, если при перемещении семени вниз на расстояние y_0 за время $t = y_0 / (v_1 - v_2)$ она успеет преодолеть расстояние $x - x_0$ по горизонтали. Тогда условие коагулирования эллипсоида и частицы можно записать в виде

$$(x - x_0) / v_2 = y_0 / (v_1 - v_2), \quad (5.33)$$

$$\text{где } \dot{x}_0 = \frac{a}{2} \cos \alpha + \frac{b}{2} \sin \alpha \text{ и } y_0 = a \sin \alpha + b \cos \alpha.$$

С учетом выражения (5.32), после преобразований (5.33) получим следующее выражение предельного расстояния коагулирования частиц препарата с эллипсоидом [178]:

$$x_{np} = x_0 + \frac{qE_x y_0}{6\pi\eta r_2 (v_1 - v_2)} \{1 - \exp[-\kappa y_0 / (v_1 - v_2)]\}. \quad (5.34)$$

Из (5.34) следует, что предельное расстояние осаждения частиц препарата на поверхность семени увеличивается с ростом их зарядов и уменьшением радиуса частицы аэрозоля. Заметное влияние на x_{np} оказывает также скорость перемещения семени относительно частиц аэрозоля. С повышением этой скорости x_{np} уменьшается.

Определим x_{np} для трех случаев. В первом эллипсоид расположен большой осью поперек направления своего движения ($\alpha = 0$) и вдоль оси OX . Тогда $x_0 = a/2$ и $y_0 = b$ и на частицу аэрозоля действует напряженность электрического поля вершины эллипсоида, определяемая выражением (5.26). Для этого случая [178]:

$$x_{np,a} = a/2 + \lambda b \{1 - \exp[-\kappa b / (v_1 - v_2)]\} / K, \quad (5.35)$$

где $\lambda = qQ / 6\pi^2 \epsilon_0 \eta r_2 a^2 (v_1 - v_2)$ – безразмерная константа коагуляции частиц аэрозоля с семенем.

Во втором случае эллипсоид также расположен большой осью поперек направления своего движения ($\alpha = 0$), но перпендикулярно оси OX , т.е. $x_0 = b/2$ и $y_0 = b$. Тогда на частицу аэрозоля действует наименьшая напряженность электрического поля заряженного эллипсоида (точка N , рис.5.5), определяемая выражением (5.24) [178]:

$$x_{np,b} = b/2 + \lambda b \{1 - \exp[-\kappa b / (v_1 - v_2)]\}. \quad (5.36)$$

В третьем случае, когда эллипсоид расположен большой осью вдоль направления движения ($\alpha = \pi/2$) и перпендикулярно оси OX $x_0 = b/2$ и $y_0 = a$ предельное расстояние осаждения определяется выражением

$$x'_{np,b} = b/2 + \lambda a \{1 - \exp[-\kappa a / (v_1 - v_2)]\}, \quad (5.37)$$

Анализ выражений (5.35), (5.36) и (5.37) свидетельствует о том, что $x_{np,a} > x'_{np,b} > x_{np,b}$, т.е. x_{np} находится в пределах $x_{np,a} \geq x_{np} \geq x_{np,b}$ в зависимости от ориентации эллипсоида относительно направления своего движения.

В выражениях (5.35), (5.36) и (5.37) первые слагаемые – это параметры эллипсоида, а вторые определяются электростатической силой взаимодействия эллипсоида и частицы аэрозоля. Если второе слагаемое (5.35) разделить на это же слагаемое (5.36), получим относительную составляющую l , предельного расстояния x_{np} обусловленную действием электростатической силы:

$$I_s = 1/K. \quad (5.38)$$

Так как K всегда меньше единицы, из (5.38) следует, что электростатическая составляющая осаждения частиц аэрозоля в направлении большой оси эллипсоида в $1/K$ раз больше, чем в направлении малой.

5.3.3. Константа коагуляции и коэффициент осаждения частиц препарата на семена

Теория электроосаждения аэрозольных частиц изложена в трудах Н.А.Фукс, Л.М.Левина, А.М.Беркутова и др. [179-181]. Согласно этой теории основными показателями эффективности применения электроосаждения являются константа коагуляции λ и коэффициент осаждения K_0 мелких частиц на более крупной частице. Из изложенного в п.5.3.2 для случая взаимодействия семян и частиц аэрозоля препарата константа коагуляции определяется по выражению

$$\lambda = \frac{qQB_2}{\pi v_{\text{отн}} a^2}, \quad (5.39)$$

где $B_2 = 1/6\pi\epsilon_0 r_2$ — подвижность частиц препарата;

$v_{\text{отн}} = v_1 - v_0$ — относительная скорость движения частиц, м/с.

Из выражения (5.39) видно, что одним из важных условий повышения эффективности электроосаждения является высокая подвижность частиц препарата. Для этого распылитель суспензии следует разработать с возможностью образования высокодисперсного аэрозоля электризованных частиц препарата. Кроме того, величина константы коагуляций, при прочих равных условиях для взаимодействующих частиц, зависит от величины зарядов и относительной скорости их перемещения. С уменьшением этой скорости и увеличением величины зарядов эффективность электронанесения частиц препарата на семена повышается. Поэтому необходимо разработать зарядные устройства семян и частиц препарата исходя из сообщения им максимального количества заряда. С другой стороны с увеличением относительной скорости $v_{\text{отн}}$ уменьшается импульс действия притягивающих кулоновских сил, поскольку увеличивается длина инерционного пробега частиц препарата, что приводит к уменьшению константы коагуляции.

Важнейшим показателем электроосаждения является коэффициент осаждения, под которым понимается отношение [180]

$$K_0 = S_1 / S_{\text{м}}, \quad (5.40)$$

где S_1 — поперечное сечение тока, образованного крайними (предельными) траекториями центра частиц, оседающих на поверхности крупной частицы, м^2 ; $S_{\text{м}}$ — миделево сечение крупной частицы (семени).

Исходя из выражений (5.35), (5.36) и (5.37) определим коэффициенты осаждения частиц препарата для следующих случаев движения семени.

В первом случае семя движется вниз поперек своей длинной оси ($\alpha=0$ на рис.5.5). Зоной взаимодействия семени с частицами препарата является площадь эллипса с большой осью $a_1 = 2x_{\text{пр.а}}$ и малой — $b_1 = 2x_{\text{пр.б}}$. Пренебрегая экспоненциальной составляющей, ввиду малости получим

$$a_1 = a + 2\lambda b / K \quad \text{и} \quad b_1 = b + 2\lambda b.$$

Учитывая, что $b/K = a$, после несложных преобразований получим

$$K'_0 = 1 + \frac{2qQB}{\pi a^2 v_{\text{отн}}}. \quad (5.41)$$

Во втором случае семя движется вниз вдоль длинной оси. Зоной взаимодействия семени с окружающими частицами является круг с радиусом, определяемым выражением (5.37). Для рассматриваемого случая получим

$$K''_0 = 1 + \frac{2qQB}{\pi a^2 v_{\text{отн}} K}. \quad (5.42)$$

Из сопоставления (5.41) и (5.42) видно, что $K''_0 > K'_0$, т.е. на семени, движущегося вниз вдоль большой оси за единицу времени под действием электростатических сил осажается большее количество частиц препарата, чем на семя, движущееся поперек этой оси. Это свидетельствует о возможности интенсификации процесса электронанесения частиц препарата путем ориентированной подачи семян в камеру осаждения электропротравливания.

Расчеты изменения K'_0 и K''_0 при среднем заряде $2,57 \cdot 10^{-13}$ Кл, диаметре $96,1 \cdot 10^{-6}$ м частиц аэрозоля, величине заряда хлопковых семян (по табл.5.2) $(9,5-19,0) \cdot 10^{-9}$ Кл и скорости их относительного движения 2,5-3,5 м/с показывают, что коэффициент осаждения семян находится в пределах 3-12. Это согласуется с данными [179], где показана возможность увеличения коэффициента осаждения до 100 раз.

На рис.5.6 показана связь l , и K и экспериментальные точки относительной концентрации ρ , осаждаемого препарата. При этом ρ , находили как соотношение концентраций препарата на вершине и боковой поверхности семени по следующей методике.

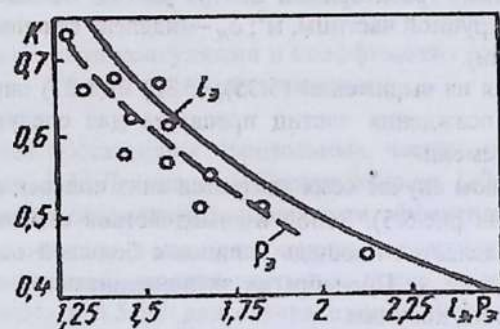


Рисунок 5.6. Связь l , и ρ , с K

Предварительно из исходного материала отобраны по 5 шт. семян с различным коэффициентом сферичности K от 0,43 до 0,72 одинакового размера и помечались хлопчатобумажными нитками различного цвета. После нанесения на их поверхности суспензии фентиурама в экспериментальном лабораторном стенде электростатическим способом семена разрезались по длине на 4 равные части. Затем халазальные, микропильные части, а также боковые части с микропильной и халазальной сторон всех 5 семян закладывались в отдельные пробирки и специальным раствором колориметрировались на ФЭК-М [182]. ρ , определялась как отношение средней оптической плотности растворов халазы и микропиле к средней оптической плотности боковых частей семени.

Закономерность изменения ρ , от K аналогична закономерности l , $l = f(K)$. Некоторое отличие между значениями l , и ρ , объясняется тем, что реальное хлопковое семя имеет форму, отличающуюся от вытянутого эллипсоида. Кроме того, его халазальная часть тупее микропильной части, что вносит дополнительную ошибку.

Для изучения характера распределения осаждаемого препарата на поверхности изучено изменение оптической плотности смывов фентиурама с различных частей 10 шт. семян, имеющих коэффициент сферичности $K=0,65$ (табл.5.5).

Таблица 4.5.

Изменение оптической плотности растворов фентиурама от различных частей поверхности семян хлопчатника (Ташкент-1)

Части поверхности семени	Оптическая плотность ρ	Соотношение оптических плотностей ρ_1/ρ_2
Микропиле	0,715	1,674
Боковая часть-1	0,439	1,028
Боковая часть-2	0,427	1,000
Халаза	0,650	1,522

В качестве базовой принята боковая часть-2 со стороны халазы с наименьшей концентрацией осажженного препарата. Кратность изменения ρ/ρ_2 на микропиле и халазе семени находится в пределах 1,52-1,67, что несколько больше значения E^* (см.рис.5.4). Это можно объяснить тем, что на конечностях семени остается больше подпушка, имеющего дополнительные микронеровности, приводящие к увеличению напряженности поля.

Изложенное показывает, что осаждение частиц химиката с помощью электростатических сил на различных частях поверхности семени происходит неравномерно. На его вершинах (халазе и микропиле) концентрация осажженного препарата больше, чем на боковой поверхности, что способствует рациональной защите семени и проростка хлопчатника от заболеваний, поскольку через халазу в ядро семени поступает основная часть влаги, а через микропиле пробивается в почву корешок будущего растения хлопчатника. Кроме того, именно на этих частях поверхности семени находится основная часть болезнетворных микроорганизмов [91].

5.4. Очистка зарядного устройства электропротравливателя от хлопковых волокон

Во время движения опушенных семян хлопчатника в межэлектродном пространстве в результате трения друг с другом и скольжения по поверхности потенциального электрода наблюдается выделение хлопковых волокон остаточной опушенности.

Часть этих волокон и других мелких примесей движутся к верхнему электроду и удаляются воздушным потоком, а часть во-

локон попадают в камеру осаждения под действием электрического поля плоских-параллельных электродов и инерционных сил. В камере осаждения они либо обволакиваются частицами препарата, либо осаждаются на конструктивных элементах, создавая сплошной волокнистый слой на внутренней поверхности камеры. В том и другом случае происходит ухудшение процесса взаимодействия семян с частицами препарата.

Для исключения этих недостатков была использована пондеромоторная сила неоднородного электростатического поля, расходящихся электродов, действующая в направлении усиления напряженности, т.е. в противоположном направлении движению потока семян (рис.5.7).

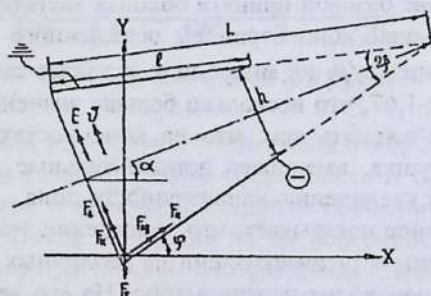


Рисунок 5.7. Силы, действующие на хлопковое волокно в электрическом поле расходящихся электродов-лоскостей

Исходя из изложенного, рассмотрим электрические и другие силы, совместное действие которых определяет траекторию движения хлопковых волокон в неоднородном электрическом поле.

Напряженность электрического поля системы расходящихся электродов имеет градиент в направлении оси ОХ и она описывается уравнением [185]

$$E = E_0 + kx = \zeta U(1 + 2\xi x \sin \beta), \quad (5.43)$$

где $E_0 = U/(h + 2l \sin \beta) = \zeta U$ — напряженность поля в точке $x=0$, В/м; $k = 2U \sin \beta / [h(h + 2l \sin \beta)^2] = 2\zeta \xi U \sin \beta$ — коэффициент пропорциональности; $\zeta = (h + 2l \sin \beta)^{-1}$ и $\xi = h^{-1}$.

Как следует из выражения (5.43), напряженность возрастает линейно в направлении сужения электродов, т.е. электрическое поле становится неоднородным. Появляется пондеромоторная сила

F_n , обусловленная силовым действием неоднородного электростатического поля на связанные поляризованные заряды.

Пондеромоторная сила, действующая на вытянутые частицы в неоднородном поле [183,184]:

$$F_n = \frac{\epsilon_0}{2} (\epsilon - 1) V \text{grad} E^2, \quad (5.44)$$

где ϵ — диэлектрическая проницаемость частиц; $V = (\pi a b^2)/4$ — объем вытянутой частицы, м³; b, a — малая и большая оси вытянутой частицы (волокна), м.

Пондеромоторная сила направлена в сторону увеличения напряженности электрического поля и ее направление не изменится с изменением направления напряженности вследствие переориентации связанных зарядов вещества. Она для случая расходящихся электродов определяется по выражению [185]

$$F_n = \zeta^2 \xi C U^2 \sin \beta (1 + 2\xi x \sin \beta), \quad (5.45)$$

и её величина меньше на два порядка показателей силы тяжести волокон.

Вследствие электростатической индукции частица, обладающая свободными ионами, попадая в электрическое поле заряжается таким образом, что на его противоположных вершинах накапливаются заряды разного знака. Такая биполярно заряженная частица может быть представлена диполем с зарядами $\pm q_b$ и плечом $l_d = 2a/3$, который испытывает действие внешнего поля силой, определяемой по выражению [172]

$$F_{\text{дл}} = \frac{4}{3} b l_d \zeta^2 U \sin \beta (1 + 2\xi x \sin \beta). \quad (5.46)$$

Величина этой силы соизмерима с силой тяжести, а при определенных условиях и превосходит ее, вследствие чего она может существенно влиять на траекторию движения волокон в неоднородном электростатическом поле.

При соприкосновении с потенциальным электродом вытянутая частица приобретает избыточный заряд $q_{\text{изб}}$. На избыточный заряд волокна электрическое поле действует Кулоновой силой [185]:

$$F_k = q_{\text{изб}} E = \zeta q_{\text{изб}} U (1 + 2\xi x \sin \beta). \quad (5.47)$$

Она по своей величине превосходит силу тяжести хлопкового волокна на два порядка показателя.

В целях улучшения очистки поверхности семян от примесей и их дальнейшей транспортировки к месту утилизации через систему электродов зарядного устройства протягивается воздушный поток, который действует на волокно силой [183]:

$$F_v = 8\pi\kappa_a\eta l_a v_a, \quad (5.48)$$

где κ_a — динамический коэффициент формы, равный при диаметре волокна $2 \cdot 10^{-5}$ м и его движении вдоль длиной оси 0,02 [183]; $\eta = 1,83 \cdot 10^{-5}$ Н·с/м² — динамическая вязкость воздуха; l_a — длина волокна; v_a — скорость воздушного потока, м/с.

Из рис.5.7 следует, что движение вытянутой частицы под действием силы воздушного потока, начинается при равенстве этой силы с силой ее тяжести

$$F_v \cos \alpha = m_2 g. \quad (5.49)$$

Решая равенство (5.49) относительно v_a находим, что для транспортировки частиц хлопкового волокна необходимо иметь воздушный поток скоростью свыше 0,2 м/с.

Под действием описанных сил вытянутые частицы приводятся в движение, которое по осям координат описывается следующей системой дифференциальных уравнений [186]

$$\left. \begin{aligned} m_2 \frac{d^2 y}{dt^2} &= (F_v + F_a) \cos \alpha + (F_{za} + F_n) \sin(\alpha + \beta) - m_2 g, \\ m_2 \frac{d^2 x}{dt^2} &= (F_v + F_a) \sin \alpha + (F_{za} + F_n) \cos(\alpha + \beta). \end{aligned} \right\} \quad (5.50)$$

Подставляя в систему уравнений (5.50) соответствующие выражения сил, получим ее в развернутом виде:

$$m_2 \frac{d^2 y}{dt^2} = 2\xi\theta_y x \sin \beta + \theta_y + \omega v_a b \cos \alpha - m_2 g, \quad (5.51a)$$

$$m_2 \frac{d^2 x}{dt^2} = 2\xi\theta_x x \sin \beta + \theta_x + \omega v_a b \sin \alpha, \quad (5.516)$$

$$\text{где } \theta_y = \xi U \left[q_{инб} \cos \alpha + \zeta b \left(\frac{4}{3} q_6 + \xi C U \right) \sin \beta \sin(\alpha + \beta) \right];$$

$$\theta_x = \xi U \left[-q_{инб} \sin \alpha + \zeta b \left(\frac{4}{3} q_6 + \xi C U \right) \sin \beta \cos(\alpha + \beta) \right];$$

$$\omega = 8\pi\kappa_a\eta.$$

Совместным решением уравнений (5.51a) и (5.516) при $t=0$, $x=0$, $y=0$ получено общее уравнение движения хлопкового волокна в межэлектродном пространстве [186]:

$$y = - \frac{\text{Arch}^2 \left(\frac{2\xi\theta_x \sin \beta}{\theta_x - \omega v_a b \sin \alpha} x + 1 \right)}{4\xi\theta_x \sin \beta} (2\xi\theta_y \sin \beta + \theta_y + \omega v_a b \cos \alpha - m_2 g). \quad (5.52)$$

На рис.5.8 представлены результаты расчета траектории движения волокон в межэлектродном пространстве расходящихся плоскостей

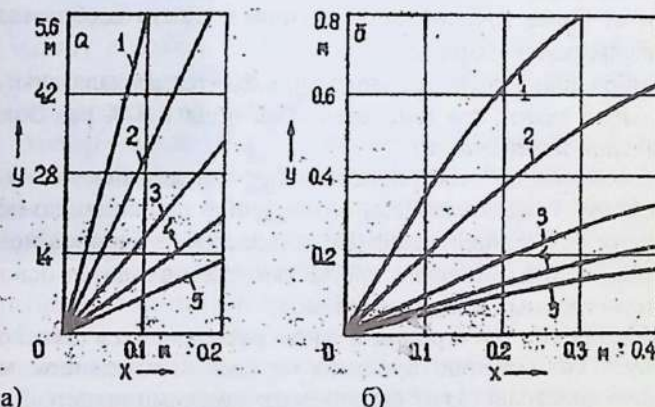


Рисунок 5.12. Траектории движения хлопковых волокон в межэлектродном пространстве при наличии (а) и отсутствии (б) избыточного заряда на них ($E_0 = 2$ кВ/см, $\alpha = 50^\circ$) при их длине: 1 — 2,5; 2 — 5,0; 3 — 10,0; 4 — 30,0; 5 — 40,0 мм

по формуле (5.52). Волокна с избыточным зарядом $q_{инб}$ устремляются к верхнему электроду с незначительным перемещением в горизонтальном направлении, чем аналогичные волокна при отсутствии $q_{инб}$, которое может быть объяснено преобладающим значением Кулоновой силы. Волокна с большей длиной отклоняются на большее расстояние, вследствие увеличения электродипольной силы, пропорциональной длине волокна. Анализ, представленных графиков, показывает также, что электростатическое поле расходящихся электродов способствует перемещению как заряженных, так и не заряженных вытянутых частиц в направлении возрастания напря-

женности поля, препятствуя их попаданию в камеру обработки семян. С увеличением величины приложенного к электродам напряжения перемещение частиц в направлении градиента напряженности электрического поля также увеличивается.

На основании изложенного можно заключить о нижеследующем:

- величина максимального контактного заряда семени пропорциональна площади поверхности семени, что позволит уменьшить неравномерность нанесения препарат в электрическом поле;

- существенную роль в протекании переходного процесса электризации играет поверхностная проводимость, учет которой способствует более точному определению времени сообщения семенам максимального заряда;

- наибольшая плотность заряда приходится на халазальную и микропиллярную части, где напряженность поля в 1/К раз больше, чем на боковой поверхности;

- использование электростатических сил для нанесения частиц способствует рациональному размещению препарата по поверхности семени: его концентрация увеличивается от боковой поверхности к микропиле и халазальной частям, где находится основная часть болезнетворных микроорганизмов;

- применение электродов в виде расходящихся плоскостей способствует совмещению процесса зарядки с очищением межэлектродного пространства от выделяемых семенами примесей.

ГЛАВА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТИМУЛЯЦИИ БИОАКТИВНОСТИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЕМЯН В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Многолетние опыты с семенами различных культур показали, что электрическое поле, используемое для сортирования и протравливания, одновременно оказывает также стимулирующее действие. Обширные научно-исследовательские работы свидетельствуют о повышении посевных свойств семян сельскохозяйственных культур, включая хлопчатник, после их обработки в электрическом поле: они дают более дружные и ранние всходы, а их растения дают более высокий урожай лучшего качества. Это указывает на наличие, наряду с механическим, биологического действия электрического поля, приводящего к изменению агробиологических показателей получаемых растений.

Электрическое поле одновременно с зарядкой оказывает отрывающее действие на частицы примеси и микроорганизмы, находящиеся на семени, приводящее к очищению поверхности последнего. На микроорганизмы одновременно оказывается биологическое действие электрического поля, вызывающее изменение их вирулентности и жизнедеятельности.

В связи с изложенным рассмотрим некоторые вопросы стимулирования биоактивности семян и возможности обеззараживания их от болезнетворных микроорганизмов в электрическом поле.

6.1. Электрофизическая модель хлопкового семени

Исследования по сортированию и нанесению защитных препаратов связаны с рассмотрением внешних электростатических задач для семян. Иначе обстоит вопрос с рассмотрением стимуляции биологической активности, поскольку в этом случае возникает необходимость исследования электрофизических процессов, протекающих во внутренней части (ядре) семени, где находится зародыш будущего растения.

Как отмечалось во второй главе, с физической точки зрения хлопковое семя состоит из трех основных слоев, облегающих друг друга. Причем каждый из этих слоев представляет собой анизотропный диэлектрик, имеющий неоднородности в виде различных диэлектрических включений. Так, если слой подпушка имеет слож-

ную воздушно-волоконистую дисперсную пористую структуру, то ядро включает в себя зародыш и эндосперму, первый из которых имеет четырехслойную структуру (см. рис. 3.1). В семядолях имеются дисперсно расположенные масляные вкрапления, составляющие до 43% массы ядра.

Полный учет указанных неоднородностей при рассмотрении электрофизических процессов невозможно и поэтому реальное хлопковое семя заменим его электрофизической моделью в виде трехслойного вытянутого эллипсоида вращения [93]. Границами раздела изотропных слоев с относительными диэлектрическими проницаемостями $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ являются конфокальные эллипсы с большими осями a_1, a_2, a_3 и малыми осями b_1, b_2, b_3 .

Изучение электрического поля трехслойного диэлектрического вытянутого эллипсоида производился на специально разработанной электролитической модели (рис. 5.1) [187]. Дно и стенки ванны, имеющей размеры 80x70x10 см изготовлены из непроводящего материала (органическое стекло). На дне ванны, плотно к основному, устанавливается лист из оргстекла с размерами 80x70 см и вырезанным диском, имеющим возможность вращаться вокруг своего центра. На поверхность этого диска приклеиваются перегородки в виде конфокальных эллипсов, которые имитируют границы раздела отдельных компонентов хлопкового семени с различными электрофизическими свойствами.

Эллиптические перегородки выполнены геометрически подобными среднестатистическим размерам (табл. 6.1) компонентов опущенных семян хлопчатника с 50-кратным увеличением, согласно п. 3.2.

Таблица 6.1.

Среднестатистические размеры слоев опущенных семян хлопчатника

Наименование слоев	Большая ось a , мм	Малая ось b , мм	$K = b/a$	Козф. осевой деполаризации	
				Φ_a	Φ_b
Подпушок	11,15	5,84	0,52	0,173	0,410
Кожура	8,56	4,69	0,55	0,191	0,404
Ядро	7,79	3,74	0,48	0,165	0,417

Поскольку по обе стороны перегородки должны быть области с электролитами различной проводимости, то необходимо их изо-

лировать друг от друга таким образом, чтобы перегородка проводила ток в сквозном направлении и не проводила ток в продольном направлении для удовлетворения граничным условиям. Исходя из этого перегородка выполнена (рис. 6.1) из гетинаксовой ленты толщиной 0,5 мм путем намотки медной проволоки диаметром 0,23 мм с промежутками между витками 1 мм. Полученная катушка покрывалась эпоксидным клеем. После высыхания клея провода очищались от изоляционного слоя и верхние торцевые части витков разрезались, чтобы отсутствовала проводимость вдоль перегородки.

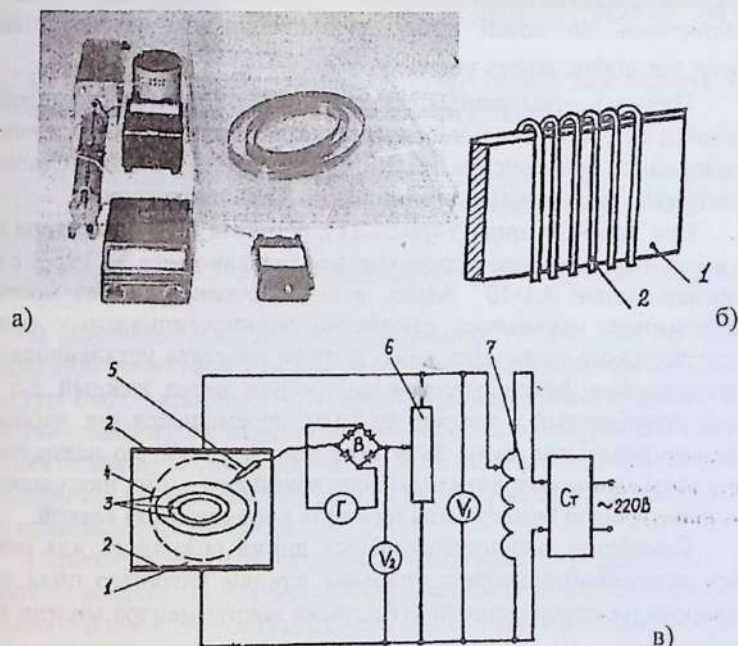


Рис. 6.1. Общий вид станда (а), элемент разделительной перегородки (1 – гетинаксовая лента; 2 – медная проволока) (б) и схема электролитической трехслойной модели хлопкового семени: 1 – электролитическая ванна; 2 – потенциальные электроды; 3 – конфокальные эллипсы; 4 – линия поворота эллипсов; 5 – измерительный зонд; 6 – реостат; 7 – латр; V_1, V_2 – вольтметры; Г – гальванометр; В – выпрямитель; Ст – стабилизатор напряжения.

При моделировании хлопкового семени различные области модели, соответствующие отдельным компонентам и воздушному промежутку между электродами наполнялись электролитом толщиной 20 мм. При этом область, соответствующая воздушному промежутку между электродом и эллипсоидом заливали дистиллированной водой, а остальные области – с растворами поваренной соли в дистиллированной воде. Концентрации растворов выбирались в соответствии с специальным тарифовочным графиком так, чтобы областям с различными диэлектрическими проницаемостями (ϵ) в электростатическом поле соответствовали подобные области с различными по своей удельной проводимости электролитами в ванне, т.е. соблюдалось условие $\epsilon_0 \cdot \epsilon_1 \cdot \epsilon_2 \cdot \epsilon_3 = \gamma_0 \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3$.

Питание установки осуществлялось от сети промышленной частоты, со стабилизацией напряжения. В целях повышения точности измерения и исключения явления электролиза к потенциальным электродам подавалось пониженное до 35 В напряжение.

При помощи зонда 5 (рис.5.1в), реостата 6 и индикатора нуля Г, в качестве которого использовался гальванометр М 195/2 с чувствительностью $4,1 \cdot 10^{-9}$ А/дел, и подключенного через мостовой выпрямитель, снималось семейство эквипотенциальных кривых электрического поля. Для этого движок реостата устанавливался в определенном фиксированном положении через каждый 3,5 В и зонд, углубленный в раствор на 1 мм, перемещался так, чтобы индикатор показывал нуль. Зная координаты точки, по находящейся под дном ванны координатно-масштабной сетке, они наносились на миллиметровую бумагу с аналогичной координатной сеткой.

Семейство эквипотенциальных линий снимались для различных положений модели к силовым линиям внешнего поля путем поворота на определенный угол диска вокруг центра модели семени.

Для изучения характера изменения электрического поля в зависимости от влажности семян различные области модели сперва заполнялись раствором, удельные проводимости которых находятся в одинаковых соотношениях с диэлектрическими проницаемостями компонентов для одной равновесной влажности семян. При этом величины диэлектрических проницаемостей принимались согласно табл.6.2, соответствующие влажности слоев в зависимости от равновесной влажности опущенного семени, определенные по рис.3.4.

После окончания снятия картины поля для одной влажности, растворы слоев модели менялись на другие с удельными проводи-

Таблица 6.2

Слой модели	Относительная диэлектрическая проницаемость ϵ при влажности $W, \%$					
	6	10	14	18	20	24
Подпушек	3,9	6,2	9,7	15,0	17,9	–
Кожура	7,4	11,2	20,0	32,6	40,0	57,7
Ядро	1,1	5,0	11,4	20,0	24,4	34,3

мостями, соотношения которых соответствуют диэлектрическим проницаемостям компонентов для другой влажности семян.

6.2. Физические процессы, происходящие в семенах при стимуляции в электростатическом поле

6.2.1. Напряженность поля во внутренней области семени

В ходе многочисленных исследований [90,153,154] по стимулированию биоактивности семян различных сельскохозяйственных культур было выявлено, что эффективность биологического воздействия зависит от параметров электрической обработки (напряженность поля, экспозиция) и свойств объекта (диэлектрическая проницаемость, влажность и др.), а также агроэкологических условий возделывания растений.

Первоначальным и основным фактором, определяющим результаты воздействия является напряженность приложенного электрического поля. Это связано с тем, что все эффекты на молекулярно-клеточном уровне являются результатом взаимодействия напряженности в внутренней области с зарядами тех или иных химико-биологических соединений, определяющих жизнедеятельность биологического объекта.

Исходя из изложенного, рассмотрим изменение напряженности результирующего электрического поля во внутренней области (ядре) хлопкового семени, где находится зародыш будущего растения и семядоли с запасом питательных веществ, определяющих качество протекания биохимических процессов прорастания. Пред-

ставляет также определенный интерес изучение влияния на величину этой напряженности влажности и опушенности самого хлопкового семени, поскольку в ранее проведенных исследованиях [124] была выявлена зависимость эффекта электрообработки от указанных параметров семян.

Предположим, что описанный в п.6.1 трехслойный эллипсоид помещен в электростатическое поле напряженностью $\vec{E}_0$ в среду с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ_c . Направление $\vec{E}_0$ в пространстве произвольно и составляет угол ψ относительно малой оси эллипсоида. Координатные оси OX и OY направлены вдоль осей a и b (рис.6.2), а эллипсоид расположен в электростатическом поле так, что плоскость YOX была параллельна силовым линиям поля. Составляющие напряженности поля внутри первого слоя эллипсоида вдоль координатных осей [176]:

$$\vec{E}_{x1} = \vec{E}_{0x} \left(1 + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \Phi_{a1} \right), \quad \vec{E}_{y1} = \vec{E}_{0y} \left(1 + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \Phi_{b1} \right), \quad \vec{E}_{z1} = 0 \quad (6.1)$$

где Φ_{a1}, Φ_{b1} — коэффициенты осевой деполяризации первого эллипсоида вдоль большой и малой осей определяемые выражениями [153].

$$\Phi_{a1} = \frac{K^2}{\sqrt{(1-K^2)^3}} \left(\operatorname{arth} \sqrt{1-K^2} - \sqrt{1-K^2} \right) \quad (6.2)$$

$$\text{и } \Phi_{b1} = \frac{K^2}{2(1-K^2)} \left(\frac{1}{K^2} - \frac{\operatorname{arth} \sqrt{1-K^2}}{\sqrt{1-K^2}} \right)$$

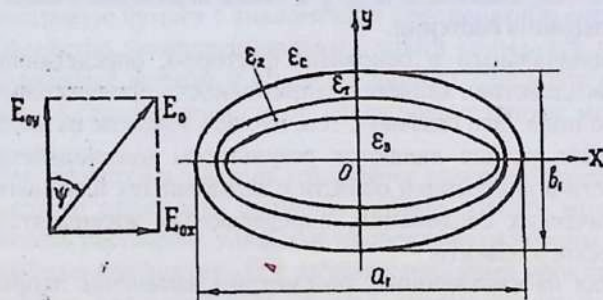


Рис. 6.2. Трехслойный диэлектрический эллипсоид в электростатическом поле

$$\text{Из рис.6.2 следует, что } \vec{E}_{0x} = \vec{E}_0 \sin \psi \text{ и } \vec{E}_{0y} = \vec{E}_0 \cos \psi. \quad (6.3)$$

С учетом (6.1), (6.2) и (6.3) получим значение результирующей напряженности электростатического поля внутри первого слоя

$$\vec{E}_1 = E_0 \left[\frac{\sin \psi}{1 + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \Phi_{a1}} \vec{e}_x + \frac{\cos \psi}{1 + \frac{\epsilon_1 - \epsilon_c}{\epsilon_c} \Phi_{b1}} \vec{e}_y \right], \quad (6.4)$$

где $\vec{e}_x, \vec{e}_y$ — единичные векторы, направленные вдоль осей OX и OY .

Вводя коэффициенты диэлектричности слоев

$$\lambda_1 = \epsilon_1 / \epsilon_c, \quad \lambda_2 = \epsilon_2 / \epsilon_1 \text{ и } \lambda_3 = \epsilon_3 / \epsilon_2, \quad (6.5)$$

из (6.4) получим [188]

$$\vec{E}_1 = E_0 \left[\frac{\sin \psi}{1 + (\lambda_1 - 1) \Phi_{a1}} \vec{e}_x + \frac{\cos \psi}{1 + (\lambda_1 - 1) \Phi_{b1}} \vec{e}_y \right]. \quad (6.6)$$

В теоретической электростатике доказано [156,176], что, если приложенное внешнее поле однородно, то результирующее поле внутри эллипсоида так же однородно. Тогда, принимая поле внутри первого диэлектрического слоя как однородное внешнее электростатическое поле для второго слоя, а поле внутри второго слоя однородным внешним для третьего слоя, получено выражение для напряженности электрического поля в третьем (внутреннем) слое [188]:

$$\vec{E}_3 = E_0 (L_a \sin \psi \vec{e}_x + L_b \cos \psi \vec{e}_y), \quad (6.7)$$

$$\text{где } L_{a3} = \{ [1 + (\lambda_1 - 1) \Phi_{a1}] \cdot [1 + (\lambda_2 - 1) \Phi_{a2}] \cdot [1 + (\lambda_3 - 1) \Phi_{a3}] \}^{-1}, \quad (6.8)$$

$$L_{b3} = \{ [1 + (\lambda_1 - 1) \Phi_{b1}] \cdot [1 + (\lambda_2 - 1) \Phi_{b2}] \cdot [1 + (\lambda_3 - 1) \Phi_{b3}] \}^{-1}.$$

Как видно из выражения (6.7), величина напряженности электрического поля во внутренней области трехслойного эллипсоида при постоянной E_0 характеризуется диэлектрическими проницаемостями слоев и его ориентацией относительно внешнего поля. При совпадении направления E_0 с большой или малой осью эллипсоида E_3 определяется соответственно L_{a3} или L_{b3} .

Из выражения (6.8) видно, что при $\lambda < 1$ напряженность поля в слое больше, чем напряженность поля предшествующего слоя (при $\lambda > 1$ соответственно меньше). Отсюда следует, что напряженность электростатического поля во внутреннем слое трехслойного эллипсоида при прочих равных условиях зависит от диэлектрической проницаемости этих слоев.

Полученная формула (6.7) для трехслойного эллипсоида применима также и для однородного эллипсоида. Предположим, что $\lambda_2 = \lambda_3 = 1$, тогда

$$L_{a1} = [1 + (\lambda_1 - 1)\phi_{a1}]^{-1}, \quad L_{b1} = [1 + (\lambda_1 - 1)\phi_{b1}]^{-1},$$

и выражение (6.7) принимает вид (6.4), соответствующее напряженности поля внутри однослойного эллипсоида.

Разделяя (6.7) на E_0 , переходим к безразмерному выражению напряженности, удобному для пользования при экспериментальном исследовании характера изменения E_3 :

$$\bar{C}_E = E_3 / E_0 = L_{a3} \sin \psi \bar{e}_x + L_{b3} \cos \psi \bar{e}_y. \quad (6.9)$$

Для примера возьмем эллипсоид, параметрами которого являются среднестатистические размеры опушенных семян хлопчатника, представленные в таблице 6.1. Результаты расчетов по (6.9) показывают, что максимальная напряженность поля внутри семени достигается при его полной ориентации длинной осью ($\psi = 90^\circ$) вдоль силовых линий электрического поля (рис. 6.3), а минимальная

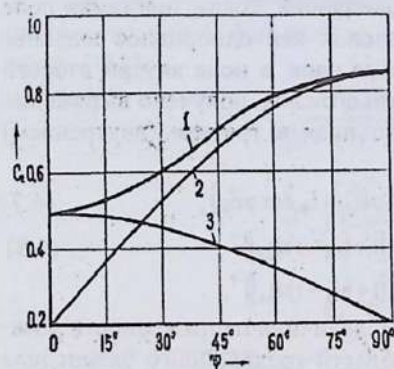


Рис. 6.3. Зависимость C_E от ориентации хлопкового семени к внешнему полю: 1 — результирующая; 2 — составляющая вдоль большой оси; 3 — составляющая вдоль малой оси.

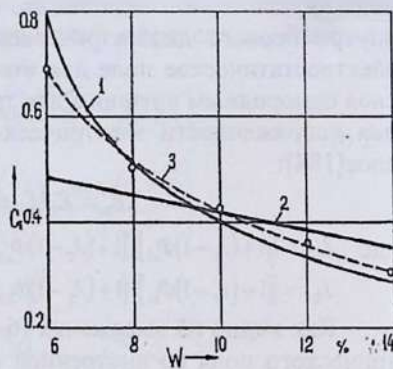


Рис. 6.5. Зависимость C_E от влажности хлопкового семени ($\psi = 90^\circ$): 1 — теоретическая по формуле (6.10); 2 — теоретическая по формуле (6.4); 3 — экспериментальная.

— при расположении семени длинной осью поперек силовым линиям внешнего электрического поля. С изменением ψ от 0 до 90° напряженность во внутренней области (ядре) семени возрастает почти в 2 раза. Это означает, что семена, ориентированные под различными углами относительно полеобразующих электродов испытывают воздействие электростатического поля разной напряженности. Причем семена, расположенные длиной поперек электростатическим линиям могут получить меньшую дозу, а расположенные длиной вдоль силовых линий — большую дозу, чем оптимальную. В этом случае первые семена окажутся недостимулированными, а вторые получать угнетающую дозу воздействия, что приведет к снижению эффективности электростимуляции. Поэтому с целью создания оптимального условия электрообработки и повышения ее эффективности семена необходимо размещать в межэлектродном пространстве под одинаковым углом по отношению к полеобразующим электродам.

Определенное влияние на величину напряженности оказывает так же остаточная опушенность семян (рис. 6.4а). Так, при $\theta = 15\%$ и $\psi = 90^\circ$ C_E уменьшается на 0,2 единицы, чем при отсутствии слоя подпушка, т.е. напряженность поля у опушенного семени меньше, чем у оголенного. С ростом опушенности уменьшается также раз-

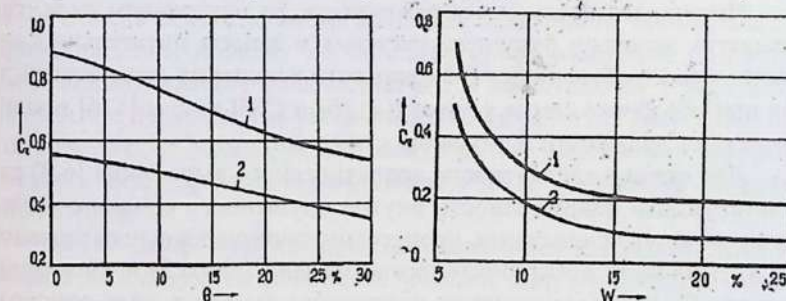


Рис. 6.4. Изменение C_E от опушенности (а) и влажности (б) семян: 1 — $\psi = 90^\circ$; 2 — $\psi = 0^\circ$

личие между составляющими поля, направленными вдоль большой и малой осями эллипсоида. Последнее может быть объяснено ростом опушенности семян с увеличением их коэффициента сферичности K и коэффициента заполнения K_v , описываемых выражениями (3.1) и (3.2). Увеличение первого из них приведет к уменьшению

напряженности поля внутри семени вследствие повышения значений коэффициентов осевых деполяризаций по осям Φ_a и Φ_b эллипсоида. Повышение же K_v способствует увеличению диэлектрической проницаемости подпушечного слоя, что также снижает величину результирующего поля [189]. Таким образом, с увеличением опущенности напряженность электрического поля во внутреннем слое (ядре) хлопкового семени уменьшается.

Более существенное влияние на величину напряженности в ядре оказывает влажность семени. Расчеты по данным таблицы 6.2 (рис.6.46) свидетельствует о снижении результирующей напряженности внешнего электростатического поля в 3,0-3,5 раза с повышением влажности с 6,0 до 15,0% как при расположении семян длинной, так и малой осью вдоль силовых линий. Дальнейший рост влажности почти не вызывает изменения поля во внутреннем слое семени. Это связано с повышенной способностью кожуры адсорбировать влагу из окружающей среды, чем подпушек и ядро. Поэтому с ростом влажности семени в указанных пределах диэлектрическая проницаемость кожуры растет опережающими темпами, по сравнению с диэлектрической проницаемостью подпушка и ядра, что приводит к значительному снижению напряженности поля во внутреннем слое.

Именно изменением напряженности во внутреннем слое, где находятся зародыш будущего растения и запасы питательных веществ, можно объяснить необходимость изменения дозы воздействия при обработке семян γ -лучами [115] и СВЧ-полем [126] в зависимости от влажности и опущенности семян.

Для оценки адекватности аналитического выражения (6.9) результирующей напряженности внутри опущенного семени с реальными электрофизическими процессами произведено исследование его трехслойной электролитической модели (рис.6.5) и проведены расчеты C_E при рассмотрении хлопкового семени в виде однородного диэлектрического эллипсоида по общеизвестному выражению (6.4). В последнем случае ϵ семени принимались по результатам измерений по рис.3.9 (кривая 4).

Сопоставление расчетных изменений C_E по предлагаемой формуле (6.9) и общеизвестной (6.4) с экспериментальными значениями, полученными на электролитической модели, свидетельствует о более точном описании электрофизических процессов формулой (6.9). При этом напряженность поля во внутренней области се-

мян, где находятся зародыши будущих растений, снижается в 2,5 раза при увеличении влажности хлопковых семян от 6 до 12%.

Отличие между теоретическими и экспериментальными значениями C_E составляет 12,5-15,0% и оно объясняется тем, что при выводе выражения для C_E было принято допущение об однородности электрического поля внутри эллипсоида. Однако, в действительности после внесения в него другого эллипсоидального тела первоначальное поле становится неоднородным в пределах этого слоя. И это возмущение тем больше, чем больше соотношение их диэлектрических проницаемостей.

6.2.2. Энергия, поглощаемая семенем в электрическом поле

По современным представлениям активированным является вещество, в котором запас внутренней потенциальной энергии не соответствует его термодинамическому равновесному состоянию. Это может возникать в результате воздействия на него внешнего фактора, являющегося источником определенного вида энергии. Считается [190], что чем больше удастся сдвинуть величину потенциальной энергии от равновесного состояния, тем выше интенсивность активации вещества.

Семена сельскохозяйственных культур являются веществами органического происхождения, поэтому их биологического состояния, под которым подразумевается количественное и качественное ускорение и улучшение прохождения различных этапов развития растений в онтогенезе, также можно активировать путем воздействия внешних энергетических факторов, изменяющих запас внутренней потенциальной энергии.

В настоящее время в качестве таких факторов воздействия на семена используются различные участки широкого спектра электромагнитных колебаний оказывающих на семена сельскохозяйственных культур, в том числе и хлопчатника (см.п.2.5), одинаковое стимулирующее воздействие. Однако, этот эффект стимуляции достигается при различной поглощенной семенами удельной энергии, зависящей к тому же от частоты электромагнитных колебаний, например, при обработке семян пшеницы биологически эффективная поглощаемая удельная энергия, под которой понимается её стимулирующая величина, изменяется в достаточно широких пределах в зависимости от вида воздействующего фактора (табл.6.3).

С ростом частоты энергия поглощения сперва растет, достигая максимума в области диапазона оптических частот (видимого белого света), и затем снижается. Это свидетельствует о разной энергетической чувствительности семян к различным видам воздействия, которую можно объяснить меньшим или большим к.п.д. её преобразования. В результате часть энергии внешнего воздействия переходит в качественно сходную форму с собственной энергией клеток семени, которая в последствии оказывает на него стимулирующее действие.

Такое изменение поглощенной энергии можно связать с когерентностью электромагнитных колебаний, воздействующего фактора с собственной частотой колебаний молекулярных структур семени [191]. При частотах менее 100 ГГц происходит вращательная релаксация прилегаемой энергии. Известно [192], что диполь-дипольное взаимодействие молекулярных и субклеточных структур имеет сильную угловую зависимость, уменьшающая скорости переноса энергии при возбуждении вращательной релаксации в семенах.

Таблица 6.3.

Зависимость эффективной поглощенной энергии семян пшеницы от фактора воздействия [193]

№ п/п	Фактор воздействия	Частота поля, Гц	Удельная энергия, Дж/м ³
1	Электрическое поле постоянного тока	0	$1 \cdot 10^2$
2	Электрическое поле промышленной частоты	$0,5 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^3$
3	Электрическое поле высокой частоты	$7,75 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^7$
4	Инфракрасные лучи	$2,2 \cdot 10^{14}$	$7 \cdot 10^8$
5	Импульсный концентрированный солнечный свет	$3,6 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^8$
6	Лазерные лучи	$4,8 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^5$
7	Ультрафиолетовые лучи	$1,1 \cdot 10^{15}$	$5 \cdot 10^5$

Кроме того, специфичность внутренней энергии биологических систем, обусловленная постоянной полярностью биоэлектрических потенциалов изнутри и снаружи мембран клеток, обуславливает её качественную сходность с внешней энергией электриче-

ского поля постоянного тока. Совокупность вышеизложенных особенностей трансформации энергии различных участков спектра электромагнитных колебаний, по видимому приводит к наибольшему к.п.д. поглощения энергии электрического поля постоянного тока живыми организмами, в частности семенами сельскохозяйств. Поэтому для стимуляции биоактивности семян хлопчатника было использовано электростатическое поле постоянного тока.

Рассмотрим энергию, поглощаемую семенем хлопчатника в таком поле.

Считаем, что диэлектрический вытянутый эллипсоид (семя хлопчатника) с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ_1 находится в однородном электростатическом поле с напряженностью E_0 и в среде с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ_c (см.рис.6.2). Внешнюю среду, слой семян хлопчатника приемлем изотропными.

Удельная энергия (объемная плотность энергии) семени состоит только из энергии поляризации тела, а её расходом на нагрев не учитываем ввиду её незначительности, поскольку ток проводимости через семя отсутствует из-за стимуляции его в воздушной среде, где $\gamma_0=0$ и $\epsilon_c=1$.

Согласно теории электромагнитного поля [176], удельная энергия тела в результате его поляризации определяется выражением:

$$W = \frac{\epsilon_0(\epsilon_c - \epsilon_1)}{2} \bar{E}_0 \bar{E}_1, \quad (6.10)$$

где $\epsilon_0, \epsilon_{a1}$ – абсолютные диэлектрические проницаемости среды и тела; ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, Ф/м; E_0, E_1 – напряженности поля внешней среды и тела, В/м.

Перепишем выражение (6.10) для случая нахождения в электростатическом поле многослойного эллипсоида

$$W_{zi} = \frac{\epsilon_0(\epsilon_{i-1} - \epsilon_i)}{2} \bar{E}_{i-1} \bar{E}_i, \text{ Дж/м}^3 \quad (6.11)$$

где E_{i-1}, E_i – напряженность поля внешнего и внутреннего слоев, В/м.

После подстановки в выражение (6.11) их значений согласно (6.7), (6.8), (6.9) и выполнения скалярных произведений векторов напряженностей получим следующие выражения для удельной энергии слоев хлопкового семени:

для слоя подпушка

$$W_{a1} = \frac{\epsilon_0(1-\epsilon_1)}{2} E_0^2 (l_{a1}^2 \sin^2 \psi + l_{a1}^2 \cos^2 \psi); \quad (6.12)$$

для кожуры

$$W_{a2} = \frac{\epsilon_0(\epsilon_1-\epsilon_2)}{2} E_0^2 (l_{a1}^2 l_{a2}^2 \sin^2 \psi + l_{a1}^2 l_{a2}^2 \cos^2 \psi); \quad (6.13)$$

для ядра

$$W_{a3} = \frac{\epsilon_0(\epsilon_2-\epsilon_3)}{2} E_0^2 (l_{a1}^2 l_{a2}^2 l_{a3}^2 \sin^2 \psi + l_{a1}^2 l_{a2}^2 l_{a3}^2 \cos^2 \psi), \quad (6.14)$$

где $l_{a1} = [1 + (\lambda_1 - 1)\Phi_{a1}]^{-1}$ и $l_{a2} = [1 + (\lambda_2 - 1)\Phi_{a2}]^{-1}$

здесь λ_i — коэффициент диэлектричности слоев, определяемые выражениями (6.5); Φ_{a1} , Φ_{a2} — коэффициент деполяризации по большой и малой осям слоев (эллипсоидов), определяемые по выражениям (6.2).

Учитывая то, что стимуляция биоактивности семени определяется удельной поглощенной энергией его ядром, проведены расчеты по выражению (6.14), представленные в таблице 6.4. При расчетах использованы данные таблиц 6.1 и 6.2.

Таблица 6.4.

Изменение удельной поглощаемой энергии ядра (W_{a3}) опухшего семени от его равновесной влажности

Ψ , град	E_0 , кВ/см	W_{a3} при влажности семени, Дж/м ³							
		6	8	10	14	16	18	20	24
0	2	49,82	3,75	1,51	0,64	0,36	0,32	0,25	0,19
	4	199,28	15,00	6,04	2,56	1,44	1,28	1,0	0,76
	6	448,38	33,75	13,57	5,76	3,24	2,88	2,25	1,71
	8	797,12	60,0	24,16	10,24	5,76	5,12	4,00	3,04
90°	2	4,94	14,86	139,46	8,95	2,96	1,74	1,17	0,94
	4	19,76	59,44	537,84	36,0	11,84	6,96	4,68	3,77
	6	44,46	133,74	1255,1	80,55	26,64	15,66	10,5	8,46
	8	79,04	237,76	2231,3	143,2	43,36	27,84	18,7	15,0

Во всех влажностях семени с повышением напряженности поля растет удельная поглощаемая мощность ядром, как при его рас-

положении поперек ($\psi=0$), так и вдоль ($\psi=90^\circ$) силовых линий длинной осью. Это вытекает из зависимости энергии от квадрата напряженности внешнего поля ϵ_0 .

Однако, закономерность изменения удельной поглощаемой энергии с ростом равновесной влажности сильно зависит от характера расположения семени относительно напряженности поля. При расположении семени длиной поперек напряженности ($\psi=0$) максимальное поглощение энергии происходит при малых значениях влажности (6-8%) и гиперболически снижается с дальнейшим ростом последней до 24%. Она изменяется незначительно в диапазоне влажности 16-24%. При увеличении влажности с 6 до 8 % (всего на 2%) удельная поглощаемая энергия снижается в 13 раз, а при увеличении с 8 до 10% - всего в 2,5 раза.

При расположении семян длиной вдоль напряженности внешнего поля ($\psi=0$) удельная поглощаемая энергия сперва увеличивается с повышением влажности с 6 до 10% в 28 раз, затем в диапазоне влажности 10-14% она снижается в 16 раз, а дальнейший рост влажности в интервале 20-24% вызовет уменьшение поглощаемой энергии ядром семени еще в 10 раз.

При влажностях до 6-7% ядро семени поглощает энергию больше в положении, когда оно расположено длиной поперек напряженности внешнего поля. при влажностях 8% и выше величина поглощаемой энергии значительно больше в случае, когда семя расположено длиной вдоль напряженности поля. это свидетельствует о необходимости упорядоченного расположения семян в межэлектродном пространстве в процессе стимуляции его биоактивности в электрическом поле. Такое изменение поглощаемой энергии являются следствием различной деполяризации слоев семян вдоль малых и больших осей, а также разными закономерностями изменений их диэлектрических проницаемостей от равновесной влажности семян.

Но тут возникает вопрос о механизмах накопления, изменения и использования вышеописанной поглощенной энергии в обрабатываемых семенах.

Общезвестно, что любая живая клетка, его ядро, митохондрии и другие субклеточные структуры имеют внешнюю оболочку в виде двухслойной мембраны, представляющей собой, с электротехнической точки зрения, конденсатор с удельными поверхностной емкостью 0,5-1,3 пФ/мм² и сопротивлением $(10^2-10^3)\Omega\cdot\text{см}^2$ [194].

Согласно теории Митчелла, интенсивность биохимических процессов зависит от величины биопотенциала мембраны [194], т.е. мембрана может служить в качестве накопителя энергии. Исходя из этого можно предположить следующую последовательность превращений энергии. При наложении электрического поля определенная часть энергии накапливается на мембранах клеток, а также субклеточных структур вследствие повышения их биопотенциалов на обкладках конденсаторов. Затем, по мере надобности запасенная энергия затрачивается на транспорт ионов через мембрану для осуществления жизненно-важных окислительно-восстановительных процессов. Таким образом, энергизация мембран клеток с помощью внешнего электрического поля создает условия к усилению процессов метаболизма в семени, т.е. стимулированию биоактивности.

Проведенные исследования показывают, что для эффективно-го ведения процесса стимулирования биоактивности в электрическом поле необходима ориентированная подача семян в межэлектродное пространство с помощью специального устройства в следующем порядке: при влажности до 8% семена должны располагаться в направлении напряженности внешнего поля вдоль малой оси (ширины), а при влажностях 8% и выше — большой осью (длинной), а семена большой влажностью более 10% следует подсушить до 10%.

6.3. О механизмах биологического действия электромагнитных полей на семена

6.3.1. Реакция семян на воздействие электрического поля

Семена, как биологически целостный организм единой экосистемы испытывают постоянное воздействия многочисленных раздражающих факторов земной поверхности с момента своего образования до полного созревания. Закономерности физиологической реакции биологических организмов живой природы на воздействия различных факторов изучает теория раздражения [195, 196].

Согласно этой теории реагирование биологической системы считается специфичным, если ответная реакция на воздействия различной природы принимает разные формы. Если система отвечает однотипно, то говорят о неспецифичности ответной реакции организма. Анализ воздействия различных химических, физических

и других факторов (п.2.5) показал, что семена хлопчатника реагируют на воздействия факторов различной природы именно неспецифичным образом. Поэтому, исходя из единства различных форм живой природы, физиологическую реакцию семян на воздействия электрического поля можно объяснить на основе интерпретации теории раздражения растений, заимствованной из нейрофизиологии [197].

При воздействии раздражающего фактора на семени индуцируется эффект, продолжающийся и после снятия раздражителя. В отсутствие раздражения биосистема имеет биопотенциал покоя. В ответ на раздражение возникает потенциал действия [194], который на определенное время может превышать, потенциал покоя биосистемы, после чего восстанавливается исходное состояние.

В обычных условиях на семя воздействует электрическое поле земли ($E_3=130$ В/м), направленное вертикально к её поверхности так, что последняя всегда заряжена отрицательно [198]. Величина E_3 изменяется в течение года, суток и зависит от географических широт, а также связана числом грозových часов. Под действием этого поля семя получает определенную дозу $D_0 < D_n$, характеризующуюся соответствующей интенсивностью (E_0), продолжительностью воздействия (экспозицией) и находится в фазе I (рис.6.6а) устойчивого неравновесного состояния, чему соответствуют определенные параметры (темпы дыхания, энергия прорастания, всхожесть, сила роста и т.д.) реагирования P_0 .

Дальнейшее возрастание дозы воздействия $D=f(E,t)$ электрического поля вызывает реакцию семени, как и у остальных видов живой природы, последовательно проходящую через три фазы, качественно отличающиеся друг от друга [195, 197, 198].

При достижении возрастающего действия пороговой дозы (D_n) в семени начинается превентивное торможение (фаза II), функциональная подвижность структур в которой остается высокой. Торможение быстро устраняется, как только устраняется воздействие, либо его доза достигнет стимулирующего биологическую активность значения D_c . В первом случае состояние семени возвращается в исходное состояние и его реакция принимает первоначальные параметры. Согласно теории раздражения [196], фаза превентивного торможения наступает в результате воздействия полей слабой интенсивности и большой экспозиции.

С достижением $D=D_c$ наступает фаза стимулирования биоактивности семян, отличающаяся двумя подъемами и впадиной между ними. Первый подъем (P_{M1}) происходит без изменения ростовых пропорций, а второй (P_{M2}) характеризуется изменением соотношения роста отдельных частей и органов растений обработанных семян. Впадина (зоны нечувствительности) характеризуется тем, что в ней реакция на раздражение стремится к норме, а иногда даже может отрицательной. Первый подъем обычно наступает при воз-

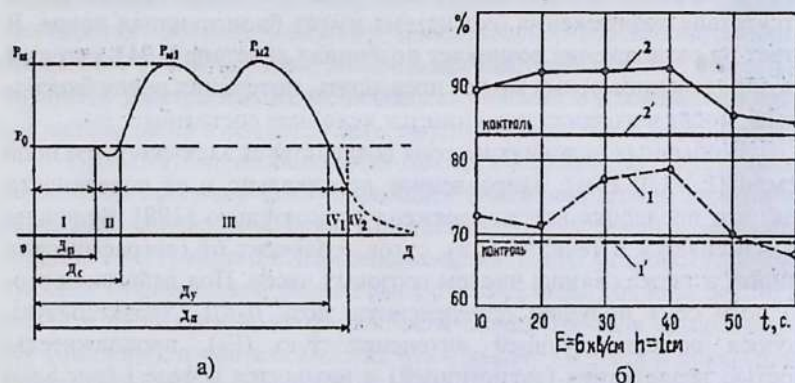


Рисунок 6.6. Теоретическая(а) и экспериментальная(б) дозовая зависимость реакции семян на воздействия электрического поля: I-фаза устойчивого неравновесия; II-фаза превентивного торможения; III-фаза стимуляции; IV-фаза угнетения; 1'-, 2'- контроль; 1-, 2- эксперимент; 1, 1' - энергия прорастания; 2-, 2' - всхожесть семян (сорт Ташкент-1, $E=6 \text{ кВ/см}$)

действию электрического поля высокой интенсивности (напряженности) и малой экспозиции, а второй подъем при средних и больших интенсивностях и большой экспозиции, т.е. второй подъем (P_{M2}) соответствует длительному воздействию раздражителя большой интенсивности [197]. Увеличение дозы до $D = D_y$ приведет к началу угнетения семени (фаза IV), качественно разделенного нами на две части: обратимого ($D < D_n$) и необратимого ($D \geq D_n$) угнетения. При обратимом угнетении (IV_1) после снятия поля семя сможет через определенный промежуток времени возвратиться в нормальное состояние реагирования, тогда как необратимое угнетение однозначно приведет к летальному исходу. Угнетение (торможение)

возникает как ответная реакция семени на чрезмерно сильное (чрезмерна высокая интенсивность при большой экспозиции) воздействие со стороны электрического поля.

На рис. 6.6б приведены зависимости энергии прорастания и лабораторной всхожести семян от продолжительности (экспозиции) воздействия электростатического поля напряженности 6 кВ/см в интервале времени 0-60 с. При экспозициях $t \geq 40 \text{ с}$ энергия прорастания семян растет из-за получаемого ими стимулирующей дозы воздействия ($D_c < D < D_n$). В промежутке $40 \text{ с} \leq t \leq 50 \text{ с}$ происходит её снижение у опытных семян до показателя контроля семян, а при $t > 50 \text{ с}$ она становится меньше энергии прорастания последних. Это свидетельствует о наступлении в семенах фазы угнетения от воздействия электростатического поля. Но после снятия воздействия опытные семена возвращаются в исходное состояние, поскольку их лабораторная всхожесть больше всхожести контрольных семян, что соответствует фазе IV, когда воздействие электростатического поля ещё не достигает летальной дозы (D_n).

Таким образом, изложенное показывает, что семя хлопчатника, как целостный биологический реагирующий организм защищен с двух сторон. Первичное превентивное торможение блокирует действие слабых, несущественных электрических сигналов, благодаря чему семя «не расходует свой энергетический потенциал «по пустяком» и отвечает только на достаточно сильное раздражение» [196]. А обратимое угнетение (вторичное торможение) защищает семя от действия чрезмерно сильных электрических полей, способствуя расширению диапазона доз реагирования при сохранении его функциональных способностей к метаболизму.

Следует отметить, что величины доз воздействия электрического поля, вызывающих наступления различных фаз реакций зависят от параметров электрического поля, (напряженность, экспозиция, вид), семени (влажность, селекционный сорт, репродукция, физиологическое состояние) и экологии (время, география, климат). Это требует проведения обоснования режимов предпосевного активирования семян хлопчатника с учетом конкретных условий их обработки и районирования.

6.3.2. Информационные аспекты электростимуляции

Как подчеркивал акад.Энгельгардт «В основе жизни лежит сочетание трех потоков: вещества, энергии и информации... поток информации неразрывно связан с потоками энергии и вещества. И если без потока информации невозможна жизнь, то без нуклеиновых кислот невозможно движения этого потока» [199].

Согласно существующей теории информации биосистем [200], информация – это особое функциональное отношение энергии воздействующего электрического поля с энергией семени, в результате которого последнее переходит в состояние энергетического неравновесия. Это состояние возникает в результате незначительного сигнального воздействия внешнего поля и разряда семенем достаточного количества энергии, переходящей в другой вид, т.е. в результате трансформации поглощенной семенем энергии внешнего поля. Незначительное сигнальное воздействия внешнего электрического поля представляет собой и информацию. Для несения в себе необходимой информации сигнал должен иметь силу определенной величины. При достижении последней значения, соответствующей пороговой дозе воздействия электрического поля D_n в результате взаимодействия внешнего сигнала с потенциалом семени включается механизм внутреннего торможения, приводящего к возникновению превентивных защитных функций.

Для начала стимуляции семени доза электрического поля должна достигать величины D_c при которой её информационный сигнал вызовет энергетический взрыв в семени, изменяющий физиологическое равновесное состояние последнего. С этого момента начинается трансформация внешней энергии на внутреннюю свободную энергию, впоследствии активизирующую внутренние биохимические процессы семени.

При этом трансформация свободной энергии внешнего электрического поля во внутреннюю энергию семени зависит от двух условий. Во-первых, энергия воздействия электрического поля должна в количественном отношении в достаточной степени соответствовать внутреннему состоянию семени. Во-вторых, свободная энергия электрического поля для представления собой информацию в качественном отношении должна иметь сродство с внутренней энергией семени, т.е. энергия воздействия должна быть приведена в соответствие со свободной энергией семени. Очевидно,

именно этим аспектом информативности воздействующего электрического поля можно объяснить наименьшие затраты энергии на стимуляцию биоактивности семян при обработке их в электрическом поле постоянного тока (см.табл.6.3).

В случае, когда в информативном отношении количественно энергия воздействия электрического поля и свободная внутренняя энергия конкретного семени будут соответствовать друг другу, происходит процесс стимуляции. Это соответствует интервалу доз воздействия электрического поля $D_c \leq D < D_u$ (рис.6.6). Дальнейшее усиление сигнала – информации до D_u приводит к включению катализаторов – ингибиторов, замедляющих протекание биохимических процессов, что соответствует началу фазы угнетения семени.

Особую роль в регуляции жизнедеятельности играют ферменты, создающие энергетическую поляризацию внутри семени, которая обеспечивает направленное движение веществ в нужный момент, в нужном месте и в необходимом количестве произвести разрядку свободной энергии или затормозить её в соответствии с информацией. Все это в совокупности направлено на поддержание основной функции – самосохранении семени.

С информационной точки зрения действие ферментов лежит в основе обмена веществ в клетке, связанного с полярностью отдельных структур цитоплазмы. При этом энергия поляризации цитоплазмы, используемая для непосредственного перемещения веществ в целостном семени является результатом сигнального воздействия внешнего электрического поля, на внутреннюю свободную энергию клетки, где ядерная информация (ДНК) является программой конечного поведения, а цитоплазма – структурной памятью семени.

В результате воздействия внешнего электрического поля начинается биохимические процессы, сопровождаемые появлением или усилением дыхания, липидного и белкового обмена и заканчивающиеся образованием метаболитов. Последние проникают в ядро и воздействуя на информационный РНК, изменяют ход синтеза белка – фермента, а он в свою очередь изменяет ход преобразований в клетке в целом. Свойства синтезируемых белков определяется специфичностью программы ДНК, а включение синтеза белка зависит от состояния метаболитов цитоплазмы и уровня сигнального воздействия внешнего электрического поля. Потому что, «каждое новое состояние цитоплазмы как реагирующей системы опре-

деляется тремя моментами: её прежним состоянием; внешним воздействием, носящим динамический и информационный характер; чисто информационным воздействием, идущим от ядерного аппарата» [200].

Таким образом из изложенного следует, что внешнее электрическое поле, носящее в себе определенный раздражающий сигнал, может оказать существенное информационное регулирующее влияние на протекание биохимических процессов в клетках и семенях в целом, приводящих к изменениям его биологической активности.

6.3.3. Биологические предпосылки электростимуляции семян

Физико-химические и физиологические основы стимулирования биологической активности семян с помощью электрических полей изучены недостаточно. В определенной степени эти вопросы изучены для стимулирования семян сельскохозяйственных культур с помощью γ -лучей. Имеются минимальные сведения об этих механизмах для случая стимуляции биоактивности семян хлопчатника обработкой в электрическом поле. Поэтому, рассмотрение биологических оснований стимуляции семян хлопчатника проведем опираясь на теоретические и экспериментальные работы Назирова Н., Ибрагимова А.П., Ибрагимова Ш.И., Кузина А.М., Березиной Н.М., Батыгина Н.Ф., Кытлаева Б.Н., Хасановой З.М. и др. [114,201-204], посвященных различным аспектам этой проблемы и специфичности реакции семян на воздействия различных внешних факторов.

В семени вся информация заключена в ДНК хроматина клеточного ядра, представляющего собой субстанцию хромосом и состоящего из ДНК, РНК, белков, липидов и катионов ряда металлов [204]. Он осуществляет координацию пространственного и временного развертывания генетического фонда клеток и включает его в текущие морфогенетические процессы.

Хроматин находится в двух структурных состояниях: диспергированном (диффузном) и компактном (конденсированном). Диспергированный хроматин является функционально активной частью, способную поддерживать процесс синтеза ДНК в клетках, находящихся в состоянии интенсивного обмена. Конденсированный хроматин функционально неактивен и он составляет основную часть хроматина клеток покоящихся семян. В диспергированном хроматине содержится функционально активная лабильная ДНК,

участвующая в текущих жизненных процессах. В конденсированном хроматине же локализована стабильная ДНК, которая вследствие блокирующего действия глубоко ингибирована гистонами и лишена метаболической активности. Поэтому в покоящихся семенах отсутствует синтез информационной РНК и ферментов.

Таким образом, между структурным состоянием хроматина и ДНК в клеточных ядрах и интенсивностью метаболических и морфогенетических процессов у растений существует прямая связь. Во всех случаях в активно функционирующих клетках растений хроматин более диспергирован и клеточные ядра богаче лабильной и генетически активной ДНК. В покоящихся клетках хроматин компактен, а ДНК почти целиком представлена её стабильной инактивированной частью.

В основе регуляции активности хроматина лежат процессы конденсации и дезагрегации, т.е. репрессии и дерепрессии отдельных частей хроматина и участков ДНК.

Процесс активирования семени наступает при изменении соотношения в сторону увеличения диспергированного составляющего хроматина и дерепрессии ДНК вследствие снижения уровня ингибиторов (гистонов). Отсюда следует, что основной задачей стимулирования биоактивности семян хлопчатника воздействием электрического поля является повышение генной активности хроматина путем деконденсирования его инактивной части, т.е. изменение его структурного состава и функционального состояния.

По современным представлениям теории стимулирования, для осуществления этой задачи в клетках семени необходимо образование специальных веществ – триггер – эффекторов, как бы запускающих процесс деблокирования (дерепрессии) генов и начало обменных процессов.

Основная цепь процессов метаболизма в семени протекает по следующей схеме [201]. Для начала процессов прорастания семени большую роль играет проницаемость биомембран клетки и многочисленных мембран субклеточных морфологических структур (митохондрий, ядра и др. органелл.). Поэтому другой задачей электростимуляции семян является повышение проницаемости мембран клеток для интенсификации поступления питательных веществ из семядолей в зародыш будущего растения.

По данным ранее проведенных исследований [201-204] по стимулированию биоактивности семян зерновых, овощных и техниче-

ских культур с помощью физических факторов следует, что при наложении электрического поля в биомембранах происходит образование свободных радикалов белков – ферментов (рис. 6.7), обладающих повышенным уровнем энергии и биохимической активности. Особенно этот процесс усиливается в кожуре и зародыше ядра хлопковых семян, где содержится лигнин и госсипол, способные взаимодействуя с свободными радикалами образовать различные гидроперекиси, синтезирующие впоследствии триггер – эффекторы (ауксин, гебберилиновая кислота и др.) [116, 203]. С образованием последних после воздействия электрического поля происходит деконденсирование хроматина в физиологических нормах, что способствует повышению генной активности клеточного ядра и усилению синтеза и накопления информационной РНК.



Рисунок 6.7. Схема протекания биохимических процессов при стимулировании биоактивности семян в электрическом поле

Однако, в первые дни после обработки семян в электрическом поле содержание конденсированного хроматина клеточных ядер значительно превышает физиологические нормы, что вызывает ингибирование синтеза РНК и снижение генетической активности клеточного ядра. По – видимому отлежка семян необходима для восстановления этих процессов. При этом в процессе обратного конденсирования хроматина часть генов, открытых электрической обработкой, остается неконденсированной, т.е. функционирующей, тогда как у необработанных семян они остаются в инактивированном состоянии. Остающиеся в открытом состоянии после электрообработки участки хроматина соответствуют генам, ответственным за проявление количественных признаков продуктивности [204].

Таким образом, в результате воздействия электрического поля увеличивается количество функционирующих генов. Это приводит к увеличению скорости формирования отдельных тканей и органов

зародыша растения, что является одной из главных причин стимулирующего действия электрического поля.

Поскольку открываемые электрическим полем гены через определенное время снова закрываются, стимулирующий эффект проявляется лишь в течение определенного периода после электрообработки. Именно этим можно объяснить необходимость определенного времени для отлежки семян хлопчатника от момента их обработки в электрическом поле до посева, в течение которого биологическая активность семян повышается. Так этот период для семян хлопчатника составляет от 7 до 11-15 дней в зависимости от селекционного сорта и режимов обработки [205]. Стимуляционный эффект затем сохраняется в течение 40-100 дней после чего он сглаживается, т.е. стимуляция биоактивности семян нивелируется вследствие обратного конденсирования хроматина ядер клеток семени. Причем, срок отлежки семян можно регулировать путем изменения напряженности поля и экспозиции воздействия. Большим дозам соответствует более продолжительное сохранение эффекта стимуляции [206].

Таким образом, электрообработка семян вызывает диспергирование хроматина клеточного ядра, физиологически нормальное соотношение диффузного (генетически активного) и конденсированного хроматина восстанавливается в процессе отлежки семян. Однако, определенная часть диспергированного хроматина продолжает функционировать и в процессе прорастания семян. Это проявляется в увеличении интенсивности синтеза накопления и специфичности новосинтезированной РНК, а также различных морфогенетических эффектах. Это свидетельствует о том, что положительное действие электрического поля на рост и развитие опосредствуется через генетический аппарат клетки – хроматин клеточных ядер.

Специфическим проявлением воздействия электрического поля является возможность непосредственного разделения цепей ДНК (переход от спаренного состояния к неспаренному), что может послужить пусковым механизмом для разделения хромосом в клеточном ядре [199]. В результате ускоряется разделение (размножение) клеток, что также приведет к стимуляции биоактивности семян.

При обработке семян в электрическом поле происходит и другие процессы, вызванные наложением электрического поля на живую клетку, обладающую биопотенциалом. Клеточные мембраны,

управляющие многочисленными функциями клетки, несут на своей внешней стороне положительные заряды. Изменение биопотенциала приводит к возбуждению клетки, всегда способствующему усилению обмена веществ.

Большую роль в организации процессов метаболизма клетки играют так называемые ионные насосы, находящиеся в мембранах и представляющих собой белковые молекулы, предназначенные для транспортировки ионов калия, кальция, натрия, водорода и др., играющих важную роль в процессах синтеза веществ на молекулярном уровне. Транспорт ионов калия во внутрь клетки и в обратном направлении ионов натрия создают потенциал покоя мембраны. Именно благодаря потенциалу, т.е. электрическому полю мембраны, осуществляется транспорт ионов: электрическое поле как бы втягивает эти ионы в клетку. При наложении внешнего поля происходит поляризация и зарядка мембранного бислоя, что приводит к увеличению энергии электрического поля и усилению потока веществ в клетку и синтеза белков — ферментов, вследствие открывания и закрывания соответствующих каналов.

Кроме того, за счет разделения зарядов в мембране после наложения внешнего поля, происходит поглощение энергии, расходуемой впоследствии для синтеза АТФ и других жизненно-важных веществ, что также ускоряет жизненные процессы в семени.

Еще одно специфическое воздействие электрического поля состоит в электрофоретическом эффекте, возникающем в цитоплазмах клеток, поляризованных наложением внешнего электрического поля.

Общеизвестно [206], что неотъемлемым свойством цитоплазмы является его постоянное движение вдоль стенок клетки со скоростью 1-2 мм в секунду. Движение цитоплазмы регулирует обмен веществ в клетке. Мелкие пузырьки, отделяемые от плазмолеммы, и отличающиеся по своему ионному составу от цитоплазмы переносятся на удаленные от места образования участки мембраны. Именно таким способом осуществляется транспортировка ионов водорода и бикарбоната на новые участки и обмен их на другие ионы, поступающие из наружного раствора.

В результате наложения внешнего поля E_0 в объеме цитоплазмы происходит её поляризация и взаимодействия с электрическим полем мембраны. В цитоплазме поле становится неоднородным,

возникают пондеромоторные силы оказывающие механическое действие на цитоплазму и организмы (рис.6.8)

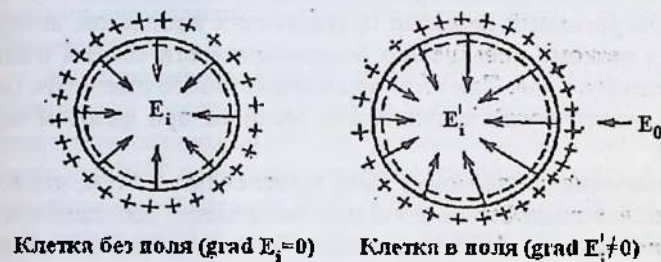


Рисунок 6.8. Возникновение градиента напряженности внутри клетки семени под действием внешнего электрического поля

Известно [194], что наложение внешнего электрического поля в стимулирующих дозах снижает вязкости, что способствует усилению движения цитоплазмы клеток. Это приводит к ускорению движения цитоплазмы внутри клетки, а вместе с ней — движения имеющихся органелл и пузырьков, в результате чего активизируется протекание процессов синтеза биохимических веществ клетки и активированию жизнедеятельности семени.

Кроме перечисленных факторов при воздействии электрического поля в семенах активность генов может повыситься благодаря конформационным структурно-функциональным изменениям, приводящим к долгоживущим модификационным изменениям в системе водородных и других слабых связей хромосом [202].

Например, выявлена зависимость биологических эффектов от времени воздействия электростатического поля, характеризуемого изменениями компонентов, белковой системы и ограничиваемого зоной адаптивного восприятия. Отмечены изменения в липопротеидном спектре, свидетельствующие о конформационных изменениях в них высокой плотности [207]. Возможными причинами считаются либо первичные нарушения в процессе синтеза белковой части молекулы, либо вторичные изменения в составе липидных компонентов. Отмечается также изменение водородного обмена нарушающего гидрофобные белок-липидные взаимодействия в мембране, повышающие выход из клеток калия и кальция [208].

Большая роль также принадлежит состоянию гидратированной и свободной воды вблизи ионных каналов в результате их фазового расслоения в примембранной области. Это явление обуславливает кооперативный характер протекающих процессов, которые приводят к резкому повышению восприимчивости семени в отношении внешнего поля. При этом происходит резкое изменение (возрастание) кинетической подвижности раствора при фазовом переходе [209].

Активизация семян может быть также связана с тем, что в ответ не внешнее воздействие в клетках включается восстановительная (репарационная) функция, которая включает резервные возможности организма (семени).

Таким образом, начало стимуляция семени после воздействия электрического поля является результатом интенсификации комплекса физико-химических и биохимических процессов, приводящих впоследствии к ускорению физиологических изменений в семени.

Вышеописанные физическо-биохимические и морфогенетические изменения в клетках после наложения внешнего поля приводят к физиологическим изменениям, выражающимся в ускорении процессов дыхания, прорастания семян и улучшении протекания роста, развития и урожайности растений в целом.

Многочисленными исследованиями [210, 213, 204, 211] на семенах пшеницы, ячменя, кукурузы, гороха, хлопчатника и других культур установлено, что в результате воздействия электрического поля возрастает поглощение воды семенами, что способствует более быстрому растворению питательных веществ семени и интенсификации их транспортировки к развивающемуся зародышу будущего растения.

При посеве семян пшеницы в день обработки интенсивность дыхания увеличивается на 30%, а при посеве же спустя 12 дней после обработки в электрическом поле – на 70-100% по сравнению с необработанными семенами [212]. Установлено также [210], что у 7-дневных проростков хлопковых семян, обработанных в электромагнитном поле, содержание аскорбиновой кислоты увеличивается на 6,7-18,0 мг, что свидетельствует об активизации биохимических и физиологических процессов.

Обработка семян в электрическом поле коронного разряда повышает активность каталазы в суточных проростках пшеницы на

2,5-69,2%, а после 12 дневной отлежки – на 2,8-13,8%. При дальнейшем увеличении срока от обработки до посева от 15 до 21 дней активность каталазы не снижается [212], что свидетельствует о сохранении повышенной активности окислительно – восстановительных ферментов.

Активизация ферментов приводит к повышенному синтезу нуклеиновых кислот в ростках и корешках кукурузы на 13-35%, увеличению сахаров на 19-43%, аминокислот на 43-84% [213]. Если учесть что РНК принимает непосредственное участие в биосинтезе специфических белков, а ДНК способствует сохранению генетической информации и её передаче к клеткам последующих поколений, то становится очевидным ускоряющее действие стимуляции биоактивности семян в электрическом поле.

После обработки семян на ранних стадиях наблюдается повышение биопотенциала проростков на 15,4-95,3% по сравнению с проростками необработанных семян [214], а продуктивность фотосинтеза увеличивается на 50% [212] при одновременном увеличении содержания основных питательных веществ (азота, фосфора, калия, кальция и др.) в вегетативной массе опытных растений.

В результате такого ускорения роста и развития растений происходит раннее цветения и большее накопление урожая. Следует особо подчеркнуть, что воздействие на семена хлопчатника электрическими полями в стимулирующих дозах не вызывает мутагенного эффекта в семенах следующих поколений [215].

Таким образом, обработкой семян хлопчатника в стимулирующих дозах в электрическом поле можно повысить качество посевных семян и урожай хлопка-сырца в результате ускорения процессов метаболизма в семени и растениях в последствии.

6.3.4. Биофизические предпосылки обеззараживания семян с помощью электрических полей

Как указывалось в п.2.3, семена хлопчатника являются основным источником передачи инфекции гоммоза из года в год, а грибами вилта заражается до 20% семян. Кроме патогенной микрофлоры на поверхности семян имеются многочисленные термофильные, плесневые и другие микроорганизмы, которые в период хранения посевного материала оказывают отрицательное влияние на их биологическую активность вследствие выделения из себя микотокси-

нов [216]. Поэтому обеззараживание семян от микроорганизмов, наряду с предохранением от болезней, играет активизирующую роль.

В настоящее время обеззараживание семян от микроорганизмов ведется путем обволакивания их поверхности определенной дозой ядохимикатов (протравливанием). Существующие механические устройства не обеспечивают качественной равномерной обработки поверхности семян ядохимикатами, поэтому ежегодно на значительных площадях посевы заражаются разными болезнями. Кроме того, ежегодно в почву вместе с посевным материалом вносятся тысячи тонн ядохимикатов, оказывающих вредное воздействие на экологический баланс окружающей среды, здоровью людей и животных.

Для устранения указанных недостатков разработана экологически чистая технология обеззараживания посевных семян с помощью электромагнитных полей, исключающая применения для этих целей ядохимикатов [217], предусматривающая воздействие на посевной материал сверхвысокочастотных (СВЧ) электромагнитных полей, оказывающих губительное влияние на жизнедеятельность - микроорганизмов и стимулирующую биологическую активность семян.

Выдвигаемая гипотеза обеззараживания семян от микроорганизмов базируется на термическом и биофизическом действиях электромагнитных полей. В первом случае энергия поля превращается в тепловую непосредственно в самих микроорганизмах и во внешнем увлажненном слое семени, где находятся микроорганизмы. Вследствие повышения температуры микроорганизма происходит денатурация белков и гибель биообъекта. Во втором случае, предлагаемое внешнее электрическое поле заряжает мембранный бислой микроорганизмов до напряженности, способной пробить этот слой. В результате разрушения транспорта ионов через мембрану обеспечивается гибель микроорганизмов.

Как следует из ранее проведенных исследований, угнетение в результате воздействия ЭП СВЧ наступает в результате селективного нагрева клеток [218,219], обладающих повышенной, чем семени, влажностью. Это вызывает частичное денатурирование протеина и инактивацию ключевых ферментов [218].

При прохождении электромагнитного излучения СВЧ через микроорганизмы вызывается усиление межмолекулярного трения и

выделение теплоты, приводящая к разрушению клеточных мембран и гибели микроорганизма.

Помимо селективного нагрева возможен общий нагрев увлажненной поверхности семян вместе с находящимися на ней микроорганизмами [219]. Тонкий увлажненный поверхностный слой семени прогревается с помощью СВЧ-поля до температуры, достаточной для гибели микроорганизмов. В этом случае основным действующим фактором является термический эффект электромагнитного излучения.

Кроме теплового эффекта наблюдаются специфические явления. Согласно [208], в результате воздействия СВЧ-поля в поверхностных слоях мембраны происходит «плавление» связанной воды, что влечет за собой перераспределение электрических сил и локальные изменения физико-химических свойств примембранного слоя. Помимо этого возможно возникновение резонансного явления, которое зависит от молекулярной организации микроструктур биообъекта и условий облучения. В биомембранах полярные головки фосфолипидов совершают движение с частотой 10^9 Гц [208] и его синхронизация с частотой внешнего поля приведет к появлению резонанса, разрушающего структуру клетки.

При воздействии на микроорганизмы электрическим полем постоянного тока происходит поляризация фосфолипидов внутреннего и внешнего слоев, что приводит к изменению потенциала двойного слоя мембраны, равного 50-70 мВ [194,220], и равновесного состояния концентрации ионов K^+ и Na^+ , что вызовет изменение в жизнедеятельности микроорганизмов и растений. Этот эффект достигается за счет изменения биофизических параметров оболочки (биопотенциала мембраны) до значений, вызывающих ухудшение или прекращение метаболизма в микроорганизмах.

Преимуществом электромагнитных полей является то, что их применение позволит достичь обеззараживания семян хлопчатника при одновременной стимуляции их биологической активности.

В производственных условиях болезнетворные микроорганизмы находятся на поверхности семени хлопчатника и после попадания последнего в почву создаются условия для начала в них жизненно-важных физиологических процессов. В семени хлопчатника начинаются ростовые процессы и корешок будущего растения начинает внедряться в почву. В это же время бактерии гоммоза, двигаясь с помощью своих двигательных жгутиков, начинают про-

никать в тело корешка и передвигаться по нему, что в дальнейшем вызовет патологические изменения всходов и его заболевание гоммозом.

Поэтому, для предотвращения заболевания всходов необходимо влиять на семена и находящиеся на их поверхности бактерии гоммоза, таким образом, чтобы воздействие внешнего электрического поля вызвало стимулирование биологической активности и укрепило иммунитет семени при одновременном нарушении или же прекращении жизненно-важных процессов метаболизма в микроорганизмах. Для выяснения возможности осуществления этого рассмотрим биофизические процессы, протекающие в семени и микроорганизме.

После внесения семени с микроорганизмом в электрическое поле они поляризуются и происходит поглощение ими энергии внешнего поля. в результате этого электрический потенциал биологических мембран клеток семени повысится (Рис.5.11). Это происходит вследствие переориентации полярных липидных головок под действием напряженности порядка 10 кВ/см [221].



Рисунок 6.9. Схема протекания процессов при обеззараживании семян в электрическом поле

Такое структурное изменение мембраны сопровождается увеличением её проводимости и открыванием сквозных ионных каналов. При этом повышение биопотенциала на 10 мВ приводит к изменению (увеличению) её проницаемости для ионов в десять раз [222]. Т.е. происходит значительное повышение производительности работы ионных насосов клетки, что способствует усилению процессов синтеза жизненно-важных органических веществ [222]. Все это в совокупности, согласно существующей теории биофизики [194], приводит к ускорению синтеза ДНК и генетического мате-

риала, составляющих основу механизма стимулирования биологической активности семян и усилению иммунитета к болезням постоментальных растений хлопчатника.

В другом русле протекают процессы в бактериях гоммоза после поглощения ими энергии внешнего поля. При наложении внешнего электростатического поля липидный бислой мембраны, являющийся по сути электрическим конденсатором, заряжаются до такой степени, что напряженность поля между слоями становится достаточным для пробоя, что вызовет нарушение транспорта ионов через мембрану вследствие разрушения её целостности из-за образования сквозных пор [223].

Кроме того, при наложении на мембрану электрического поля сверхвысокой частоты отдельные макромолекулы фосфолипидов составляющих отдельный слой, начинают колебаться с такой же частотой. В результате взаимного межмолекулярного трения липидов и белков, происходит их нагрев до температуры, достаточной для вызова денатурации [194]. Это приводит к прекращению синтеза жизненно-важных соединений и гибели микроорганизмов, находящихся на поверхности семян и их обеззараживанию без применения ядовитых химических препаратов, что, несомненно, способствует прекращению попадания последних в биосферу и улучшению экологического баланса окружающей среды.

Проведенные исследования [217] в условиях фитотрона по обеззараживанию искусственно зараженных бактериями гоммоза опущенных семян хлопчатника с помощью электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) подтверждает применимость вышеприведенных суждений (табл.6.5).

Энергия прорастания и всхожесть семян по сравнению с контролем (3-вариант) в результате обработки в ЭМП СВЧ изменяется у опытных семян в значительных пределах. В 4-, 5-, и 6-вариантах она снижается в сильной степени (на 51-66%), в 6-и 10-вариантах в средней степени (28-31%) и в 7-и 11-вариантах незначительно (7-10%) в зависимости от дозы поля. У семян 8- и 12-вариантов энергия прорастания находится на уровне контрольных, т.е. у вариантов с предварительным увлажнением энергия прорастания выше, чем у вариантов с обработкой воздушно-сухих семян. Это можно объяснить тем, что зародыш в ядрах увлажненных семян прогреваются в меньшей степени и не достигает угнетающей

величины вследствие большего поглощения энергии поля на увлажненном поверхностном слое.

Средняя длина двухнедельных проростков хлопчатника оказалась наибольшей у 8-, 10-, 11- и 12- вариантов и она превышает длину контрольных на 3,6-6,8 см. То есть в этих режимах обработки семян получают стимулирующую дозу энергии электромагнитного поля. Аналогичная закономерность была обнаружена в дальнейшем также на полевом опыте.

Таблица 6.5.

Влияние режимов обработки в ЭМП СВЧ на агробиологические показатели семян хлопчатника (сорт С-6524, данные УзНИИССХ)

№ п/п	Варианты семян	Параметры ЭМП СВЧ		Показатели семян			
		Мощность, Вт	Экспозиция, мин	Энергия прорастания, %	Полевая всхожесть, %	Средняя длина ростка, см	Заболеемость гоммозом, %
1	Исходные	0	0	89,0	69,2	9,5	27,0
2	Зараженные бактериями гоммоза	0	0	92,0	73,3	11,6	35,0
3	B2+химическое обеззараживание (П-4) (контроль)	0	0	93,0	78,6	15,3	15,0
4	B2+ЭМП СВЧ	600	1,5	41,0	42,9	16,0	15,0
5	B2+ЭМП СВЧ	450	2,0	35,0	21,2	16,2	12,0
6	B2+ЭМП СВЧ	300	3,5	65,0	47,4	14,9	21,0
7	B2+ЭМП СВЧ	180	6,0	88,0	56,9	16,2	13,0
8	B2+ЭМП СВЧ*	450	2,0	93,0	73,3	18,9	20,0
9	B2+ЭМП СВЧ*	300	5,0	21,0	23,2	11,0	17,0
10	B2+ЭМП СВЧ*	180	10,0	61,0	44,4	18,3	14,0
11	B2+ЭМП СВЧ*	180	7,0	84,0	67,2	20,2	12,0
12	B2+ЭМП СВЧ*	180	5,0	94,0	75,3	22,1	13,0

*-варианты с предварительным увлажнением поверхности семян

Заболеемость всходов листовой формой гоммоза была наименьшей также в этих вариантах, где она составляла 12,0-14,0% (за исключением 8-варианта) и была ниже контроля на 1-3%, тогда как заболеемость всходов от исходных и зараженных бактериями гоммоза семян (1- и 2-варианты) была выше контрольных на 12-20%. Такое изменение заболеемости является следствием обеззараживающего (термического) действия электромагнитного поля.

Изучение степени обеззараживания поверхности семян от бактерий гоммоза и других патогенных и сапрофитных микроорганизмов проводилось методом посева семян на картофельном агаре. В результате установлено, что сверхвысокочастотное электромагнитное поле при определенных режимах обеспечивает 100%-ное обеззараживание семян от болезнетворных микроорганизмов без применения химических препаратов [217].

Анализ полученных результатов лабораторных опытов дает основание считать, что сверхвысокочастотное электромагнитное поле при воздействии мощностью индуктора 180 Вт в течение 5 и 7 мин. и 450 Вт в течение 2 мин. оказывает обеззараживающее действие на зараженные гоммозом семена хлопчатника в степени, превышающей существующее химическое протравливание.

Обработка семян, искусственно зараженных бактериями гоммоза, в электростатическом поле напряженностью 2-8 кВ/см в течение 20-60 сек. показала возможность снижения заболеемости всходов хлопчатника листовой формой заболевания в 2-3 раза (с 42,0-14,7%) при одновременном повышении всхожести до 10,7% в зависимости от режимов воздействия [217].

Таким образом, результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о возможности обеззараживания поверхности семян от микроорганизмов с помощью электромагнитных полей без применения ядовитых химических препаратов.

Исходя из рассмотренного в этой главе можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование в виде трехслойного вытянутого диэлектрического эллипсоида способствует проведению исследований электрофизических процессов, происходящих в хлопковом семени при нахождении в электрическом поле адекватно его строению и основным свойствам его компонентов (ядра, кожуры, подпушка).

2. Доза воздействия (поглощаемой энергии) электрического поля, вызывающей наступления различных фаз реакций, зависит от

параметров электрического поля и физиологического состояния семени и её величина при проведении предпосевного активирования семян хлопчатника всегда должна быть меньше начала фазы угнетения.

3. Стимуляцию семян следует осуществлять в электрическом поле постоянного тока, как имеющего наибольшее качественное родство с собственной внутренней энергией клеток живых биологических систем. Обоснование дозы необходимо провести с учетом репродукции, селекционного сорта, генотипа, фенотипа, влажности и физиологического состояния семян для конкретного экологического районирования и требуемого срока хранения.

4. Стимулирование биологической активности семян происходит на основании комплексного (энергетического, информационного, генетического) действия электрического поля, заключающегося в повышении проводимости ионов через энергизированные мембраны вследствие повышения их биопотенциалов, в деконденсировании хроматина ядерных клеток, активизации синтеза ферментов, ДНК и РНК, в совокупности приводящие к усилению метаболизма и притока питательных веществ в зародыш будущего растения, а также формирования тканей и органов растения в будущем.

5. Повышения эффективности электростимулирования семян хлопчатника можно достичь путем ориентированной их подачи с целью максимизации поглощаемой энергии, относительно полеобразующих электродов. При влажности до 8% семена необходимо подавать длиной поперек, а при влажности 8-14% - вдоль электросиловым линиям внешнего поля, а при влажностях более 14% их необходимо подсушить до 10% для исключения снижения их агробиологических показателей из-за нарушения целостности мембран клеток под действием ионной проводимости.

6. Обеззараживание в электромагнитном поле сверхвысокой частоты с предварительным увлажнением поверхности семян водой обеспечивает полное уничтожение болезнетворных микроорганизмов без применения химических препаратов, что создает реальные предпосылки к переходу на экологически чистую технологию.

ГЛАВА 7. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА И ИХ АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

7.1. Исследования сортирования семян хлопчатника

7.1.1. Обоснование рациональных параметров диэлектрического сортирующего устройства

На экспериментальном заводе УзМЭИ была изготовлена лабораторная установка (рис.7.1), позволяющая провести исследования по обоснованию рациональных параметров диэлектросортировщика, принцип работы которого описана в п.4.5.

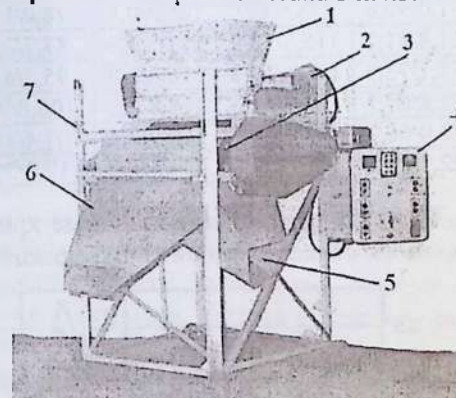


Рис.7.1. Лабораторная установка для исследования сортирования: 1-бункер с питателем; 2-электропривод; 3-рабочий орган; 4-пульт управления; 5-приемник технических семян; 6-приемник посевных семян; 7-каркас.

Предварительный поисковый опыт по разделению опушенных семян сорта С-4880 проводился при частоте вращения рабочего органа 60 мин⁻¹ (табл.7.1). Лучший режим разделения достигается при напряжении электродов 3,0 кВ (вар.4), где прибавка массы 1000 шт. семян составляла 4,0 г, а выход I фракции—74,0% от исходной массы.

Масса 1000 шт. семян уменьшается от I к IV фракции. Снижается выход I фракции и увеличивается выход остальных фракций по мере повышения напряжения электродов, чему способствовало

увеличение электрической силы, прижимающей семя к поверхности барабана.

Таблица 7.1.

Влияние напряжения (U) электродов на процесс разделения опущенных семян (сорт С-4880, $n_6 = 60 \text{ мин}^{-1}$).

№ варианта	U, кВ	Показатели				Всхожесть семян, %	
		Масса 1000 шт./выход фракции, %				I фракции	Откл. от исходн.
		I	II	III	IV		
Исходные		120,1				88,0	-
1	2,25	120,5/93,8	115,2/6,9	104/0,8	53,5/1,5	93,5	+5,5
2	2,50	121,0/90,8	113,9/6,9	105,3/0,8	78,0/1,5	93,5	+5,5
3	2,75	121,8/81,2	115,5/15,0	117,5/1,4	87,7/2,4	92,0	+4,0
4	3,00	124,1/73,9	119,6/19,3	116,6/2,2	95,5/4,7	93,0	+5,0
5	3,25	121,8/69,1	126,4/21,6	118,8/2,5	106,8/7,9	95,0	+7,0
6	3,50	122,0/66,7	122,4/18,6	119,7/3,4	101,4/11,2	96,0	+8,0
7	3,75	122,3/52,2	122,6/14,3	117,4/4,2	112,4/29,3	94,5	+6,5

На рис. 7.2 представлены вариационные кривые распределения исходных семян, семян посевной (I-III) фракции и IV фракции

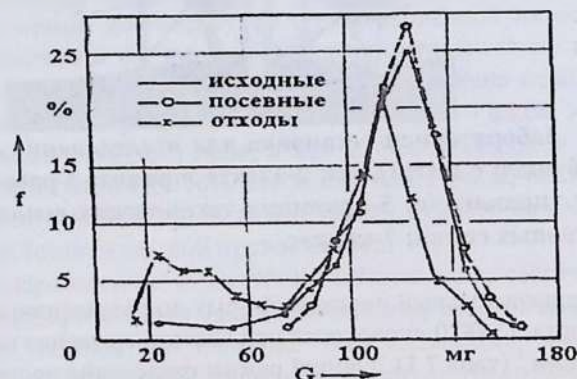


Рисунок 7.2. Изменение распределения индивидуальной массы семян в результате сортирования

(отходы) 4-го варианта по их индивидуальной массе. Распределение семян IV фракции имеет явно выраженные два максимума, что свидетельствует о качественной разнородности состава этой фрак-

ции и является следствием того, что в IV фракцию, наряду с недозрелыми (шуплыми), попадают мелкие зрелые и крупные семена с плотностью меньше единицы. Смещение распределения исходных семян в сторону меньшей массы свидетельствует о наличии в составе недозрелых семян. Посевная фракция является симметричной относительно средней массы (124 мг), что является следствием однородности его состава. Анализ кривых указывает на повышение доли семян с большей индивидуальной массой в посевной фракции по сравнению с исходными. Лабораторная всхожесть у посевных фракций всех вариантов на 4,0-8,0% выше, чем у исходных семян.

Результаты разделения семян сорта С-4880, где максимальная величина прибавки массы 1000 шт семян составляет 4,04 г, с данными приемочных испытаний аэродинамического сепаратора СПС [224], в котором прибавка массы 1000 семян относительно исходных (120,02) составляет 1,6 г. показывает, что в диэлектрическом сепараторе происходит более четкое выделение зрелых семян хлопчатника.

Результаты теоретических и предварительных экспериментальных исследований показали, что на процесс сортирования опущенных семян хлопчатника на диэлектрическом устройстве кроме их физических свойств существенное влияние оказывают следующие факторы: межэлектродное расстояние, диаметр электродов, напряжение питания электродов, частота вращения, диаметр рабочего барабана и подача (расход) семян.

Для определения рационального режима работы установки и конструктивных параметров рабочего органа, позволяющего получить высококачественный материал, проведен многофакторный эксперимент с применением математических методов планирования [53].

В целях сокращения объема экспериментальных исследований по обоснованию рациональных значений параметров эксперимент проводился в два этапа. Сначала по плану B_3 со следующими факторами: межэлектродное расстояние t , диаметр электродов d , и напряжение разнополярных электродов U_2 , т.е. при постоянстве частоты вращения и диаметра барабана и различных величинах напряжения электродов определяли параметры бифилярных обмоток. А потом при уже рациональных значениях бифилярных электродов по плану B_4 проводили эксперимент со следующими факторами:

напряжение питания электродов – U_2 , частота вращения барабана – p , диаметр барабана – D и расход подачи семян – q .

На основании теоретических исследований и априорной информации были определены интервалы и уровни варьирования факторов (табл.7.3) с критерием оптимизации по массе 1000 шт. семян.

После обработки опытных данных на ЭВМ получены нижеследующие уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс сортирования опущенных семян хлопчатника на диэлектрическом сепараторе с бифилярной обмоткой по массе 1000 шт:

-для первого эксперимента:

$$y_1 = 129,453 + 0,585 x_2 + 1,268 x_3 + 0,575 x_1 x_2 - 2,051 x_2^2, \quad (7.1.)$$

-для второго эксперимента:

$$y_2 = 126,360 + 0,607 x_3 - 1,201 x_4 - 0,957 x_6 + 1,689 x_1^2 + 0,617 x_4 x_5 - 0,545 x_5 x_6 - x_6^2. \quad (7.2.)$$

Анализ уравнения (7.1) показывает, что на массу 1000 шт семян наибольшее влияние оказывает диаметр электродов x_2 и напряжение электродов x_3 , а также незначительное влияние оказывает парное взаимодействие – межэлектродное расстояние и диаметр электродов $x_1 x_2$.

Из уравнения (7.2) следует, что на массу 1000 шт семян существенное влияние оказывает помимо напряжения электродов x_3 , скорость вращения барабана x_4 и диаметр барабана x_6 и в меньшей мере влияют совместные взаимодействия $x_4 x_5$ и $x_5 x_6$.

Эти результаты свидетельствуют о значительном влиянии на процесс разделения электрической и центробежной сил, в свою очередь, зависящих от электрофизических свойств и физиологического состояния семян. Совместным решением уравнений (7.1) и (7.2) при условии $M_{1000} \rightarrow \max$ определены рациональные значения факторов (табл.7.2), обеспечивающих качественное разделение семян по их агробиологическим показателям.

Ввиду того, что процесс сортирования семян имеет статистический характер, при однократной сепарации не обеспечивается четкое разделение семян на посевную и техническую фракции. В связи с этим обоснована кратность сортирования на диэлектрическом устройстве, обеспечивающая качественное разделение исходного материала.

Таблица 7.2.

Рациональные значения факторов, параметров диэлектрического устройства обоснованные экспериментами В₃ и В₄.

Значение фактора	Факторы					
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Кодированное	+0,998	+0,281	+1,000	-1,000	-1,000	+0,150
Натуральное	4,491	7,922	5,0	40,0	500,0	327,5
Округленное	4,5	8,0	5,0	40,0	500,0	332,8

Проведенные исследования показали, что с увеличением кратности сортирования масса 1000 шт. семян повышается по экспоненциальному характеру. Так, увеличение кратности сортирования с одного до двух позволяет увеличить массу 1000 шт семян на 5,36 г относительно исходного, а с двух до пяти пропусков – всего на 1,29 г. Увеличение кратности сортирования на диэлектрическом устройстве с бифилярной обмоткой более двух пропусков не имеет смысла, так как масса 1000 шт семян увеличивается незначительно. Поэтому рекомендовано в устройстве установить два рабочих барабана с последовательным пропуском сортируемых семян.

7.1.2. Разработка опытных образцов и их агротехническая оценка

В соответствии с результатами теоретических и экспериментальных исследований в конструкторском отделе УзМЭИ разработан, а в АО «Агромаш» изготовлено 2 однобарабанного диэлектрического сортировщика (СДХ) и 12 шт двухбарабанных диэлектрических сортировщиков ЧДС-1 (рис.7.3 и 7.4), которые по заявкам ряда хлопкоочистительных заводов и хлопкосеющих хозяйств установлены в линиях подготовки посевных семян хлопчатника.

Сортировщик СДХ предназначен для сортирования опущенных и оголенных семян хлопчатника путем разделения в посевную фракцию физиологически зрелых семян из общей массы посевного материала, а в техническую – мелкие, легкие и щуплые семена, а также различные мелкие примеси. В процессе работы исходный посевной материал из бункера с помощью валкового

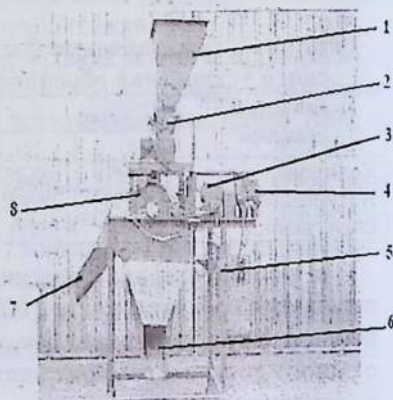
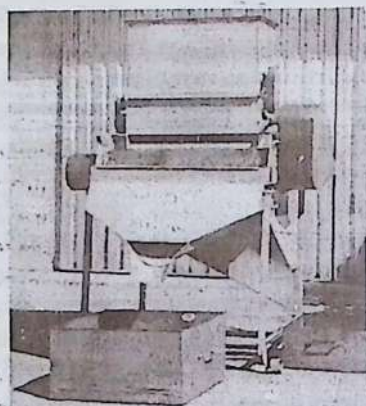


Рисунок 7.3. Общий вид однобарабанного диэлектросортировщика СДХ: 1-бункер; 2-питатель-дозировщик; 3-редуктор; 4-электромотор; 5-блок управления; 6-течка для отходов; 7-течка для посевных семян; 8-рабочий орган

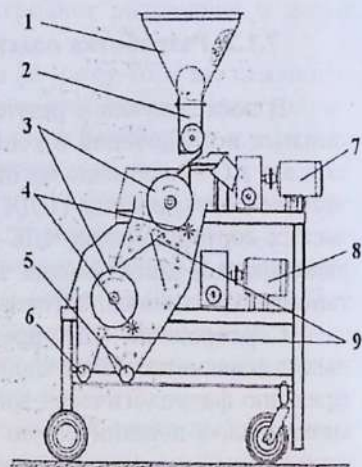
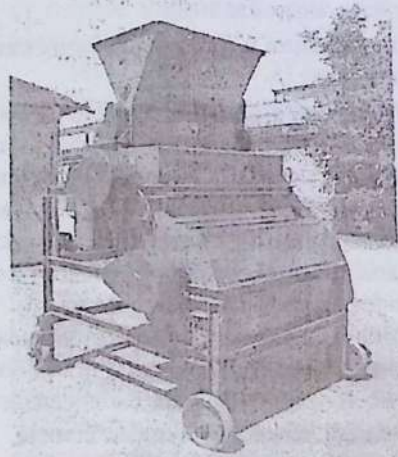


Рисунок 7.4. Общий вид и технологическая схема электросортировщика ЧДС-1: 1-бункер; 2-питатель-дозатор; 3-рабочие органы; 4-очистные щетки; 5-шнек отходов; 6-шнек посевной фракции; 7-электропривод питателя; 8-электропривод барабанов; 9-разделительные плоскости.

Таблица 7.3.

Техническая характеристика электросортировщиков

№ п/п	Наименование показателей	Марка сортировщика		
		СДХ	ЧДС	ЭЧС
1	Тип	Барабанный		
2	Количество барабанов, шт	1	2	2
3	Напряжение питающей сети, В	380/220	380/220	380/220
4	Длина барабана, м	0,9	1,2	1,2
5	Тип направителя семян	-	-	эластичный
6	Скорость вращения барабана, мин ⁻¹	40	40	50
7	Рабочее напряжение электродов, кВ	2,5-5,0	2,5-5,0	3,0-5,0
8	Установленная мощность, кВт	1,7	2	4,0
9	Производительность, т/ч	0,5-0,9	1,0-1,5	1,0-2,0
10	Количество фракций, шт	2	2	2
11	Выход посевной фракции, %	80-96	75-95	75-95
12	Габаритные размеры, м:			
		высота	1,8	2,6
		ширина	1,4	1,8
		длина	1,5	2,1
13	Масса, кг	420	905	950

питателя равномерным потоком поступает на поверхность вращающегося барабана (рабочего органа), на выходе из которого веер разделяется на две фракции с помощью разделительных плоскостей. Пустые семена и легкие примеси снимаются с поверхности барабана щеткой. Семена фракций скатываются в наружу по течкам под действием силы тяжести.

В сортировщике ЧДС-1 посевная фракция верхнего барабана для повторного сортирования подается на нижний барабан. Дважды сортированный посевной материал выводится шнеками. Привод рабочих органов осуществляется от двух электродвигателей через редукторы. Щит управления и колеса вмонтированы в общую раму.

Оперативное включение и отключение сортировщика от сети осуществляется пакетным выключателем QF (рис.7.5 а) и автоматическим выключателем SF. Последний обеспечивает также защиту схемы от ненормальных режимов (короткое замыкание, перегрузка). Управление электродвигателей осуществляется двумя пускателями КМ1 и КМ2. Для контроля напряжения сети установлен

вольтметр PV1, а выходного напряжения автотрансформатора (ЛАТР) – PV2.

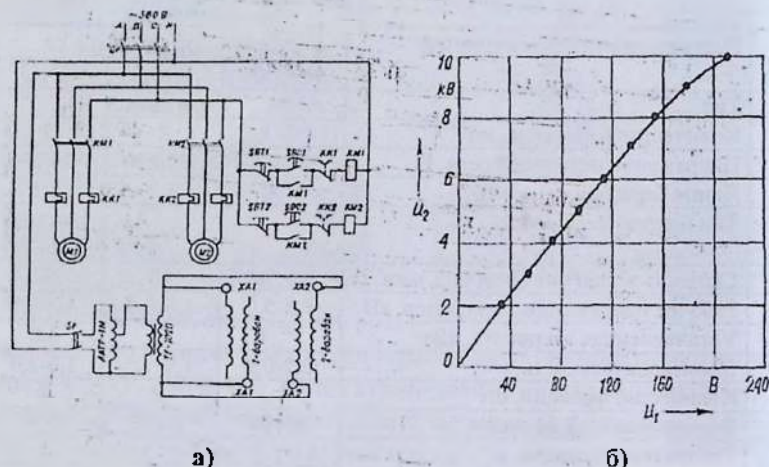


Рисунок 7.5. Электрическая схема(а) и регулировочная характеристика(б) напряжения электродов ЧДС-1.

Высокое напряжение к обмоткам барабанов подается от газосветного трансформатора ТГ-1020 через контактные кольца ХА1 и ХА2. Величину высокого напряжения можно определить с помощью регулировочной характеристики ТГ-1020 (рис.7.5 б), где U_1 – показание вольтметра «ЛАТР» (PV2), U_2 – высокое напряжение, подаваемое на обмотки барабана.

Агротехническая эффективность сортирования в диэлектрическом устройстве проводилась закладкой лабораторно-полевых и полевых опытов, некоторые результаты которых приведены в таблице 7.4. В посевную фракцию разделяются более крупные семена, о чем свидетельствует увеличение массы 1000 семян на 3,0-5,6 г, содержащих большего количества запаса питательных веществ, играющих важную роль в ускорении и появлении ранних всходов в процессе прорастания. Поэтому энергия прорастания семян повышается более существенно, чем всхожесть. Если энергия прорастания в результате сортирования повышается на 3-8%, то лабораторная всхожесть – на 2-5%, по сравнению с несортированными семенами.

Таблица 7.4
Влияние сортирования в диэлектрических устройствах на посевные качества семян

№ п/п	Марка сортировщика	Селекционный сорт, вид [источник]	Фракции семян	Показатели семян				
				Полевая всхожесть, %	Масса 1000 шт, г	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %	Класс по всхожести
1	СДХ	С-6524, оголен. [225]	исх.	-	111,3	73,0	93,0	2
			пос.	-	115,6	81,0	96,0	1
			тех.	-	97,3	65,0	73,0	тех.
2	СПС СДХ	С-6524, опушен. [226]	исх.	48,2	121,0	83,5	86,0	3
			пос.	50,9	124,0	86,5	89,0	3
			тех.	63,4	127,0	89,0	93,0	1
3	ЧДС-1	Бухара-6, опушен. [228]	исх.	42,5	120,4	-	95,0	2
			пос.	62,5	125,8	-	97,0	1
4	ЧДС-1	С-6037 тонковол. [228]	исх.	45,9	121,9	-	95,0	2
			пос.	64,0	127,5	-	99,0	1
5	СДХ	Ташкент-1 опушен. [227]	исх.	52,5	101,5	-	91,5	2
			пос.	59,4	109,6	-	96,2	1
6	СДХ	С-4880 опушен. [227]	исх.	42,0	106,5	-	87,0	3
			пос.	51,8	112,6	-	92,0	2

О существенном повышении жизнеспособности отсортированных семян в экстремальных условиях внешней среды свидетельствует показатель – полевая всхожесть, повышающаяся на 6,9-20% по сравнению с контрольными семенами.

Немаловажным является также тот факт, что диэлектрическое устройство СДХ по качеству сортирования превосходит аэродинамический сортировщик СПС.

7.1.3. Усовершенствование диэлектросортировщика

Четкость работы диэлектрических сортировщиков зависит от расположения семян длиной в межэлектродном пространстве и достаточно плотном контактировании с разнополярными электро-

дами. При массовой подаче посевного материала семена поступают относительно электродов в хаотичном расположении. Кроме того часть семян, попадая на поверхность только одного электрода, не успевают поляризоваться и отскакивая от набегающего рабочего органа попадают в посевную фракцию независимо от физиологической зрелости, что снижает четкость разделения. Поэтому для дальнейшего повышения качества разделения необходима ориентированная подача и плотная укладка семян длиной вдоль разнополярных электродов при одновременном исключении их отскока от рабочего органа.

Для решения этой задачи на выходе семян из питателя над барабаном было предложено установить направитель из эластичного материала (рис.7.6) [229]. При этом, зона его действия должна быть такой, чтобы семена в процессе движения совместно с барабаном, успели, перемещаясь по поверхности рабочего органа, укладываться слоем в одно семя в межэлектродном пространстве разнополярных электродов, обеспечивая тем самым максимальные условия взаимодействия с последними и исключая отскока семян от поверхности рабочего органа.

При движении семена после выхода из питателя 4 (рис.7.6) под действием направителя 2 укладываются между разнополярными электродами 3. Во время начала движения на семя действуют пара сил трения: $F_{тр1}$ со стороны электродов и $F_{тр2}$ со стороны направителя, создающие вращающий момент. Под действием последнего семя вращается вокруг своей оси и размещается длиной вдоль разнополярных электродов в направлении движения барабана. Помимо электрической силы притяжения электродов F_z , определяемой выражением (3.8), на семя действует дополнительная электрическая сила $F_{дн}$, возникающая в результате взаимодействия направителя с электрическим полем разнополярных электродов. Эта сила, способствующая прочному контактированию семени с электродами, направлена в сторону поверхности барабана и её величина определяется как [61]:

$$F_{дн} = k_n F_z, \quad (7.3)$$

где k_n – коэффициент, учитывающий влияние направителя на величину электрической силы притяжения семени к электродам.

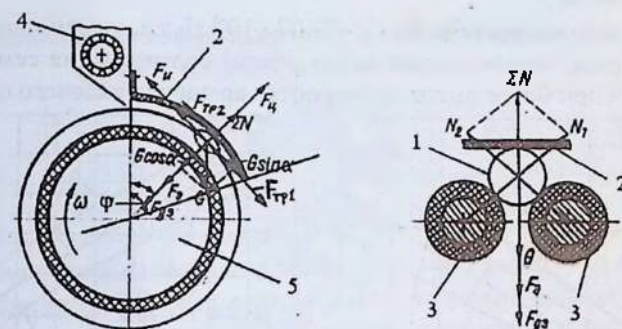


Рисунок 7.6. Взаимодействие семени с разнополярными электродами и направителем: 1-семя; 2-направитель; 3-разнополярные электроды; 4-питатель; 5-рабочий орган.

С учетом (3.8) и (7.3) результирующая сила определяется выражением:

$$F_{рз} = F_z + F_{дн} = (1 + k_n) \frac{\epsilon_0 \epsilon_4^2 (\epsilon_4 - \epsilon_3) S_{пл} \cdot U^2}{2(\epsilon_3 R_e \cdot \sin \theta + \epsilon_4 l)^2} \cos \theta, \quad (7.4)$$

Из (7.4) вытекает, что характер движения семени по поверхности рабочего органа диэлектросортировщика, при прочих равных условиях, зависит от условий взаимодействия материала направителя с электрическим полем электродов. Пользуясь выражением (7.4) рассмотрим изменение величины результирующей электрической силы притяжения семян в зависимости от коэффициента k_n . При этом учитываем, что величина дополнительной электрической силы притяжения $F_{дн}$ семян не может быть больше, чем величина самой электрической силы притяжения семян F_z . Исходя из этого считаем, что значение коэффициента k_n изменяется от 0 до 1,0. На рис. 7.8 приведены изменения величины результирующей электрической силы притяжения $F_{рз}$ в зависимости от приложенного напряжения U при различных значениях коэффициента k_n рассчитанные по (7.4).

С увеличением величины приложенного напряжения увеличивается величина результирующей электрической силы притяжения. Причем, при одном и том же напряжении с увеличением значения коэффициента k_n величина результирующей электрической силы также возрастает. В частности, если при $U=4000$ В и $k_n=0$, соответствующей отсутствию направителя, величина $F_{рз}=49,42 \cdot 10^{-5}$ Н, то

при $k_n=0,6$ она составляла $F_{p0}=79,07 \cdot 10^{-5}$ Н, т.е. увеличивается почти 1,6 раза, что позволяет вести режим сортирования семян хлопчатника при более высоких скоростях вращения рабочего органа.

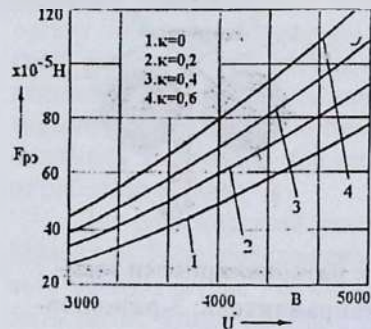


Рис. 7.7. Изменение F_{p0} семян от приложенного напряжения (U) при различных значениях коэффициента (k).

Из таблицы 7.5 следует, что с увеличением массы семян уменьшается значение коэффициента k_n и наоборот. В свою очередь увеличение значения коэффициента k_n согласно (7.4) приводит к увеличению величины результирующей электрической силы притяжения мелких семян к поверхности разнополярных электродов по сравнению с крупными семенами, т.е. мелкие семена притягиваются к рабочему органу большей силой. Это вызовет, отрыв мелких семян от поверхности рабочего органа при больших углах поворота, чем крупные семена, что приведет к повышению четкости разделения разнокачественных семян на посевную и техническую фракции.

Из рис. 7.6 также следует, что для оптимизации процесса разделения необходимо обосновать угол обхвата ϕ направителем барабана и выбрать его материал. Если ϕ определяет характер движения семени по барабану и угол его отрыва, то от материала зависят величины F_{p2} и величина дополнительной электрической силы $F_{дл}$.

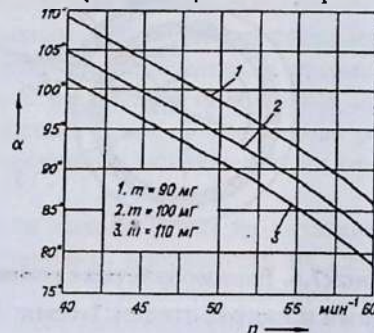


Рис. 7.8. Зависимость угла отрыва (α) семян от частоты вращения (n) рабочего органа

Таблица 7.5.

Изменение коэффициента k_n в зависимости от массы семян m и приложенного напряжения U

U, В	Масса семени, (m), мг						
	30	50	70	90	110	130	150
3000	0,194	0,164	0,136	0,115	0,105	0,082	0,068
4000	0,264	0,219	0,184	0,156	0,128	0,107	0,092
5000	0,372	0,305	0,258	0,209	0,186	0,146	0,129

Угол обхвата направителя определяем из условия угла отрыва самого тяжелого семени при оптимальной величине приложенного напряжения к разнополярным электродам, поскольку от поверхности рабочего органа сперва отрываются наиболее тяжелые семена.

Из рис. 7.6. следует, что отрыв семян от поверхности разнополярных электродов происходит при $\sum N = 0$, т.е.

$$F_z + F_{d0} + G \cos \alpha - F_y = 0. \quad (7.5)$$

Поставив значения сил F_z , F_{d0} , G и F_y в (7.5) и проводя некоторые преобразования получим выражение для определения угла отрыва семян с учетом воздействия направителя:

$$\alpha = \arccos \left[\frac{v_c^2}{gR_6} - (1+k_n) \frac{3\varepsilon_0\varepsilon_n^2(\varepsilon_c - \varepsilon_n)S_n U^2}{\pi ab^2 \gamma g(\varepsilon_n b \sin \theta + \varepsilon_c t)^2} \cos \theta \right], \quad (7.6)$$

Исходя из (7.6) установлено [61], что для семян массой 50 мг значение коэффициента $k_n=0,16$, а угол отрыва $\alpha=102^\circ$. Тогда как для семян с массой 150 мг эти показатели, соответственно, равны на $0,088$ и 73° .

На рис. 7.8 приведены зависимость угла отрыва семян от частоты вращения рабочего органа для семян различной массы при напряжении разнополярных электродов 4000 В. С увеличением частоты вращения рабочего органа уменьшается угол отрыва семян от его поверхности. В частности, при частоте вращения 40 мин^{-1} семена с массой 90 мг (кривая 1) отрывается от поверхности рабочего органа при угле поворота $109^\circ 18'$, тогда как при частоте вращения 60 мин^{-1} она отрывается уже при угле поворота $86^\circ 14'$. Т.е. изменением частоты вращения рабочего органа угол отрыва семян от его поверхности также изменяется. Т.е. при одинаковой частоте вращения и величине приложенного напряжения семена различной массы отрываются от поверхности рабочего органа при различных углах поворота.

Расчеты показывают, что с увеличением частоты вращения уменьшается диапазон траекторий рассеивания семян различной массы, что приводит к снижению четкости их разделения. Из рис. 7.10 также следует, что оптимальный режим работы диэлектрического устройства достигается при частоте вращения рабочего органа 50 мин⁻¹. При этом семена с массой менее 100 мг отрываются от поверхности рабочего органа при углах 91°14', а семена с массой больше 100 мг отрываются при углах 98°47', что уменьшает вероятность попадания мелких и крупных семян в одну фракцию. Это указывает на то, что правильным расположением разделительной плоскости относительно диэлектрического барабана можно повысить четкость разделения семян и тем самым улучшить качество посевного материала.

По результатам изучения [230] влияния различных материалов на процесс разделения семян и силы прижатия к разнополярным электродам в качестве материала для направителя была выбрана резиновая полотно. На основании результатов предварительных исследований для обоснования рациональных параметров усовершенствованного диэлектросортировщика в качестве факторов оптимизации были выбраны высота установки направителя (x_1), угол обхвата направителем барабана (x_2), толщина резинового полотна (x_3) и напряжение электродов (x_4).

В качестве параметра оптимизации был использован коэффициент технологической эффективности сортирования, учитывающий повышение агробиологических показателей посевных семян

$$E = \frac{m_i - m_0}{m_0} \cdot W \cdot \Pi, \quad (7.7)$$

где m_0 , m_i – масса 1000 исходных семян и посевной i -фракции; $W = G_i / G_0$ – доля семян, попавших в посевную фракцию; $\Pi = [(B_i - B_0) / B_0] \cdot 100$ – прирост всхожести семян; G_0 , G_i – масса исходных семян и посевной фракции, кг; B_0 , B_i – всхожесть исходных семян и i -посевной фракции, %.

Из выражения (7.7) следует, что качество сортирования тем выше, чем больше E . В отличие от ранее использованных критериев [??], предлагаемый несет в себе одновременно информацию о качестве разделенных семян.

После реализации многофакторного эксперимента получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс сортирова-

ния на усовершенствованном диэлектрическом сортировщике с направителем по технологической эффективности:

$$Y_e = 0,4247 - 0,0234x_1 + 0,0360x_2 + 0,0443x_3 + 0,1240x_4 + 0,1162x_1^2 + 0,0223x_3x_4 - 0,0485x_1x_4 \quad (7.8)$$

Из уравнения (7.8) следует, что на технологическую эффективность существенное влияние оказывает высота установки направителя x_1 и величина напряжения x_4 , подаваемого к разнополярным электродам. В меньшей степени влияние оказывают угол обхвата направителем x_2 диэлектрического барабана; толщина направителя x_3 и парное взаимодействие (x_3x_4) толщины направителя с величиной напряжения электродов.

Решение уравнения (7.8) при условии $Y_e \rightarrow \max$ позволило определить рациональные значения варьируемых факторов. Максимальная технологическая эффективность от усовершенствования диэлектрического устройства будет достигнута при высоте установки направителя – 100 мм; угле обхвата направителем диэлектрического барабана 75°, толщине резинового направителя – 1,6 мм и напряжении разнополярных электродов – 4,0 кВ, свидетельствующие об адекватности проведенных теоретических предпосылок с реальными процессами разделения семян в усовершенствованном диэлектрическом сортировщике.

Как следует из данных однократного сортирования семян на диэлектрическом устройстве с направителем позволяет получить посевной материал не только из полновесных по массе и близких по геометрическим размерам, но и из лучших по биологическим свойствам. В частности, если содержание семян с плотностью меньше единицы в исходной фракции составило 24,0% (табл. 7.6), то при сортировании на диэлектрическом устройстве без направителя оно снизилось до 18,0%, а при сортировании с направителем оно составило всего лишь 6,0%, т.е. содержание семян с плотностью меньше единицы при сортировании с направителем относительно исходной фракции снизилось в четыре раза, а относительно отсутствия направителя в три раза.

Таким образом, сортирование семян хлопчатника на диэлектрическом устройстве с применением направителя позволяет получить в основном биологически зрелый посевной материал, способствующий достоверному повышению урожайности хлопчатника.

Таблица 7.6.

Влияние применения направителя на качественные показатели семян посевной фракции диэлектросортировщика СДХ [61]
(сорт АН-Узбекистан-3)

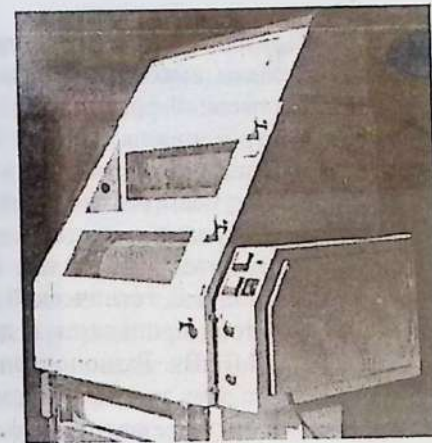
№ п/п	Наименование показателей	Семена				
		Исходные (контроль)	Посевная фракция			
			без направителя	откл. от кон- троля	с на- пра- вите- лем	откл. от кон- троля
1	Масса 1000 шт, г	104,7	109,3	+4,6	111,9	+7,2
2	Опушенность, %	6,5	5,7	-0,8	4,5	-2,0
3	Доля семян с плотно- стью, % : $\gamma \geq 1,0 \text{ г/см}^3$	76,0	82,0	+6,0	94,0	+18,0
	$\gamma < 1,0 \text{ г/см}^3$	24,0	18,0	-6,0	6,0	-18,0
4	Выход посевной фракции, %	100,0	91,6	-	81,9	-9,7*
5	Энергия прорастания, %	-	72,2	-	80,9	+8,7*
6	Лабораторная всхожесть, %	-	82,6	-	86,5	+3,9*

*-относительно варианта без направителя.

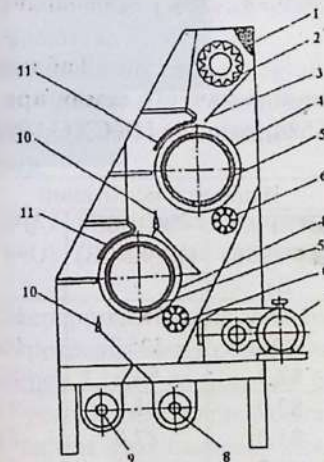
По результатам проведенных исследований в «СКБ по Хлопкоочистке» (ныне ООО «Рахтагин КБ») разработан комплект конструкторско-технологической документации, утверждены технические условия и изготовлен опытно-промышленный образец двухбарабанного диэлектрического сортировщика ЭЧС, успешно прошедшего приемочные испытания межведомственной комиссии в 1995 г. и рекомендованного к серийному производству (рис.7.9).

Он предназначен для сортирования опушенных, малоопушенных и оголенных семян хлопчатника путем разделения в посевную фракцию физиологически зрелых семян из общей массы посевного материала.

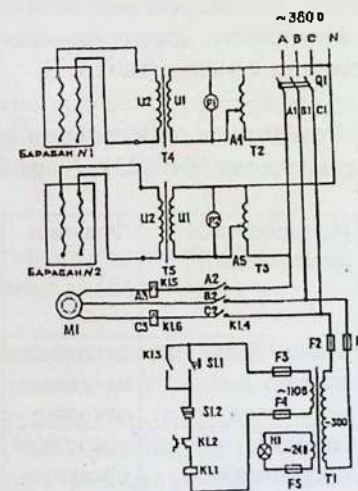
Технологический процесс разделения в сортировщике происходит следующим образом. Семена хлопчатника 1 (рис.7.9б) загружаются в бункер и попадают на колосниково-катушечный подающий механизм 2 и по скатной плоскости 3 равномерным потоком подаются и укладываются направителями 11 на поверхность враща-



а)



б)



в)

Рисунок 7.9. Общий вид (а), технологическая (б) и принципиальная электрическая (в) схемы промышленного образца диэлектрического сортировщика семян (ЭЧС) хлопчатника: 1-семена; 2-питатель-дозатор; 3-скатная доска; 4-бифилярная обмотка; 5-барабан; 6-очистная щетка; 7-электропривод; 8-шпек технической фракции; 9-шпек посевной фракции; 10-разделитель фракций; 11-направитель.

ющегося барабана 5, на котором уложены электроды, подключенные к разнополярным выходам высоковольтного источника через контактные кольца. Поток посевной фракции верхнего барабана подается для повторного сортирования на нижний барабан 5. Физиологически зрелые и обладающие более высокими агробиологическими свойствами семена поступают на выводной шнек 9 посевной фракции. Поток недозрелых, шуплых и пустых семян, а также мелкие примеси, снимаемые очистными щетками 6, скатываясь по плоскостям 10 поступают на шнек 8, технической фракции.

Рабочие органы сепаратора приводятся в движение от электродвигателя 7 мощностью 4,0 кВт. Разнополярные электроды барабанов получают питание от двух трансформаторов Т₄ и Т₅ марки ТГ-1020, подключенных к сети через автотрансформаторы Т₂ и Т₃ марки ЛАТР-1М, регулирующих напряжения от 0 до 220 В.

Испытания диэлектросортировщика ЭЧС проводились на опущенных семенах (табл.7.7).

Таблица 7.7.

Результаты определения посевных качеств семян при испытаниях ЭЧС[231] (сорт С-6524, данные ЦКСХС,1995 г.)

№ п/п	Наименование показателей	Фракции	Варианты испытаний		
			ЭСЧ-05 (U=3250 В)	ЭСЧ-06 (U=4000В)	ЭСЧ-07 (U=4750В)
1	Масса 1000 шт семян, г	исходные	106,1	103,5	102,5
		посевные	108,4	105,3	108,2
		отходы	82,3	84,4	82,0
2	Энергия прорастания, %	исходные	82,0	81,0	81,0
		посевные	83,0	87,0	88,0
		отходы	54,0	65,0	64,0
3	Всхожесть, %	исходные	83,0	82,0	83,0
		посевные	86,0	89,0	89,9
		отходы	55,0	66,0	70,0
4	Механическая поврежденность, %	исходные	7,2	8,3	8,6
		посевные	6,6	7,0	5,2
		отходы	-	-	-
5	Выход посев. фракции, %		96,0	89,9	84,0
6	Доля семян с $\gamma=1$ г/см ³	исходные	76,4	77,8	75,9
		посевные	79,5	81,5	83,6
		отходы	37,2	48,0	54,1

С увеличением напряжения электродов выход семян в посевную фракцию уменьшается с 96,0 до 84,0%, что сопровождается повышением агробиологических показателей. Энергия прорастания повышается с 83,0 до 88,0%, а всхожести – с 86,0 до 89,0%. Следует отметить, что с повышением напряжения уменьшается разница между энергией прорастания и всхожестью семян посевной фракции с 3 до 1%. Это свидетельствует о том, что в режиме ЭЧС-07 в посевную фракцию выделено максимально-возможное количество физиологически зрелых семян из состава исходного посевного материала. Прирост лабораторной всхожести в результате сортирования составляет 6-7%, что указывает на возможность повышения качества на 2 класса. Во всех режимах, наблюдается уменьшение механической поврежденности семян на 0,6-3,4%, что также является немаловажным фактором. Это объясняется тем, что семена с плотностью $\gamma < 1$ обладают механически слабыми кожурками, которые легко повреждаются.

Установлено также, что энергия прорастания и всхожесть семян в отходах имеют низкие показатели (54-70%), свидетельствующие о выделении в них семян с низкими агробиологическими показателями.

7.2. Исследования процессов электрохимического протравливания семян хлопчатника

Экспериментальная установка, предназначенная для исследования протравливания семян хлопчатника электрохимическим способом (рис.7.10а), состоит из бункера с питателем-дозатором для семян, устройства зарядки семян (УЗС), устройство распыла и зарядки частиц ядохимиката (электростатический распылитель) и камеры осаждения.

На дне бункера 1 (рис.7.10б) для равномерной подачи семян установлен валичный питатель 2 и УЗС, закрепленный на диэлектрическом кожухе 3. Под питателем установлена диэлектрическая наклонная плоскость 4 из диэлектрического материала, в продолжении которой закреплен потенциальный электрод 5 (на рис.7.10в поз.2), выполненный из металлической сетки и подключенный к отрицательному полюсу высоковольтного источника. Над диэлектрической плоскостью установлен козырек 6 из прорезиненного материала для уменьшения отскока семян, а над потенциальным

электродом расположен заземленный электрод 7 (на рис.7.10в поз.1). Для создания неоднородного электростатического поля электроды установлены в виде расходящихся плоскостей в направлении движения потока семян. Межэлектродное пространство УЗС соединено с вентилятором 8 и циклоном 9. Для удаления не осевших на семенах частиц ядохимиката камера осаждения 10, изготовленная из винипласта, через фильтр 11 соединена с вентилятором 12. Дробление рабочей суспензии фентиурама, поступающей из емкости 13 через регулировочный кран 14, осуществлялось в электростатическом распылителе 15 под действием воздушного потока компрессора 16. Для сглаживания пульсации воздуха установлен ресивер 17.

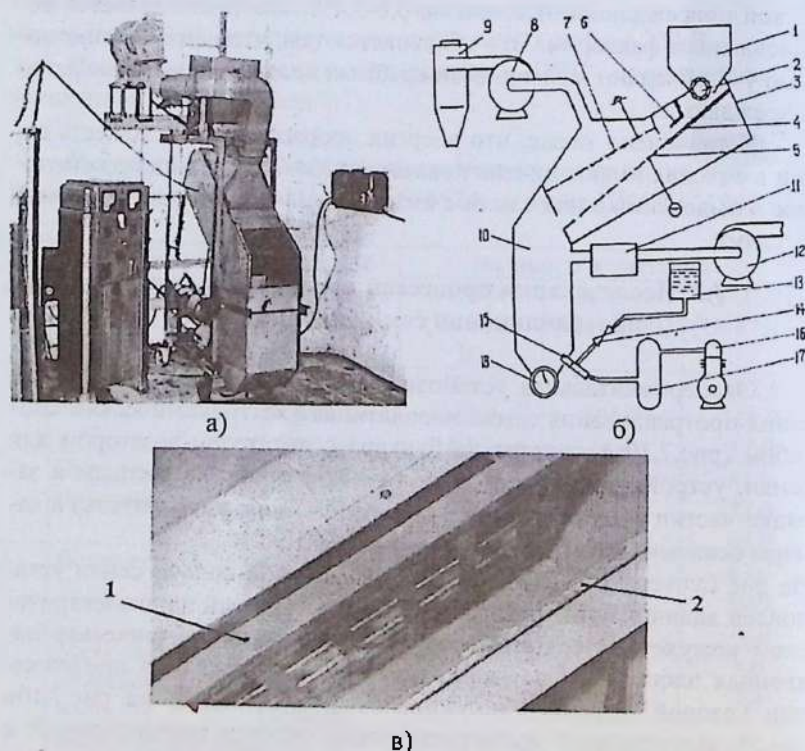


Рисунок 7.10. Общий вид (а), технологическая схема (б) и полеобразующие электроды(в) экспериментального электрохимического протравливателя

Процесс протравливания происходит следующим образом. Семена из бункера равномерным потоком поступают на нижний (потенциальный) электрод и передвигаются по нему вниз, контактируясь с которым получают определенное количество отрицательного заряда. Одновременно с зарядкой происходит очистка поверхности семян от примесей под действием электростатических сил и сил воздушного потока, протягиваемого вентилятором через сетчатые электроды. В дальнейшем примеси поступают в циклон, где происходит их сепарирование от воздуха. Заряженные отрицательным знаком семена поступают в камеру осаждения, куда одновременно подаются мелкораспыленные частицы химиката, имеющие положительный знак заряда. Под действием электростатических и аэродинамических сил поверхность семян покрывается частицами ядохимиката.

УЗС получает питание от кенотронного выпрямителя высокого напряжения ВС-50-50, который позволяет регулировать напряжения в пределах 0-50 кВ.

Время контактирования семян с потенциальным электродом должно быть достаточным для сообщения им максимального заряда по кинетике их зарядки. На основании рис.5.2. и с учетом того, что минимальная влажность жизнеспособных семян хлопчатника находится в пределах 5-6%, время зарядки семян примем 0,6 с. Как показали ранее проведенные исследования [135], опущенные семена хлопчатника передвигаются по наклонному потенциальному электроду из стали со средней скоростью 1,5 м/с. Тогда длина потенциального электрода, необходимая для сообщения семенам максимального заряда, составляет 1,25 м.

Исходя из необходимости создания градиента напряженности в межэлектродном пространстве УЗС, препятствующего попаданию выделяемых семенами примесей (хлопковых волокон) в камеру протравливания (см. п.5.5), был обоснован угол расхождения электродов, равный 4° [135].

Угол наклона потенциального электрода относительно горизонта (угол ϕ по рис.5.7) был выбран исходя из изменения коэффициента трения покоя опущенных семян по поверхности различных материалов (табл.3.3), равным 50° .

В целях улучшения процесса удаления волокон подпушка семян и вместе с ними и других примесей из межэлектродного про-

межутка, верхний заземленный электрод 1 (рис.7.10в) выполнен в виде металлической сетки с размерами ячеек 50х50 мм. При этом, для транспортировки волокон используется, наряду с воздушным потоком, эффект «выталкивания» электростатического поля в зоне отверстия решетки.

Для электризации распыляемых частиц суспензии фентиурама использовался способ индукционной зарядки [232], позволяющий работать на пониженных напряжениях по сравнению с коронным способом. Процесс распыла и зарядки суспензии фентиурама в щелевом и трубчатом электростатических распылителях происходит следующим образом. Под давлением воздушной струи суспензия дробится на мелкие частицы, которые при отрыве от кромки заземленных электродов 2 (рис.7.11) получают положительный знак заряда под действием электрического поля, имеющегося между индуцирующим 1 и заземленным 2 электродами.

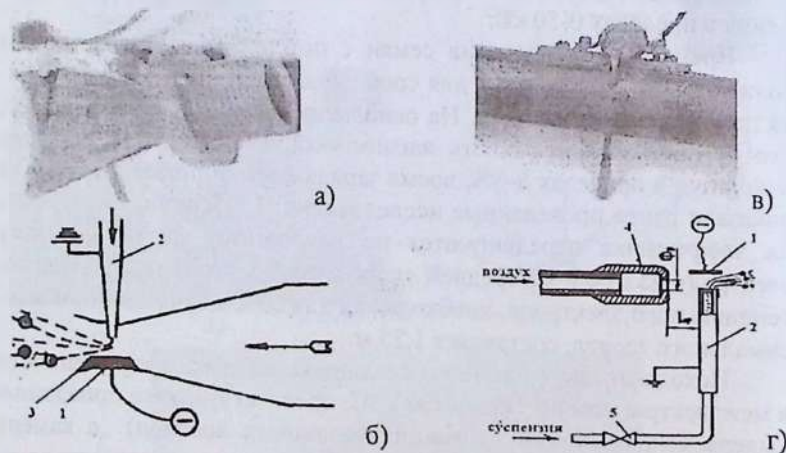


Рисунок 7.11. Общий вид (а и в) и принципиальные схемы (б и г) зарядки суспензии в щелевом (а и б) и трубчатом (в и г) распылителях: 1-индуцирующий электрод; 2-заземленный электрод; 3-изоляционный слой; 4-сопло; 5-регулирующий кран.

Степень зарядки частиц аэрозоля суспензии фентиурама оценивалась по средней плотности заряда [232]:

$$J = I_k / \Phi_{\text{жс}}, \quad (7.10)$$

где I_k — сила тока коллектора, А; $\Phi_{\text{жс}}$ — расход суспензии, мл/с.

Исследование плотности заряда суспензии показывает о наличии максимума в зависимости от напряжения индуцирующего электрода при работе как щелевого (рис.7.12б), так и трубчатого (рис.7.12в) распылителей. С увеличением расхода суспензии плотность заряда уменьшается, хотя величина заряда, уносимого распыляемыми частицами в единицу времени (сила тока коллектора) при этом возрастает.

Сравнение режимов работы распылителей показывает, что максимум плотности заряда у щелевого варианта достигается при меньшем напряжении индукции, чем во втором варианте. Однако величина максимальной плотности заряда частиц при работе трубчатого распылителя превосходит этот показатель щелевого распылителя в десятки раз при одинаковом расходе суспензии. Поэтому для ведения дальнейших исследований был использован трубчатый вариант распылителя.

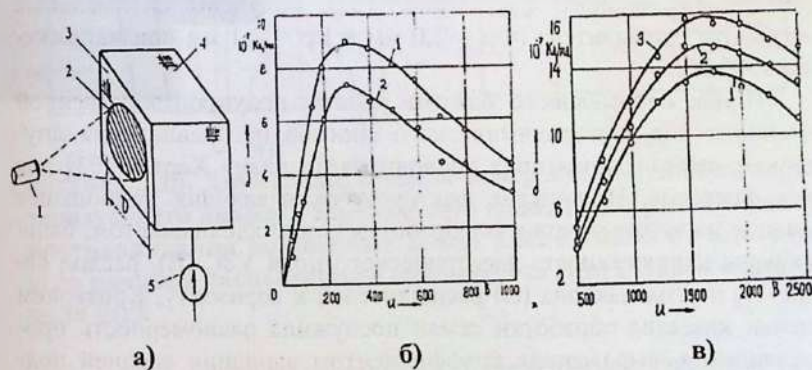


Рисунок 7.12. Схема (а: 1- распылитель; 2-отпечаток факела аэрозоля; 3-сетчатый экран; 4-сетчатый коллектор; 5-гальванометр) и результаты исследования щелевого (б) и трубчатого (в) электрораспылителей (при: 1- $\Phi_{\text{жс}}$ =8 мл/с; 2-10 мл/с; 3-12 мл/с)

При разработке электрораспылителей важно обеспечить зарядку частиц под наибольшим углом факела распыла, благоприятствующего взаимодействию разноименно заряженных потоков [232]. Поэтому в качестве параметра оптимизации был выбран диаметр отпечатка факела D (рис.7.11а) распыла.

Результаты предварительных экспериментов показали, что на величину диаметра факела распыла наибольшее влияние, при постоянном давлении в воздухопроводе, оказывают диаметр отверстия сопла — Φ_r и расстояние между соплом и распыливающей трубкой L_p (рис.7.11г). Для обоснования описанных факторов был реализован двухфакторный ортогональный центральный композиционный план второго порядка [233], по результатам которого получено уравнение регрессии:

$$Y = 19,573 + 0,260x_1 - 0,972x_2 + 0,460x_1x_2 - 1,737x_1^2 - 0,608x_2^2, \quad (7.11)$$

описывающее процесс зарядки и распыла частиц аэрозоля ядохимиката. В канонической форме оно имеет вид:

$$Y - 19,963 = -0,5603x_1^2 - 1,78x_2^2 \quad (7.12)$$

Путем дифференцирования (7.11) относительно x_1 , x_2 и изучения двумерного сечения поверхности отклика, характеризующего диаметр аэрозольного факела (рис.7.13а), получены оптимальные параметры распылителя ($\Phi_r = 2,0$ мм и $L_p = 2,4$ мм при напряжении 1500 В).

Понск оптимального режима работы полупроизводственной установки для электрохимического способа протравливания опущенных семян хлопчатника проводился по плану Хартли [93] для трех факторов. В качестве факторов, оказывающих наибольшее влияние на неравномерность обработки семян ядохимикатом, были выбраны напряженность электрического поля УЗС (Е), расход семян (Π) и угол наклона (ω) распылителей к горизонту. Критерием оценки качества обработки семян послужила равномерность протравливания, выраженная коэффициентом вариации средней полноты протравливания отдельных семян в выборке.

В результате обработки данных многофакторного эксперимента на ЭВМ получено уравнение регрессии (7.13), адекватно описывающее характер изменения неравномерности обработки отдельных семян хлопчатника в области экспериментирования [93]:

$$Y = 28,8017 - 3,6117x_1 + 4,0767x_2 - 5,7367x_3 + 5,8283x_1x_2 - 5,7450x_1x_3 - 0,8650x_2x_3 + 9,0395x_1^2 + 1,7778x_2^2 + 3,9278x_3^2. \quad (7.13)$$

Путем фиксирования одного из факторов на уровне, соответствующем оптимальному его значению, получены канонические

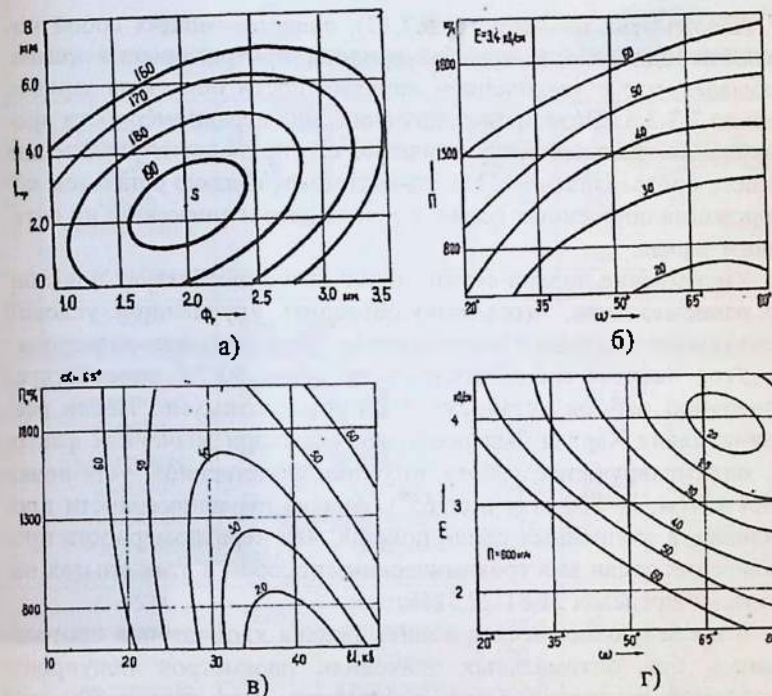


Рисунок 7.13. Двумерные сечения поверхности отклика, характеризующего диаметр аэрозольного факела (а) и равномерности протравливания опущенных семян хлопчатника от величины угла наклона распылителей ω (б), подачи Π (в) и напряженности поля E (г).

формы записи уравнения (7.13) для остальных двух факторов, которые запишутся

$$Y - 13,0526 = 10,0557x_1^2 + 0,7521x_2^2, \quad (7.14)$$

$$Y - 18,9829 = 10,3194x_1^2 + 2,6466x_3^2, \quad (7.15)$$

$$Y - 16,2766 = 4,0263x_2^2 + 1,6949x_3^2. \quad (7.16)$$

Собственные числа характеристических полиномов уравнений (7.14), (7.15) и (7.16) имеют одинаковые положительные знаки, поэтому поверхность отклика представляет собой эллиптический параболоид с минимумом в центре фигуры.

Таблица 7.8

Влияние электросортирования на посевные качества семян

№ оп-та	Показатели семян						
	Разновидность семян хлопчатника	Источник	Варианты семян	Масса 1000 семян, г	Всхожесть, %		
					лабораторная	полевая	откл. от контроля
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	С-6524 опушенные	[205]	контроль сортировка	121,6 124,0	90,2 93,1	52,5 67,2	+14,9
2.	Ташкент-1 опушенные	[205]	контроль сортировка	105,3 112,2	93,0 96,0	55,8 61,0	+5,2
3.	С-9070 оголенные	[234]	контроль сортировка	102,2 112,2	- -	69,1 83,9	+14,8
4.	С-9070 оголенные	[235]	контроль сортировка	109,9 114,3	88,0 90,7	63,1 81,9	+8,8
5.	Киргиз-3 опушенные	[236]	контроль сортировка	102,1 109,7	- -	74,6 94,1	+19,5
6.	С-6524 опушенные	[226]	контроль сортировка	121,0 127,0	86,0 93,0	48,2 63,4	+15,2
7.	Бухара-6 опушенные	[237]	контроль сортировка	120,4 125,8	- -	42,5 62,5	+20,0
8.	Бухара-6 опушенные	[237]	контроль сортировка	118,6 121,0	- -	68,6 82,9	+14,3
9.	Бухара-6 опушенные	[237]	контроль сортировка	118,3 122,3	- -	65,7 77,1	+11,4
10.	С-6037 полуголые	[237]	контроль сортировка	121,9 127,5	- -	46,0 58,0	+12,0
11.	С-6037 полуголые	[237]	контроль сортировка	121,2 125,2	- -	64,4 77,8	+13,4
12.	С-6037 полуголые	[237]	контроль сортировка	118,8 123,7	- -	62,2 73,3	+11,1
13.	С-4727 оголенные	[238]	контроль сортировка	100,8 105,3	87,0 92,0	- -	-
14.	С-4880 опушенные	[239]	контроль сортировка	106,5 112,6	89,5 96,5	- -	-
15.	Омал опушенные	[240]	контроль сортировка	116,3 119,8	95,0 99,0	- -	-
16.	С-6524 опушенные	[246]	контроль сортировка	116,0 118,0	84,0 95,0	81,1 84,8	+3,7
17.	Наманган оголенные	[247]	контроль сортировка	117,0 121,0	91,5 92,8	51,5 51,0	-0,5

Анализ этих изолиний (рис. 7.13), представляющих собой поверхности одинаковой неравномерности протравливания семян, показывает, что с увеличением напряженности поля узла зарядки семян до 3,3-3,6 кВ/см происходит снижение неравномерности протравливания. Дальнейшее увеличение его приведет к ухудшению процесса протравливания. Это, по-видимому, связано с началом коронирования опушенных семян, приводящего к снижению их остаточного заряда.

Уменьшение подачи семян до 800 кг/ч способствует повышению равномерности, что можно объяснить улучшением условий контактирования семян с поверхностью потенциального электрода.

Угол наклона распылителей в пределах 60-70° способствует достижению работы установки в области оптимума. После реализации плана Хартли был поставлен опыт при значениях факторов, оптимизирующих работу полупроизводственной установки ($E=3,4$ кВ/см; $P=800$ кг/ч и $\omega=65^\circ$). Анализ неравномерности протравливания опушенных семян показал, что неравномерность протравливания семян электрохимическим способом в этих опытах находилась в пределах 21,81-22,52%.

В последующих исследованиях семена хлопчатника протравливались при оптимальных значениях параметров полупроизводственной установки. Следует отметить, что подача 800 кг/ч обоснована при ширине электродов УЗС 0,4 м. Ее величина на 1 м ширины электродов составляет 2000 кг/ч.

7.3. Агротехническая оценка семян, подготовленных электротехнологическими способами

7.3.1. Влияние сортирования на агробиологические показатели семян и растений хлопчатника

Для проверки агротехнической эффективности сортированных в диэлектрических устройствах семян, проводились полевые опыты [205, 226, 234-240] с привлечением ученых-агрономов ведущих научных коллективов, в различных почвенно-климатических условиях Узбекистана, некоторые результаты которых опубликованы в открытой печати [52, 228, 241-245].

Анализ полученных результатов (табл. 7.8) свидетельствует о значительном улучшении посевных качеств семян. В посевную

фракцию выделяются физиологические зрелые полновесные семена, в результате чего масса 1000 шт. увеличивается на 2,0-10,0 г., лабораторная всхожесть повышается на 1,3-11,0%. Это еще сильнее сказывалось на полевой всхожести семян, где они подвергаются воздействию экстремальных условий внешней среды. Повышение полевой всхожести в 10 опытах из 14 составляет 11,1-20,0%, в 3 опытах – 3,7-8,8% и лишь в одном опыте она находилась на уровне контрольных, что показывает о значительном повышении жизнеспособности семян в результате их сортирования в диэлектрическом устройстве.

Изучение оголенных семян сорта С-6524 в Центральной контрольной семенной хлопковой станции (ЦКСХС) в 1992-94 гг. показало, что в результате сортирования в диэлектрическом устройстве наблюдается снижение влажности семян на 0,3-1,0%, механической поврежденности – на 0,1-2,7%. [248]. Это может быть вызвано увеличением электрической силы притяжения к рабочему органу более увлажненных семян, которые проносятся в техническую фракцию. Снижение механической поврежденности происходит в результате того, что основная часть незрелых семян, обладающих кожурой меньшей механической прочности, также выделяются в техническую фракцию.

О повышении качества посевного материала свидетельствует увеличение среднего показателя зрелости с 96/15 до 98/11, а в некоторых случаях до 100/6. Энергия прорастания семян повышается с 90,3 до 95,3% при росте лабораторной всхожести с 94,0 до 95,7% [248], т.е. энергия прорастания почти приравнивается с всхожестью.

Ранние сроки и высокие темпы появления всходов обусловили ускорения роста и развития опытных растений по сравнению с контрольными (табл.7.9). Поэтому высота главного стебля опытных растений повышается в зависимости от селекционного сорта и почвенно-климатических условий на 0,4-14,9 см. при среднем значении 5,6 см.

В 12 полевых опытах из 15 на каждом опытном растении на 1,3 шт. больше образовалась симподии, а в трех опытах количество симподий оказалась равными у контрольных и опытных растений хлопчатника. Ускорение в развитии приводит к образованию у опытных растений на 0,2-3,9 шт. больше коробочек, содержащих 0,1-0,8 г. больше массы хлопка-сырца по сравнению с контрольными, что повышает урожайность хлопковых полей.

Таблица 7.9.

Влияние электросортирования семян на рост, развитие и урожайность растений хлопчатника

№ опыта*	Высота главного стебля, см	Кол-во симп. ветвей, т/раст.	Кол-во коробочек, шт/раст.	Масса хлопка 1 короб. г.	Густота растен. тыс.шт./га	Урожайность хлопка, ц/га	Откл.от конт-роля ±ц/га	НСР 0,95, ±ц/га	Доля хлопка 1-сбора, %
1	-	10,8 12,6	-	4,6 4,7	88,9 125,0	25,2 28,1	+2,9	1,51	39,3 43,1
2	64,2 66,1	11,3 11,9	7,5 7,7	5,5 5,5	73,8 84,4	36,8 38,2	+1,4	0,96	66,3 65,6
3	78,4 83,5	10,3 10,4	7,1 7,5	4,2 4,4	103,4 101,3	26,7 27,8	+1,1	1,51	56,9 63,3
4	81,3 82,6	9,3 10,0	9,4 10,2	4,3 4,6	74,5 75,3	23,4 26,7	+3,3	1,72	58,1 69,6
5	78,7 85,5	13,8 15,4	8,5 9,7	5,4 6,1	90,2 93,9	34,7 37,9	+3,2	1,42	86,6 93,5
6	71,6 82,5	10,0 11,0	7,0 8,7	-	95,2 95,4	28,1 31,7	+3,6	1,43	-
7	71,7 86,8	14,0 16,7	8,2 11,2	4,8 5,4	89,6 88,6	33,1 36,7	+3,6	1,93	-
8	72,5 81,4	15,0 16,6	14,3 17,1	5,6 6,4	67,0 66,0	37,7 42,3	+4,6	1,59	86,7 87,0
9	70,4 76,5	15,1 16,0	7,8 9,5	5,5 5,8	66,6 65,7	26,5 30,4	+3,9	1,86	95,1 92,8
10	71,6 83,7	15,3 16,8	11,9 15,8	2,9 3,2	101,2 100,1	26,0 30,4	+4,4	1,33	-
11	75,0 82,3	15,2 16,6	10,3 12,4	2,6 3,0	83,6 82,3	29,0 33,1	+4,1	1,59	71,0 72,2
12	58,3 69,3	13,0 15,4	13,4 16,6	2,2 2,5	84,0 83,1	22,9 26,9	+4,0	1,86	95,6 95,5
14	74,5 77,8	15,7 14,1	10,0 12,3	5,2 5,5	67,3 69,4	22,2 29,5	+7,3	4,53	77,9 79,3
15	21,3 25,8	-	12,0 13,0	-	93,2 94,9	35,1 36,6	+1,5	2,90	-
16	87,7 88,6	12,2 12,4	10,2 10,5	-	80,4 83,5	45,7 48,9	+3,2	1,87	-
17	75,5 74,8	13,1 12,9	8,2 9,0	4,4 4,7	68,5 69,2	27,2 27,8	+0,6	1,46	66,9 69,1

*-варианты аналогичны таблице 7.8

Урожай хлопка-сырца в опытах изменился в пределах 22,2-48,9 ц/га в зависимости от разновидности хлопчатника и почвенно-климатических условий. В результате увеличения количества коробочек на одном растении и повышении массы содержащегося в них сырца урожайность полей повышается на 0,6-7,3 ц/га при среднем значении 3,2 ц/га. Причем в 14 опытах получена статистически достоверная прибавка урожая хлопка при общей средней урожайности 30,3 ц/га.

Для выяснения эффективности применения диэлектрического устройства в Узбекском НИИ хлопководства в 1992-93 гг. проводилась полевая проверка семян, подготовленных, в СПС и СДХ [226], результаты которой представлены в таблице 7.10.

Таблица 7.10

Сравнительные показатели сортирования семян хлопчатника на аэродинамическом (СПС) и диэлектрическом (СДХ) устройствах (данные УзНИИХ, 1992-93 гг., С-6524)

№ п/п	Наименование показателей	Способ подготовки семян					
		Контроль	СПС (базовый)	Откл. от контроля	СДХ (новый)	Откл. от контроля	Откл. от базового
1	Масса 1000 семян, г	121,0	124,0	+3,0	127	+6,0	+3,0
2	Энергия прорастания, %	83,5	86,5	+3,0	89,0	+6,0	+3,0
3	Лаб. всхожесть, %	86,0	89,0	+3,0	93,0	+7,0	+4,0
4	Полевая всхожесть, %	48,2	50,9	+2,7	63,4	+15,2	+12,5
5	Доля пустых гнезд, %	22,0	18,3	-3,7	13,6	-8,4	-4,7
6	Высота растений, см	71,6	80,2	+8,6	82,5	+11,9	+3,3
7	Кол-во симпод. ветвей, шт/раст.	10,0	10,3	+0,3	11,0	+1,0	+0,7
8	Кол-во коробочек, шт/раст.	7,0	7,5	+0,5	8,7	+1,7	+1,2
9	Урожайность хлопка, ц/га:						
	1992 г. (НСР ₀₅ =0,85)	28,3	28,7	+0,4	31,0	+2,7	+2,3
	1993 г. (НСР ₀₅ =1,43)	27,8	29,0	+1,2	32,3	+4,5	+3,3

Сравнение полученных результатов показывает, что диэлектрический сортировщик обеспечивает более качественную подготовку посевных семян по сравнению с аэродинамическим. При этом наблюдается дополнительное повышение массы 1000 семян на 3,0 г., энергии прорастания и всхожести на 3-4 %. О значительном повышении качества семян свидетельствует повышение полевой всхожести и снижение количества пустых гнезд, в результате чего улучшается равномерность размещения растений по полю. Ускорение роста и развития растений приводит к образованию большего количества коробочек и накоплению на 2,3-3,3 ц/га больше урожая хлопка-сырца по сравнению с сортированием в СПС.

В течение 1989-1995 гг. на полях ряда хозяйств Республики Каракалпакстан, Бухарской, Самаркандской, Сырдарьинской, Кашкадарьинской, Навоийской, Ташкентской областей Узбекистана и Чимкентской области Казахстана были засеяны более 2000 т. подготовленных с помощью диэлектрических сортировщиков СДХ и ЧДС-1 семена хлопчатника селекционных сортов Бухара-6, Ташкент-1, АН-Баят-2, С-4727, Ф-108, Юлдуз, Киргиз-3. Результаты широких хозяйственных проверок показали, что сортирование семян в диэлектрическом устройстве позволяет получить прибавку урожая хлопка-сырца в пределах 2,0-4,2 ц/га. Такая же прибавка урожая получена в результате сортирования 534 т семян хлопчатника сортов С-6524, С-6530, С-2609, Окдаре-6, 175-Ф в течение 2001-2005 гг. впоследствии дражированных на экспериментальном цехе УзМЭИ и засеянных в хозяйствах ряда областей страны.

В целом, проведенные исследования в полевых условиях и широкие хозяйственные проверки свидетельствуют о том, что диэлектрическое сортирующее устройство производит отбор в посевную фракцию физиологически зрелые семена хлопчатника, обладающие высокими агробиологическими показателями.

7.3.2. Полевая проверка семян хлопчатника, протравленных электрохимическим способом

Сперва изучалось влияние обработки посевных семян электростатическим полем на заболеваемость проростков хлопчатника гоммом вследствие повышения их резистентности к заболеваниям [93]. Для этой цели исследования проводились с искусственно зараженными

ми бактериями гоммоза семенах в лабораторно-полевых условиях [135].

Метеорологические условия проведения опыта в 1979 г. были благоприятными для проявления гоммоза в хлопчатнике. Количество осадков в апреле месяце превысило многолетние данные в 2,5 раза. Температура воздуха колебалась в пределах 13,2-19,2°C, что ниже средней многолетней на 1,2-3,1°C. В целом метеорологические условия оказались определяющим фактором в заболевании растений хлопчатника гоммозом. Именно этим можно объяснить поражение семядольной формой гоммоза свыше 80% растений в варианте, где высевались исходные семена (табл. 7.11).

Во всех вариантах, где семена обрабатывались в электростатическом поле ($E = 6 \text{ кВ/см}$, $h = 1 \text{ см}$, $t = 2 \text{ с}$) наблюдается снижение заболеваемости растений гоммозом всех трех форм при повышенной полевой всхожести на 5-7%. Однако заболеваемость в этих вариантах выше, чем в варианте с химической обработкой семян. Сравнение заболеваемости растений в вариантах с обработкой се-

Таблица 7.11.

Влияние различных способов обеззараживания семян на заболеваемость растений гоммозом

№ п/п	Варианты	Всхо- жесть	Форма заболеваемости гоммозом, %		
			семя- доль- ная	лис- товая	стеб- левая
1	Исходные семена	71,3	82,40	69,07	11,0
2	Зараженные гоммозом (контроль)	72,5	88,37	78,25	20,0
3	Зараженные гоммозом, об- работанные фентиурамом	73,8	12,41	5,17	1,5
4	Зараженные гоммозом, об- работанные электрическим полем	77,5	75,05	52,75	7,5
5	Предварительно обработан- ные электрическим полем и зараженные гоммозом	78,3	78,75	65,37	14,0

мян в электростатическом поле после и до их заражения бактериями гоммоза, показывает, что в первом случае электрообработка дает больший эффект. Особенно это сильнее сказывается в листовой и стеблевой формах заболевания, которые приносят больший ущерб урожайности хлопчатника, чем семядольная форма.

Видимо электрическое поле угнетающе воздействует на определенную часть бактерий гоммоза, находящихся на поверхности семян, когда следствие электрического поля приводит к снижению биологической активности микроорганизмов [93].

Поэтому дальнейшие исследования были направлены на изучение влияния различных норм протравливания электрохимическим способом на посевные качества семян, появление всходов, рост, развитие, заболеваемость и урожайность растений хлопчатника. Электрохимическое протравливание в полупроизводственной установке производилось при параметрах, обоснованных в п. 7.2. В 1981-1983 гг. проводились лабораторно-полевые [249-251], а в 1984 и 1985 гг. полевые опыты [252, 253] по проверке семян, протравленных электрохимическим способом.

В мелкоделяночных опытах 1981-1983 гг. использовали опущенные семена хлопчатника сорта Ташкент-1, искусственно зараженные гоммозом, которые высевали вручную. В 1984 и 1985 гг. высевали опущенные, незараженные семена хлопчатника сорта С-4880 сеялкой СЧХ-4А. Во всех опытах электрохимически обработанные семена сравнивали с семенами, протравленными обычным механическим способом.

В том и другом случае протравителем служил препарат фентиурам в нормах 12, 10, 8 и 6 кг на 1 т семян. Обработку проводили в экспериментальном образце электропротравливателя. Результаты исследований представлены в таблице 7.12. Электрохимический способ протравливания повышал полевую всхожесть семян. В среднем за три года в мелкоделяночных опытах полевая всхожесть таких семян была больше, чем семян, обработанных механическим способом, на 1,83-6,20 %. Причем в отдельные годы эти различия в зависимости от нормы фентиурама возрастали до 11,2%. Меньшая полевая всхожесть семян в 1981 г. по сравнению с последующими годами была вызвана образованием мощной почвенной корки из-за обильных осадков, их в мае выпало в два раза больше нормы.

В опытах 1984 и 1985 гг. были получены полноценные всходы. Однако при норме фентиурама 12 кг/т отмечена меньшая всхо-

жесть семян при электрохимическом протравливании по сравнению с механическим. Возможно, причина данного явления в более полном протравливании семян при первом способе обработки и отрицательном вследствие этого действии фентиурама. Такое же количество всходов, как и при механическом протравливании в норме 12 кг/т фентиурама, получено при электрохимическом протравливании, но при меньшей норме препарата — 10-8 кг/га [251,252].

Таблица 7.12.

Влияние электрохимического протравливания на всхожесть семян и заболеваемость, рост и урожайность растений хлопчатника в полевых условиях (сорт С-4880, САИМЭ)

№ варианта	Способ протравливания	Норма фентиурама, кг/т	Среднегодовые показатели					
			1981-1983 гг.		1981-1985 гг.			
			Полевая всхожесть семян, %	Заболеваемость семядольным гоммозом, %	Высота растений, см	Количество коробочек, шт/раст.	Урожайность хлопка, ц/га	Отклонение от контроля
1	Механический (контр.)	12	56,1	19,0	91,8	6,5	28,9	0,0
2	Электрохимический	12	57,0	11,4	93,2	6,8	29,9	+1,0
3	Электрохимический	10	60,4	11,5	92,4	7,2	30,3	+1,4
4	Электрохимический	8	61,4	13,2	94,2	7,5	30,4	+1,5
5	Электрохимический	6	58,7	14,9	92,0	7,0	29,7	+0,7
6	Зараженные гоммозом	0	47,2	43,9	-	-	-	-

$HC_{0,95} = \pm 1,16$ ц/га

Влажные и теплые весенние периоды 1981 и 1982 гг. были благоприятны для развития вредителей и болезней хлопчатника. Заболеваемость растений гоммозом в эти годы была высокой, и по-

этому особенно четко проявились преимущества электрохимического способа протравливания. Во всех случаях его использования пораженность растений гоммозом была ниже, чем при механическом. В среднем за три года она была меньше на 4,1-7,6%, а в опыте 1982 г. — на 11,2%. При этом, если с уменьшением нормы фентиурама с 12 до 6 кг/т при обычном способе заболеваемость растений повышалась с 19,8 до 21,4%, то при электрохимическом способе при нормах 12, 10 и 8 кг/т она практически была одинаковой

11,3; 9,6; 10,7% и лишь при норме 6 кг/т повышалась до 16,1%. Норма фентиурама в 6 кг/т оказалась недостаточно надежной для защиты семян от болезней, хотя более эффективной она была при электрохимическом способе. Даже по сравнению с нормой 12 кг/т, механически нанесенной на семена, она снижала заболеваемость растений в отдельные годы на 1,5-6,9% [254,182, 249, 250].

В опытах 1984 и 1985 гг. в условиях засушливой весны заболевания растений гоммозом не наблюдалось.

Вследствие стимулирующего действия электростатического поля и уменьшения угнетающего действия химического препарата из-за повышения равномерности его распределения между отдельными семенами происходит некоторое ускорение в росте и развитии растений хлопчатника с электрохимически протравленными семенами. Высота растений в опытных вариантах за 5 лет в среднем была больше на 0,2-2,4 см по сравнению с контрольными. Во всех вариантах с электрохимическим протравливанием вследствие ускорения развития растений 0,3-1,0 шт. образовалось больше коробочек, что привело к повышению урожайности хлопка.

Наиболее заметно действие электрохимического способа протравливания семян на урожай хлопка проявилось в опыте 1982 г. при нормах фентиурама 10, 8 и 6 кг/т достоверная прибавка урожая по сравнению с обычным способом составила соответственно 3,2; 3,7 и 4,2 ц/га хлопка.

В полевом опыте 1984 г. в вариантах с механической обработкой семян фентиурамом в норме 12 кг/т и электрохимическим протравливанием в норме 12, 10 и 8 кг/т получены практически равноценные урожаи хлопка-сырца — 34,3-35,5 ц/га. А при норме фентиурама 6 кг/т урожай составил 32,1 ц/га, что ниже на 2,5 ц/га, чем в контроле. Это снижение урожая математически достоверно и показывает, что в полевых условиях уменьшение нормы расхода фен-

тиурама ниже 8 кг/т не способствует получению положительного эффекта.

В опыте 1985 года во всех вариантах электрохимического протравливания получена прибавка урожая хлопка.

Анализ пятилетних данных по урожайности показывает, что уменьшение с 12 до 6 кг/т нормы расхода фентиурама при электрохимическом протравливании не приводит к снижению продуктивности растений. Однако, учитывая то, что при благоприятных условиях для развития гоммоза норма 6 кг/т оказалась недостаточной для надежной защиты всходов от заболеваемости, норму фентиурама для электрохимического протравливания можно принять равной 8 кг/т, т.е. ниже на 30% рекомендованной.

7.3.3. Влияние обеззараживания семян в ЭМП СВЧ на агропоказатели растений хлопчатника

В результате лабораторных исследований была обоснована возможность обеззараживания семян хлопчатника от болезнетворных микроорганизмов с помощью электромагнитного поля сверхвысокой частоты определенной дозы без применения ядовитых химических препаратов. Для обоснования основных параметров и режимов экологически чистого электрообеззараживания на полях УзНИИССХ проводился полевой мелкоделяночный опыт с семенами хлопчатника, подготовленными различными способами [217]. Основные результаты этого опыта предназначенного для обоснования технологической последовательности и дозы обеззараживания, представлены в таблице 7.13.

Темпы появления всходов в опытных делянках во время 1-учета явно дифференцировались в зависимости от вариантов: наилучшие показатели были у исходных (1-варианта), химических протравленных (контроль-3-вариант) и из опытных у 8-, 11- и 12-вариантов, где количество лунков с всходами составляло 64-76,5%. При этом у вариантов, обработанных в ЭМП СВЧ, их было на 4-12,5% меньше, тогда как у остальных вариантов опытных семян этот показатель был на 21,5-57,5% меньше.

Во втором учете (через двое суток) количество лунков с всходами, несколько выравнивалось, но при сохранении той же закономерности, что нашло своего отражения в полевой всхожести семян. Однако следует отметить, что разница во втором учете между кон-

тролем и 8-, 11-, 12-вариантами находится в пределах ошибки (меньше $HC_{0,95} = 8,7\%$), дающей основание считать их равнозначными с контролем, что нашло своего подтверждения в дальнейшем в густоте стояния растений (табл. 7.13).

Видимо, в 5- и 9-вариантах семена были угнетены высокими дозами воздействующего электромагнитного поля, что привело к значительному снижению их полевой всхожести. Наилучшие показатели по всхожести из вариантов обработанных в электромагнитном поле, были у 8- и 12-вариантов, где она находилась в пределах 67,2-75,3%, что незначительно ниже 3,3-5,0% на день учета показателя контроля ($HC_{0,5} = 5,8\%$).

Рост и развитие растений происходило неравномерно: на день первого учета высота главного стебля у контрольных растений была выше электрообработанных на 0,3-1,1 см. Однако, в дальнейшем, из-за ускорения в росте во всех вариантах электрообработанных семян, опытные растения уже превышали контрольных на 4,3-7,1 см. В развитии растений наблюдается незначительное отклонение периодов 50% ного цветения и раскрытия коробочек. В 4-, 11 и 12-вариантах цветение проходило одновременно с контрольными растениями. У остальных вариантов оно удлинилось на 1,5-2 дня. Такое же удлинение периода раскрытия коробочек наблюдается у растений с 5-по 10-вариантов, а у 4-, 11- и 12-вариантов он находится на одинаковом уровне с контрольными растениями.

Исходные семена оказались сильно зараженными гоммозом в естественных условиях, о чем свидетельствует проявление у 36,7% растений листовой формы заболевания (табл. 7.13). Помимо этого, погодные условия весны этого года также оказались благоприятными для возбудителя гоммоза. Ярким подтверждением тому является заболевание 7,5% контрольных растений даже при протравливании семян химическим препаратом П-4. Анализ заболеваемости всходов хлопчатника гоммозом свидетельствует о явном влиянии на её величину технологического способа и режима обработки семян электромагнитным полем.

В вариантах с 4-по 7, где воздействию подверглись воздушно-сухие семена, заболеваемость листовой формой растений в 3-4 раза выше, чем в 8-...12-вариантах с обработкой предварительно увлажненных семян. Если средний уровень заболеваемости в первом случае также превышает заболеваемости варианта с химическим протравливанием (3-вариант) в 2,2-4,5 раза, то в случае с увлажненными

ми семенами (9-...12-варианты) она больше контрольного варианта всего на 2,9-3,3%. В 8-варианте этот показатель составляет всего 0,6%, что меньше заболеваемости контрольных растений на 6,9% или в 12,5 раза. Такое снижение заболеваемости растений листовой формой гоммоза может быть объяснено как денатурацией белков и субклеточных структур бактерий гоммоза вследствие теплового эффекта воздействия сверхвысокочастотного электромагнитного поля (особенно в 8-варианте), так и повышением резистентности зародышей будущих растений [71,93].

Снижение заболеваемости в 8-варианте является статистически достоверным, а её повышение в 9-...12-вариантах находится в пределах доверительного интервала, что позволяет считать заболеваемость в указанных вариантах на одинаковом уровне с контролем. В 4-...7-вариантах превышение заболеваемости всходов листовым гоммозом заболеваемости контрольных растений являются статистически достоверными.

Повышение резистентности зародышей играет ещё большую роль в заболевании растений хлопчатника стеблевой формой гоммоза. Это сильнее сказалось при обработке ЭМП СВЧ воздушно-сухих семян (4-...7-варианты), ибо в этом случае влияние нагрева бактерий полем будет меньше ввиду малой влажности поверхности семян. Следует подчеркнуть, что именно благодаря комплексному воздействию во всех вариантах электрообработки семян стеблевой гоммоз проявился меньше по сравнению с химическим протравливанием. В 10-...12-вариантах снижение стеблевого гоммоза является достоверным, а в остальных вариантах с обработкой ЭМП СВЧ — статистически на одинаковом уровне с контрольным вариантом.

Стимулирующее действие ЭМП СВЧ проявилось в статистически достоверном увеличении количества коробочек на одном растении в 6-, 10-, 11-вариантах на 0,3-0,4 шт. Кроме этого, в большинстве вариантов с электрообработкой (кроме 4-и 5-вариантов) масса хлопка-сырца одной коробочки увеличилась на 0,2-0,4 г., что является также статистически доказанным.

При средней густоте стояния растений по опыту 69,7 тыс./га она колебалась от 49,9 и 55 тыс./га, в 5-и 9-вариантах до 76,6 тыс./га в 10-варианте. Низкая густота стояния в указанных вариантах является следствием низкой полевой всхожести семян, а выравнивание густоты в остальных вариантах произошло в результате прореживания всходов.

Средняя урожайность по опыту составляла 35,21 ц/га, у контроля-34,5 ц/га. Наименьшая (достоверная) урожайность у 5-и 9-вариантов вызвана изреженностью хлопчатника вследствие угнетающего действия ЭМП СВЧ на семена из-за чрезмерно высокой дозы. Наибольшая статистически достоверная урожайность получена в 8-, 10-, 11-, 12-вариантах, где она больше контроля соответственно на 4,3, 4,2, 3,8 и 3,6 ц/га, что явилось логическим результатом прохождения всех этапов роста, развития и накопления урожая вариантов хлопчатника в онтогенезе.

Изложенный анализ позволяет считать достоверным возможность экологически чистого обеззараживания семян хлопчатника от болезнетворных микроорганизмов (гоммоза) при одновременном стимулировании биологической активности зародыша будущих растений путем их предпосевной обработки в электромагнитном поле сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), биофизические предпосылки которых изложены в п.6.4.

Влияние обработки в ЭМП СВЧ на некоторые агропоказатели семян и на растений хлопчатника (данные УзНИИССХ, С-6524, 2005 г.)

Таблица 7.13.

№ вари-анта*	Доля гнѣзд с всхода-ми (на 0,05), %	Высота, глав. стебля (на 0,08), см	К-во ко-роб. на 1 расте-нии (на 10,08), шт	Густо-та рас-тений, тыс.шт /га	Заболѣваемость го-лом, %	Откл. от контр. ±%	Откл. от контр. ±%	Масса хлоп-ка 1 ко-роб., г	Уро-жай-ность, ц/га	Откл. от контр. ±ц/га
1	94,0	77,5	8,4	68,3	36,7	+29,2	-1,4	4,7	31,6	-3,9
2	97,0	87,1	8,8	80,8	43,4	+35,9	+1,5	4,6	35,0	+0,5
3(кон.)	97,5	85,0	9,5	73,1	7,5	0,0	0,0	4,8	34,5	0,0
4	83,5	91,1	9,6	65,0	27,5	+19,7	-0,6	4,8	37,5	+3,0
5	63,5	92,5	9,4	49,9	16,9	+9,4	-1,3	4,6	29,1	-5,4
6	82,0	96,6	9,8	74,2	31,7	+24,2	-1,4	5,0	33,3	-1,2
7	90,0	97,1	9,5	72,9	33,0	25,5	-1,2	5,2	38,8	+4,3
8	96,5	91,3	9,4	75,0	0,6	-6,9	-1,1	5,2	35,4	+0,9
9	59,0	91,0	8,9	55,0	10,8	+3,3	+1,5	5,0	31,7	-2,8
10	87,5	94,4	9,8	76,6	11,4	-3,9	-3,0	5,0	38,7	+4,2
11	96,0	90,3	9,9	73,3	11,1	+3,6	-4,5	5,0	38,3	+3,8
12	96,5	89,3	9,6	72,1	10,4	+2,9	-2,3	5,0	38,1	+3,6
$\bar{x}$	86,1	90,25	9,38	69,68	20,06	-	-	4,93	35,21	-
σ	13,15	5,33	0,45	9,00	13,67	-	-	0,41	6,02	-
$S_{\bar{x}}$	3,8	1,54	0,13	2,60	1,97	-	-	0,06	0,87	-
$HC_{0,05}$	8,74	3,08	0,26	±5,20	3,94	-	-	±0,12	±1,74	-

*-варианты семян согласно табл. 6.5.

- 200 -

7.3.4. Эффективность различных технологий электроподготовки семян в полевых условиях

В ранее проведенных исследованиях по электростимулированию семян [70,123,127] было установлено, что эффективность воздействия электрического поля зависит от разновидности хлопчатника. Исследованиями САИМЭ по электростимуляции семян хлопчатника в электрическом поле коронного разряда (ЭПКР) [206,254] и электростатическом поле постоянного тока (ЭППТ) [255] были обоснованы, что воздействие полей напряженности 2-5 кВ/см в течение 0,2-60 с повышает биоактивность семян в период до 100-120 дней после обработки. Это означает, что электростимуляцию семян можно провести заблаговременно до посевного сезона.

Исходя из изложенного, исследования различных технологий подготовки, включающих сортирование в диэлектрическом устройстве и электростимуляцию в ЭППТ, ЭПКР и электростатическом поле промышленной частоты (ЭППЧ), были проведены на семенах средневолокнистого (С-9070, Киргиз-3, Бухара-6, Наманган-1) и тонковолокнистого (С-6037) хлопчатника. При этом электростимуляцию производили за 7-30 дней до посева при одинаковой дозе воздействия ($E=3$ кВ/см, $t=4$ с) ЭППТ, ЭПКР и ЭППЧ.

Полевая всхожесть семян сорта «Киргиз-3» заметно повышается в результате сортирования до 93,0-94,1% (табл. 7.14 а). Однако, наибольшую всхожесть имеют семена после двукратного сортирования и впоследствии обработанные в ЭППТ, а воздействие ЭПКР привело к снижению на 10,5%.

Наблюдается заметное ускорение в фазах развития растений вследствие сортирования, стимулирования и совместного их использования. Если в результате сортирования бутонизация и цветение растений ускоряется на 4 дня, то дополнительная электростимуляция в ЭППТ – ещё на 1-2 дня. Если дополнительная электростимуляция двукратного сортированных семян в ЭППЧ не изменила бутонизацию, то обработка в ЭПКР привела к задержке наступления этих фаз на 2 дня. В результате общего ускоряющего воздействия электротехнологических приемов период созревания урожая сократился на 7-12 дней.

Заболѣваемость растений снижается в результате как сортирования, так и воздействия электрических полей. Почти двукратное её

снижение происходит в результате сортирования и стимулирования всех трех заболеваний в 6-варианте.

Во всех опытных вариантах растений образовали большее количество симподий при накоплении коробочек на 0,4-2,0 шт больше. Отличительной особенностью этого опыта является то, что повышение массы хлопка одной коробочки происходит только от стимулирования семян в электрических полях. Анализ таблицы 7.14а показывает также, что наибольший эффект достигается при обработке в ЭПТТ двукратно сортированных семян, где урожайность хлопка повышается на 4,7 ц/га, что составляет 13,5% урожайности контрольного варианта. При обработке тех же семян в ЭППЧ и ЭПКР урожайность снижается на 0,5 и 0,7 ц/га.

Аналогичные закономерности влияния различных технологий подготовки оголенных семян на агропоказатели растений хлопчатника происходит при сорте С-9070 [234,235].

Несколько иное влияние оказывает дополнительная электростимуляция семян сортов Бухара-6 и С-6037 [237]. Если обработка исходных семян в ЭПТТ приводит к ускорению фаз развития растений и накоплению большего урожая хлопка, то в результате обработки двукратно сортированных семян в той же дозе происходит некоторое снижение агропоказателей растений хлопчатника. Видимо, суммарная доза воздействия электрического поля в процессах двукратного сортирования и электростимуляции оказалась больше Ду (см.рис.6.8), что вызвало некоторое снижение агропоказателей растений этих сортов для условий Бухарской области.

В опыте с опушенными семенами сорта «Наманган-1» контрольные и двукратно сортированные семена обрабатывались в разных видах электрических полей (табл.7.14б). Если все три вида электрических полей оказывают стимулирующее действие на исходные семена в равной степени, то реакция сортированных семян сильно зависит от вида воздействующего электрического поля. Наибольшая прибавка урожая получена в варианте с обработкой в ЭППЧ, а в варианте с ЭПКР происходит статистически достоверное снижение продуктивности растений хлопчатника до 1,7 ц/га.

Таблица 7.14

Влияние технологии электростимуляции семян на рост, развитие и урожай хлопчатника:
а) Сорт «Киргиз-3», опушенные (данные Самаркандского СХИ)

№ варианта	Кратность сортирования	Технология подготовки	Дата наступления 50% фазы			Высота главного стебля, см	Полевая всхожесть семян, %	Период созревания, дни	Заболесанность, %			Предуборочная густота, тыс/га	Кол-во симподий, шт/раст.	Кол-во коробочек, шт/раст.	Масса хлопка I коробки, г	Урожайность, ц/га	Отклонение от контроля
			Бутонизация, %	Цветения, %	Созревания, %				Гомозом	Корневой гниль	Вилтом						
1	Исходные (контроль)		18.06	15.07	17.09	78,7	74,6	127	17,5	60,5	19,0	90,2	13,8	8,5	4,2	34,7	0,0
3	1	-	14.06	11.07	10.09	84,1	93,0	117	12,4	38,4	17,7	96,7	15,1	9,4	4,2	36,8	+2,1
5	2	-	14.06	11.07	10.09	85,5	94,1	117	10,1	40,5	18,0	93,9	15,4	9,7	4,2	37,9	+3,2
2	-	ЭПТТ	16.06	13.07	13.09	81,3	89,1	120	14,4	40,1	15,4	83,5	14,7	8,9	4,6	36,2	+1,5
4	1	ЭПТТ	14.06	11.07	10.09	86,4	88,6	117	8,4	35,7	16,4	90,4	15,1	9,9	4,3	38,2	+3,5
6	2	ЭПТТ	13.06	09.07	08.09	90,2	96,1	115	7,2	35,7	11,5	89,6	16,3	10,5	4,4	39,4	+4,7
7	2	ЭППЧ	14.06	10.07	09.09	87,7	92,6	116	9,2	40,0	15,6	91,9	15,5	9,9	4,3	38,9	+4,2
8	2	ЭПКР	16.06	13.07	13.09	86,6	83,6	120	8,4	41,5	16,9	90,4	15,4	9,6	4,3	38,7	+4,0

S=2,38 ц/га; S_x=0,49 ц/га; НСР₀₅=1,42 ц/га.

б) Сорт Наманган-1, опущенные (данные САИМЭ) Продолжение таблицы 7.14

№ вари-анта	Технология электроподготовки семян		Количество всходов, тыс./га	Полевая всхожесть се-мян, %	Высота главного стебля, см	Кол-во симподий, шт./раст.	Кол-во коробочек, шт./раст.	Степень раскрытия, %	Предуборочная густота, тыс./га	Масса хлопка 1 коро-бочки, г	Урожайность, ц/га	Отклонение от контро-ля, ±ц/га
	Кратность сортирования	Вид электри-ческого поля										
1		Исходные (контроль)	137,3	51,5	75,5	13,1	8,2	42,2	68,5	4,4	27,2	0,0
2	-	ЭППГ	136,1	51,0	74,4	12,7	8,6	51,7	69,5	4,6	29,6	+2,4
3	-	ЭППЧ	138,4	51,9	74,6	13,1	9,4	51,5	65,4	4,5	29,4	+2,2
4	-	ЭПКР ^а	146,2	54,8	70,6	12,9	9,8	49,0	66,5	4,4	29,5	+2,3
5	2	-	131,8	51,0	74,8	12,9	9,0	45,5	69,2	4,7	27,8	+0,6
6	2	ЭППГ	151,6	56,8	76,5	13,0	8,2	44,4	74,5	4,6	29,5	+2,3
7	2	ЭППЧ	149,9	56,2	75,9	13,3	9,3	45,5	73,3	4,5	32,0	+4,8
8	2	ЭПКР	101,5	38,1	62,5	12,5	11,4	53,1	51,9	4,0	25,5	-1,7

$S_x = \pm 0,50$ ц/га; $HCPO_{95} = \pm 1,46$ ц/га.

- 204 -

7.3.5. Влияние электротехнологии подготовки семян на качество урожая хлопка-сырца

В результате ускорения роста и развития растений, а также раннего накопления и созревания происходят определенные изменения в качественных показателях получаемого хлопка-сырца. Повышается доля хлопка 1-сбора в общем объеме урожая на 8,2-10,1 %, как за счет стимулирования биоактивности в электрическом поле (3,6-4,5%), так и за счет сортирования (6,4-6,9%) семян (табл. 7.15).

Выход хлопкового волокна у сортов Бухара-6, С-6037 и Киргиз-3 увеличивается в основном за счет сортирования на 1,4-3,4%. Однако, у хлопка сорта С-9070 наблюдается некоторое снижение выхода волокна. Последнее может быть вызвано значительным увеличением массы семян, что приводит к снижению доли волокна в общей массе сырца.

Подготовка семян с помощью электрических полей приводит к изменениям в положительную сторону качественных показателей волокон хлопкового урожая. Длина волокон увеличивается по общей закономерности: рост длины волокон в результате совместного действия сортирования и стимулирования семян меньше суммы этого показателя от влияния каждого из этих процессов подготовки. Если у сортов Бухара-6, С-6037 и С-9070 рост длины волокон больше в результате сортирования, то у сорта Киргиз-3 она больше увеличивается в результате стимулирования в ЭПГТ, т.е. изменчивость длины волокон зависит от разновидности хлопчатника.

Разрывная нагрузка (прочность) волокон повышается в основном в результате сортирования. Совместное действие сортирования и стимулирования в двух опытах из трех привело к снижению прочности волокон по сравнению с вариантом только сортирования, но она остается выше прочности волокон контрольного варианта. Отмечено также повышение зрелости волокон в результате применения электротехнологии подготовки семян.

Отмеченные выше улучшения качественных показателей волокон в совокупности приводит к повышению промышленного сорта и качества выращиваемого сырья.

Особо следует отметить о повышении массы семян, выделяемых из нового урожая хлопка-сырца в результате использования электротехнологических процессов. Электростимулирование семян привело к увеличению массы 1000 семян нового урожая на 3,0-12,5

г, сортирование – на 8,0-15,0 г. Некоторое снижение массы семян от совместного действия сортирования и стимулирования у сортов

Бухара-6 и С-6037 можно объяснить, как уже отмечалось в П.6.3.4, некоторым угнетением биоактивности первоначальных семян воздействием ЭПТТ. Поэтому можно считать, что оптимизация режимов предпосевной подготовки семян приводит к повышению качества посевного материала в новом поколении.

Таблица 7.15

Влияние электроподготовки семян на некоторые качественные показатели урожая хлопка-сырца (сорт-С9070, 1990 г.)

№ п/п	Наименование показателей хлопка-сырца	Варианты электроподготовки			
		Исходные (контроль)	Исходные +ЭПТ	Сортированные	Сортированные + ЭПТ
1	Доля хлопка 1-сбора, %	56,9	61,4	63,3	67,0
2	Выход волокна, %	33,9	33,9	32,4	33,3
3	Длина волокна, мм	32,5	32,9	33,1	32,8
4	Разрывная нагрузка, г	4,3	4,3	4,4	4,4
5	Коэффициент зрелости	1,9	1,9	2,0	2,0
6	Промышленный сорт	2	2	1	1
7	Масса 1000 семян, г	122,5	135,0	134,0	133,5

На основании изложенного в настоящей главе можно заключить о нижеследующем:

1. Дизлектрический сортировщик, имеющий последовательно установленные 2 рабочих органа в виде барабана с разнополярными и вращающегося частотой 50 мин⁻¹ с установленным направителем из резинового полотна обеспечивает качественное разделение в посевную фракцию физиологически зрелых семян.

2. Электрохимическое протравливание обеспечивает снижение неравномерности нанесения частиц химиката по сравнению с существующими механическими устройствами в 3-4 раза и она позволяет снизить норму расхода химических препаратов на 30 %.

3. Наибольшего улучшения агробиологических показателей посевных семян можно достичь путем сортирования в дизлектрическом устройстве с последующим стимулированием их биологической активности в электрическом поле, доза которого необходимо обосновать исходя из разновидности посевного материала и конкретных экологических условий районирования.

4. Повышение продуктивности потомственных растений хлопчатника и их сопротивляемости к заболеваниям происходит в результате как сортирования, так и стимулирования биоактивности семян в электрическом поле. Наибольший эффект достигается при совместном влиянии сортирования и стимулирования биоактивности, а повышение полевой всхожести на 10-20% создает реальные предпосылки к переходу на сев хлопчатника с заданным количеством семян.

5. Использование электротехнологических приемов подготовки семян за счет раннего созревания урожая хлопка, увеличению длины хлопковых волокон, повышения их зрелости и прочности приводит к повышению качества заготавливаемого текстильного сырья, а за счет получения физиологически зрелых полновесных семян повышенной массы способствует получению высококачественного посевного материала в новом поколении.

Заключение

Принятая в настоящем исследовании концепция, направленная на повышение качества и эффективности использования семян хлопчатника с комплексным применением электрических полей, привела к ряду новых теоретических положений и более совершенных технологий и технических решений. Основными итогами проведенного исследования являются нижеследующие:

- проведен анализ состояния существующей системы подготовки, используемых в ней технологий и технических средств с оценкой их соответствия особенностям семян хлопчатника как биологических объектов;

- изучены основные факторы формирования и проявления разнокачественности семян, взаимная связь которых обуславливает возможность повышения качества посевного материала хлопчатника с помощью электрических полей;

- выполнены исследования основных свойств семян хлопчатника, позволившие разработать электрофизическую модель хлопкового семени;

- проведены теоретические и экспериментальные исследования технологий и технических средств новой системы подготовки семян хлопчатника, включающей сортирование, нанесение химических препаратов, стимулирование биоактивности и обеззараживание с помощью электрических полей;

- проведены широкие хозяйственные проверки технических средств и способов подготовки семян в полевых условиях, их испытания и внедрение в производство, позволившие определить агротехническую эффективность применения электротехнологических средств подготовки посевного материала хлопчатника.

Список использованной литературы

1. Каримов И.А. Демократик ислохотларни янада чуқурлаштириш ва фуқаролик жамиятини шакллантириш — мамлакатимиз таракқиётининг асосий мезонидир. — Т.: "Ўзбекистон", 2011, 19-жилд. — 357 б.
2. Иксанов М.И. и др. Назревшие вопросы улучшения семеноводства хлопчатника // Пахтачилик ва дончилик. — 2001, № 3. — С. 5-7.
3. Соловьев В.П. Посевные качества семян хлопчатника и пути их улучшения. — Ташкент, Фан, 1978. — 142 с.
4. Рахимов Х.Р., Руденко Л.С. Семеноведение хлопчатника. — Ташкент, Фан, 1976. — 168 с.
5. Хлопчатник. — Ташкент, АН УзССР, 1954, т. I. — 384 с.
6. Хлопчатник. — Ташкент, АН УзССР, 1960, т. III. — 707 с.
7. Руми В.А. Эмбриология хлопчатника. — Ташкент, Фан, 1969. — 200 с.
8. Хлопчатник. — Ташкент, АН УзССР, 1960, т. IV. — 708 с.
9. Энциклопедия хлопководства. — Ташкент, ГР УзСЭ, 1963, т. 2. — 536 с.
10. Усманов А.Н. Теоретические основы корневого питания хлопчатника. — Ташкент, Фан, 1984. — 112 с.
11. Кларксон Д. Транспорт ионов и структура растительной клетки. — М.: Мир, 1978. — 368 с.
12. Овчаров К.Е., Кизилова Е.Г. Разнокачественность семян и продуктивность растений. — М.: Колос, 1966. — 160 с.
13. Мансуров И.Н., Шибитченко В.Ю. Морфология пылевых зерен хлопчатника. // Хлопководство. — 1968, № 11. — С. 32-34.
14. Лопаткин И.П. Опылительная деятельность медоносных пчел на хлопчатнике: Сб. тр. ТашСХИ. — Ташкент, 1989. — С. 103-106.
15. Руденко Л.С., Динулина Г.С. Разнокачественность семян и продуктивность потомства. // Хлопководство. — 1973, № 10. — С. 29-30.
16. Нагибин Я.Д., Азамов Ш. Крупность коробочек и качество семян при внутрисортном скрещивании. // Хлопководство. — 1968, № 11. — С. 31-32.
17. Ембулаев Г., Крахмалев В., Алимова Р. Диагностика полевой всхожести семян. // Хлопководство. — 1984, № 1. — С. 20-21.
18. Рахимов Х.Р. и др. Влияние агроэкологических факторов на качество семян. // Хлопководство. — 1986, № 3. — С. 33-34.

19. Охотник С.Г. и др. Изучить влияние различных факторов на выход, технологические свойства хлопкового волокна и качество семян районированных и перспективных сортов хлопчатника. // Краткий научный отчет по хлопководству (1981-1985 гг.). – Ташкент, СоюзНИХИ. – 1988. – С.340-361.
20. Вердеревский Д. И. др. Сортировка семян как метод борьбы с гоммозом хлопчатника // Хлопководство. – 1953, №11. – С.38-41.
21. Малов Н. и др. Насущные вопросы сортирования семян хлопчатника. // Хлопководство. – 1958, № 8. – С.29-31.
22. Остин Р.Б. Влияние окружающей среды до уборки урожая на жизнеспособность семян. // Жизнеспособность семян. – М.: Колос, 1978. – С.113-146.
23. Реймерс Ф.Э. Растение в младенчестве. – Новосибирск, Наука, 1987. – 183 с.
24. Физиология хлопчатника. – М.: Колос, 1977. – 255 с.
25. Ташланов А., Колоярова Л. К вопросу сортирования семян хлопчатника. // Хлопководство. – 1958, № 4. – С.16-19.
26. Варсакина Г. Опыт посева хлопчатника сортированными и калиброванными семенами // Хлопководство. – 1958, № 4. – С.19-22.
27. Мухамеджанов М.В. и др. О сортировании семян хлопчатника по удельному весу. // Хлопководство. – 1964, № 8. – С.22-25.
28. Муратов У. Влияние трехкратного отбора семян по размерам и удельному весу на полевую всхожесть и урожайность хлопчатника сорта 108-Ф: Сб.тр.УзНИИССХ. – Ташкент, Фан, 1967. – С.142-149.
29. Рахимов Х.И. и др. К оценке урожайных качеств семян хлопчатника в лабораторных условиях: Сб.тр.ВНИИССХ. – Ташкент, 1979, вып.17. – С.107-114.
30. Трушкин А.В., Джалалов Т. Биологические основы формирования семян. // Хлопководство. – 1967, № 8. – С.36-37.
31. Мечиславский Ю.А., Овчаров К.Е. Физиология разнокачественности хлопковых семян // Хлопководство. – 1963, № 7. – С.44-46.
32. Юнусов М.Р. и др. Роль семян в заболеваемости хлопчатника вилтом: Сб.тр.СоюзНИХИ. – 1971, № 1. – С.46-51.
33. Федотова Т.И. и др. Удельный вес семян и устойчивость хлопчатника к вилту. // Хлопководство. – 1966, № 6. – С.43-44.
34. Бабаназаров А. и др. Гуза ниҳолларининг илдицириш касалликлари чадамли булишида уруг вазнининг таъсири: Сб.тр. НИИССХ. – Тошкент, 1993, вып.25. – С.139-142.

35. Вердевский Д.Д. Иммуитет растений к паразитарным болезням. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 372 с.
36. ПДКИ-44-2002. Технологический регламент переработки семенного хлопка-сырца и подготовки посевных семян хлопчатника. – Ташкент, 2002. – 56 с.
37. Малов Н.И. К вопросу сортирования и калибрования хлопковых семян. // Механизация хлопководства. – 1960, № 4. – С.28-29.
38. Шлейхер А.И. Сортировка посевных семян хлопчатника по удельному весу. // Хлопководство. – 1964, № 2. – С.32-33.
39. Холов А., Мазо В. Улучшить посевные качества семян. // Хлопководство. – 1986, № 6. – С.28-29.
40. Алибеков А. Сортирование посевных семян в жидкостях. // Хлопководство. – 1968, № 3. – С.43-44.
41. Демыховская В.И. Сортирование делинтерованных семян хлопчатника: Сб.тр.Кишиневского СХИ. – 1961, т.ХХIII. – С.61-76.
42. Ленточный сеячочиститель. // Хлопковая промышленность. – 1960, № 3. – 39 с.
43. Машина КСМ-1,5 для калибровки семян хлопчатника. // Хлопковая промышленность. – 1980, № 6. – С.27-28.
44. Ахмедходжаев Х.Т., Хожиев М. Совершенствование технологии подготовки посевных семян хлопчатника. // Хлопковая промышленность. – 1992, № 2. – С.19-20.
45. Россинский В.И., Калимулин А.К. Пневмомеханический семеочиститель «Бауэр» // Хлопковая промышленность. – 1971, №2. – С.42-43.
46. Ракипов В.Г. и др. Сортировщик опущенных семян хлопчатника. // Хлопковая промышленность. – 1992, № 3. – С.24.
47. Хармац Д., Туйчиев В.Х. Сортировщик опущенных посевных семян хлопчатника. // Хлопковая промышленность. – 1984, № 6. – С.16-17.
48. Мазеев В.В. Сортирование опущенных семян хлопчатника в электрическом поле коронного разряда.: Автореф.дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1973. – 32 с.
49. Айдаров Ш.Г. Исследование сортирование опущенных семян хлопчатника в электрокоронном барабанном сепараторе.: Дисс. ...канд.техн.наук. – Янгйоль, 1973. – 194 с.
50. Ниязкулов А.А. Сортирование оголенных семян хлопчатника на диэлектрической калибровочно-сортировальной машине.: Автореф.дисс. ... канд.техн. наук. – М., 1987. – 16 с.

51. Тарушкин В.И. Новые сепараторы семян. // Мех. и электр. сельс. хоз-ва. – 1987, № 12. – С.3-10.
52. Байметов Р., Юсубалиев А. Новый сепаратор. // Сельское хозяйство Узбекистана. – 1993, № 3. – С.12-13.
53. Шайимов П. Сортирование опушенных семян хлопчатника в барабанном дизлектрическом сепараторе: Дисс. ... канд. техн. наук. – Янгиюль, 1995. – 136 с.
54. Голдберг Г., Ломухина Г. Изменение ассортимента хлопка-сырца при его сортировании. – Ташкент, УзНИИТИ, 1989. – 20 с.
55. Барер Н.Б. и др. Сортирование хлопка-сырца. // Хлопководство. – 1980, № 8. – С.21-22.
56. Росабоев А.Т. Трибозлектрическое сортирование хлопка-сырца для получения полноценных посевных семян: Дисс. ... канд. техн. наук. – Янгиюль, 1993. – 156 с.
57. Юсубалиев А. Сепарирование хлопка-сырца в дизлектрическом устройстве. // Механизация хлопководства. – 1991, № 4. – С.13-14.
58. Каримов М.А. Болезни хлопчатника. – Т.: Ўқитувчи, 1979. – 19 с.
59. Бабаян А.А. Гоммоз хлопчатника. – Ереван, Армгосиздат, 1969. – 269 с.
60. Ахмедова М. Вредоносность гоммоза хлопчатника. // Хлопководство. – 1984, № 2. – С.38-39.
61. Аллакулиев Б.И. др. Пахта хом ашёсининг Ўзбекистон шариоитидаги микрофлораси: Сб. тр. УзНИИССХ – Ташкент, 2000. – С.27-30.
62. Тагирова В. и др. Оценка поражаемости тонковолокнистого хлопчатника черной корневой гнилью. // Хлопководство. – 1982, № 4. – С.24.
63. Мирпулатова Н.С. Вертициллезный вилт хлопчатника и меры борьбы с ним. – Ташкент, Фан. – 221 с.
64. Петрухина М.Т. Состояние и перспективы применения антибиотиков в борьбе с болезнями растений: Сб. тр. НИИ Бакпрепарат. – 1973, вып.3. – С.120-128.
65. Исик сув ёрдамида гузанинг гоммоз касаллигига карши курашиш сохасида тавсиялар. – Ташкент, 1991. – 6 с.
66. Линник Е. Из зарубежной практики предпосевной подготовки семян хлопчатника // Хлопководство. – 1958, № 2. – С.59-63.

67. Мухаммадиев А. и др. Электротехнические средства для реализации электротехнологии производства хлопка-сырца. // Пах-тачилик ва дончилик. – 2001, № 3. – С.12-15.
68. Денмухаммедов А., Григорьянц Э. К нехимической обработке посевных семян хлопчатника. // Тез. докл. научн. практ. конф. – Ташкент, 1990. – 22 с.
69. Мирзаахмедов Х.Б. Предпосевная электроимпульсная обработка семян хлопчатника увлажненного электроактивированной водой: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1996. – 19 с.
70. Давидбаев Х. и др. Обработка хлопковых семян в электрическом поле. // Хлопководство. – 1977, № 2. – С.37-38.
71. Шмигель В.Н., Юсубалиев А. Повышение сопротивляемости зародыша болезням при обработке семян в электрическом поле. // Тезисы докл. научн. практ. конф. ИжСХИ. – Ижевск, 1979. – 9 с.
72. Юсубалиев А. Экологически чистая технология обеззараживания семян хлопчатника: Сб. науч. тр. УзМЭИ. – Гулбахор, 2006, С.57-61.
73. Юсубалиев А. Новая технология обеззараживания семян хлопчатника // Вестник ТашГТУ. – 2005, Спецвыпуск, С. 164-166.
74. Мирпулатова Н., Урманова Х. Об эффективности некоторых сухих протравителей семян хлопчатника. // Хлопководство. – 1954, № 2. – С.42-46.
75. Мельников Н.И., Андреева Е.И. Фентурам – препарат для протравливания. // Защита растений. – 1972, № 11. – 15 с.
76. Ахмедов Ж. и др. Чигитнинг биологик хусусиятларида П-4 дориларининг таъсири: Сб. тр. УзНИИССХ. – Ташкент, 1995, вып.26. – С.113-116.
77. Гигиена и токсикология пестицидов и клиника отравлений. – Киев, Здоровье, 1965. – 552 с.
78. Ташланов Н. Совершенствование технологии подготовки посевных семян хлопчатника централизованным способом. – Ташкент, Фан, 1984. – 80 с.
79. Алимухаммедов С.Н. Экология защиты растений в Узбекистане. // Защита растений. – 1991, № 12. – С.13-15.
80. Григорьянц Э.Г. Новый протравитель семян. // Защита растений. – 1990, № 7. – 35 с.
81. Бабаназаров А. Устойчивость различных видов и форм хлопчатника к корневым гнилям: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Ташкент, 1999. – 23 с.

82. Гайбуллаев Н. О возможности снижения вредоносности вилта путем сортирования: Сб.тр.УзНИИССХ. – Ташкент, 1972. – С.133-137.

83. Попов Б.Н. и др. Модернизация протравливателя хлопковых семян. // Хлопковая промышленность. – 1974, № 4. – С.24-25.

84. Кабилов У.К. Исследование и выбор оптимальных параметров лопастного смесителя для обеззараживания хлопковых семян: Дисс. ... канд.техн.наук. – Ташкент, 1969. – 150 с.

85. Усманов В.У. Исследования по усовершенствованию технологии подготовки посевных семян хлопчатника: Дисс. ... канд.техн.наук. – Ташкент, 1975. – 156 с.

86. Васильев А.А. и др. О качестве централизованного протравливания семян. // Хлопководство. – 1963, № 7. – С.35-36.

87. Совершенствование технологического процесса подготовки посевных семян хлопчатника: Отчет ЦНИИХПрема. – 1974. – 52 с.

88. Сушко И.И. и др. Протравливатель КПС-10. // Защита растений. – 1988, № 3. – С.18...20.

89. Собакина Т.В. Оздоровление условий труда при протравливании семян на хлопкоочистительных заводах. // Хлопковая промышленность. – 1973, № 1. – С.22-23.

90. Каменир Э.А. Комплексное применение электрических полей в системах подготовки семян: Автореф.дисс. ... докт.техн. наук. – Челябинск, 1989. – 36 с.

91. Рахманин В.Г. Исследование процессов обработки и протравливания семян с применением электростатического поля: Дисс. ... канд.техн.наук. – Челябинск, 1974. – 202 с.

92. Ившин И.В. Совершенствование обработки семян защитно-стимулирующими препаратами при перекрестном взаимодействии потоков путем их противоположной зарядки: Автореф. дисс. ... канд. техн.наук. – Челябинск, 1990. – 18 с.

93. Юсубалиев А. Электрохимическое протравливание семян хлопчатника: Дисс. ... канд.техн.наук. – Янгйюль, 1985. – 150 с.

94. Акмальходжаев А.А. О травмировании посевных семян хлопчатника при оголении их на хлопкоочистительных заводах: Сб. тр. СоюзНИХИ. – Ташкент, Фан, 1967, вып. XII. – С.101-105.

95. Арифов У.А. и др. Оголение семян хлопчатника. – Ташкент, Изд. АН УзССР, 1962. – 334 с.

96. Бахрамов К.Б. Агротехническая эффективность аэрохимического способа предпосевной подготовки семян хлопчатника: Сб.тр.ВНИИССХ. – Ташкент, 1977, вып.15. – С.125-129.

97. Таджиев Э.Г. Оголение посевных хлопковых семян в США. // Хлопководство. – 1980, № 6. – 29 с.

98. Гольшев И. Опаливание семян хлопчатника горячими газами. // Хлопководство. – 1951, № 10. – С.73-74.

99. Будко В., Подгурский Ю. Дражирование опушенных семян. // Хлопководство. – 1987, № 12. – С.38-39.

100. Усманов С.У. и др. Покрывание семян хлопчатника мочевино-формальдегидными соединениями. // Хлопководство. – 1980, № 3. – С.35-36.

101. Рашидов Н.Р. и др. Уточнение технологии дражирования опушенных семян хлопчатника: Сб.тр.САИМЭ. – Ташкент, 1987, вып.29. – С.62-64.

102. Козубаев Ш.С. и др. Малоопушенные семена и точный сев хлопчатника: Тез.докл.международ.научн.-практ.конф.УзНИИССХ – Ташкент, 2002. – 100 с.

103. Ахмедова Х.Д. и др. Новые экологически безопасные полимерно-препаративные формы химических средств защиты и регуляторы роста растений: Тез.докл.межд.научн.-практ.конф. УзНИИССХ. – Ташкент, 2002. – С.104-106.

104. Асамов Д.К., Бекназаров Б.О. Влияние некоторых физиологических активных веществ на начальные фазы прорастания семян: Тез. докл. межд. научн.-практ. конф. УзНИИССХ. – Ташкент, 2002. – С.106-108.

105. Бахрамов К.Б., Мухамеджанов Р.З. Агротехническая оценка семян хлопчатника при различных способах предпосевной подготовки для точного сева. // Краткий отчет СоюзНИХИ по хлопководству за 1981-1985 гг. – Ташкент, 1988. – С.329-339.

106. Effect of T-stimulator on biosynthesis of cotton nucleic acids and proteins in early ontogeny. // The XX Meeting of FEBS. – Budapest, 1990. – p.336.

107. Кариев А. и др. Повышать посевные качества семян. // Сельское хозяйство Узбекистана. – 1993, № 6. – С.13-14.

108. Овчаров К.Е., Кушева Л. Влияние витаминов B₆ и PP на прорастание семян. // Хлопководство. – 1968, № 3. – С.41-42.

109. Кургульцева Л. и др. О повышении посевных качеств семян хлопчатника. // Хлопководство. – 1969, № 4. – С.42-43.

110. Крыгина Л. и др. Влияние температуры на посевные качества семян. // Хлопок. — 1990, № 1. — С.43-44.

111. Гамбург Л.Г. Влияние времени термической сушки семенного хлопка-сырца на качество семян: Сб.тр.УзНИИССХ. — Ташкент, 1977, вып. XIV. — С.136-142.

112. Алимухамедов А.А., Наримов С. Светоимпульсная стимуляция посевных и урожайных качеств семян хлопчатника. // Инф. листок № 40/85. — Ташкент, УзНИИТИ, 1985. — 3 с.

113. Умаров Х., Русак Л. Лазер нури ва хосилдорлик. — Ташкент, Мехнат, 1989. — 96 с.

114. Назиров Н. Наука и хлопок. — Т.: Ўзбекистон, 1977. — 276 с.

115. Гуламов М.К. и др. Предпосевное гамма-облучение семян хлопчатника. — Ташкент, Фан, 1977. — 64 с.

116. Ибрагимов А.П. Радиационно-биохимические эффекты в семенах хлопчатника и некоторых биологически важных веществах после гамма-облучения. — Ташкент, 1969. — 244 с.

117. Ибрагимов Ш.И. и др. Биологическое воздействие ядерных излучений. // Хлопководство. — 1966, № 3. — С.43-44.

118. Cherry J.H. Ribonucleic acid metabolism during growth of excised root tips from Normal and X-irradiated corn seeds. // Biochem. et biophys. acta. — 1962, 55, № 4. — p.487-494.

119. Ахмедова М., Тофаззал Х., Аласаад И. О воздействии электромагнитного поля. // Хлопководство. — 1984, № 10. — С.36-38.

120. Мамадалиев А.Х. и др. Воздействие электрических и магнитных полей на хлопчатник: Тез. докл. науч.-практ. конф. ТИИ-ИМСХ. — Ташкент, 1990. — С.50-51.

121. Назармамедов О., Беглиев Н. Магнитное поле на службе урожая. // Хлопководство. — 1984, № 3. — С.38-39.

122. Калантаров М.Н. и др. Некоторые результаты исследований по предпосевной обработке семян хлопчатника импульсами высокого напряжения: Сб.тр. ЧИМЭСХ. — Челябинск, 1969, вып. 41. — С.111-118.

123. Муслимов З.М. и др. Влияние электростатических полей на энергию прорастания семян хлопчатника. // Докл. АН УзССР. — 1971, № 10. — С.58-59.

124. Юсубалиев А., Шмигель В.Н. Влияние электрического поля на биологическую активность хлопковых семян: Сб.тр. ТИИИМСХ. — Ташкент, 1990. — С.33-85.

125. Назаров Д., Фатоев И. Физическое воздействие: как оно влияет на качество семян и волокна // Хлопок. — 1991, № 4. — С.56-57.

126. Исмаилов М.И. и др. Влияние энергии электромагнитного поля СВЧ на прорастание семян хлопчатника: Сб.тр. ТИИИМСХ. — Ташкент, 1990. — С.32-33.

127. Юнусов М. И др. Новое в предпосевной обработке семян. // Хлопок. — 1990, № 3. — С.26-27.

128. Гафуров К. и др. Применение электрохимически активированной воды для стимуляции роста и развития хлопчатника. — Ташкент, 1988. — 12 с. Деп. в ВНИИТЭИ. — № 74 ВС-88.

129. Губанова Л.Г. О проникновении воды и газов в семена хлопчатника. // Хлопководство. — 1962, № 8. — С.48-50.

130. Мирахмедов С. и др. О масляности хлопковых семян. // Хлопководство. — 1983, № 10. — С.16-17.

131. Крахмалев В.А., Пайзиев А.А., Абдуллаев Х.У. О плотности волосного покрова семян средневолокнистых сортов хлопчатника // Узб. аграр. фани. ахб. — 2003. — № 3. — С. 69-72.

132. Кагаловский С.П., Оренбах Е.Б. К вопросу исследования фракционного состава хлопкового линита. // Хлопковая промышленность. — 1975, № 2. — С.7-8.

133. Хасанов Э. Влияние аэроэкологических условий на посевные и урожайные качества семян хлопчатника: Дисс. ... канд. с.-х. наук. — Ташкент, 1979. — 195 с.

134. Хакимов Ш., Тураханов Х. Экспериментальное исследование физико-механических свойств хлопковых семян. // Хлопковая промышленность. — 1992, № 2. — С.21-22.

135. Разработать и исследовать параметры электростатического протравливателя хлопковых семян: Отчет о НИР (заключительный). / САИМЭ; Исполнитель Юсубалиев А. — № ГР 78058612. — Янгйюль, 1981. — 56 с.

136. Хармац Д.Е. Основы механического делинтерования семян хлопчатника. — Ташкент, Фан. — 184 с.

137. Россинский В.И., Корешков А.С. Некоторые аэродинамические свойства дженированных хлопковых семян и компонентов сорных примесей // Хлопковая промышленность. — 1973, № 2. — С.15-16.

138. Хубанов Х.И. Движение хлопковых семян в горизонтальных трубопроводах пневмотранспорта. // Хлопковая промышленность. — 1974, № 2. — С.11-13.

139. Гаппаров Л.М. и др. Сортирование и предпосевное стимулирование семян хлопчатника. // Мех. и электр. соц. сельс. хоз-ва. – 1985, № 10. – С.50-52.

140. Рудаков Г.М. Технологические основы механизации сева хлопчатника. – Ташкент, Фан, 1977. – 284 с.

141. Каххаров У. Обоснование типа и параметров высеваше-го аппарата селекционной хлопковой сеялки: Дисс. ... канд. техн. наук. – Янгйюль. – 1985. – 157 с.

142. Душамов Н.А. Усовершенствование и обоснование основных параметров барабанного диэлектросортировщика для семян хлопчатника: Дисс. ... канд. техн. наук. – Янгйюль, 1998. – 138 с.

143. Шварцман Л.М. Аэродинамика пневмотранспорта хлоп-ка: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Ташкент, 1960. – 196 с.

144. Каттаходжаев Р., Корешков А. Некоторые аэродинамиче-ские свойства хлопка-сырца. // Хлопковая промышленность. – 1976, № 2. – С.7.

145. Ямпольский А.Я. Влияние влажности хлопка-сырца на его основные механические характеристики: Сб. тр. ЦНИИХПром. – Ташкент, 1962. – С.3-37.

146. Сотволдиев Н.З. Некоторые физико-механические свой-ства хлопка-сырца, элементов куста хлопчатника и сена люцерны: Сб. тр. САИМЭ. – Ташкент, 1974, вып. 11. – С.150-157.

147. А.с. № 1314485 СССР. Устройство для определения элек-тризуемости частиц. / Шмигель В.Н., Юсубалиев А., Пазлиев Б., Нигматов Л. Оpubл. 30.05.87, Бюл. № 20.

148. Сканави Г.И. Физика диэлектриков. – М.: ИТЛ, 1949. – 500 с.

149. Физические исследования по хлопку. – Ташкент, АН УзССР, 1962. – 151 с.

150. Юсубалиев А. Исследование электрического сопротивле-ния семян хлопчатника. // Совершенствование машин и механизмов для хлопководства. – Ташкент, 1988. – С.122-126.

151. Эме Ф. Диэлектрические изменения. – М.: Химия, 1967. – 205 с.

152. Рахимов Х., Руденко Л.С. Что определяет посевные каче-ства семян. // Хлопководство. – 1980, № 3. – С.8-9.

153. Басов А.М. и др. Электроразночистительные машины. – М.: Машиностроение, 1967. – 201 с.

154. Изаков Ф.Я. Теория и вопросы оптимизации процессов обработки семян в электрическом поле коронного разряда: Дисс. ... докт. техн. наук. – Челябинск, 1969. – 546 с.

155. Ralstone O.C. Electrostatic separation of mixed granular Sol- id. Elsevier Publishing Company. – Amsterdam, 1961, № 1. – p.20-22.

156. Тамм И.Е. Основы теории электричества. – М.: Наука, 1976. – 616 с.

157. Юсубалиев А. Электрическая сила притяжения семян к разнополярным электродам диэлектросепаратора. // Узб. журн. Проблемы инфор. и энерг. – 2002, № 1. – С.67-73.

158. Юсубалиев А., Шайимов П. Экспериментальное исследо- вание электрической силы притяжения хлопковых семян: Тез. конф. ТИИИМСХ. – Ташкент, 1993. – С.47-48.

159. Василенко П.М. Теория движения частицы по шерохова- тым поверхностям сельскохозяйственных машин. – Киев: УАСХН, 1960. – 283 с.

160. Резниченко М.Я. Вопросы теории цилиндрических бара- банов зерноочистительных машин. – М.: ЦБТИ, 1958. – 57 с.

161. Терсков Г.Д. Движение зерен по вращающемуся цилинд- ру. // Сельскохозяйственная машина. – 1938, №8-9. – С.1-6.

162. Гладков Н.Г. Сепарирование семян по свойствам их по- верхности. / Труды ВИСХОМ. – М.: ЦБТИ, 1959. – 68 с.

163. Мурманцев Ф.М., Шмигель В.Н. Некоторые вопросы тео- рии сепарации мелко семенных смесей в наведенном электростати- ческом поле. / Труды ЧИМЭСХ. – 1972, вып. 67. – С.93-97.

164. Тарушкин В.И. Диэлектрическая сепарация семян: Авто- реф. дисс. ... докт. техн. наук. – М., 1991. – 32 с.

165. Юсубалиев А. Разделение частиц на цилиндрическом ра- бочем органе диэлектрического сортировщика. // Техника в сель- ском хозяйстве. – 2004, № 4. – С.17-21.

166. Юсубалиев А. Роль механического действия электриче- ского поля при сортировании материалов в барабанных рабочих ор- ганах диэлектросепаратора: Сб. научн. докл. ВИМ. – М., 2001, т.3, ч.1. – С.172-181.

167. Юсубалиев А. Угол отрыва семян от барабана диэлектри- ческого сепаратора. // Мех. и электр. сел. хоз. – 2002, № 2. – С.14-15.

168. Юсубалиев А. К теории разделения частиц на цилиндри- ческих рабочих органах электросортировщиков: Сб. тр. УзМЭИ. – Янгйюль, 2002. – С.88-94.

169. Наумов Е.М. Исследование процесса послеуборочной очистки поверхности семян пшеницы в электростатическом поле: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. — Челябинск, 1975. — 26 с.
170. Нагизаде А.Т. Зарядка частиц удлиненной формы на плоском электроде. // Изв. АН СССР: Энергетика и транспорт. — 1966, №1. — С.156-160.
171. Джуварлы Ч.М. и др. Трехосный диэлектрический эллипсоид в электрическом поле при учете проводимости. // Изв. АН СССР: Энергетика и транспорт. — 1968, №1. — С.158-162.
172. Попков В.И., Глазов М.И. Кинетика зарядки и динамика волокон в электрическом поле. — М.: Наука, 1976. — 128 с.
173. Верещагин И.П. и др. Кинетика зарядки частицы и электрическая сила, действующая на нее при учете контактного сопротивления. // Изв. АН СССР: Энергетика и транспорт. — 1987, №2. — С.92-98.
174. Джуварлы Ч.М. и др. Влияние поверхностной проводимости на процессе контактной зарядки // Сильные электрические поля в технологических процессах. — М.: Энергия, вып.2, 1971. — С.119-131.
175. Королев В.К. Равновесная влажность хлопка-сырца. // Изв. АН УзССР. — 1956, №7. — С.57-65.
176. Стрэттон Дж. Теория электромагнетизма. — М.: ГИТТЛ, 1948. — 539 с.
177. Юсубалиев А. Кинетика зарядки и электрическое поле заряженного хлопкового семени: Сб.тр. САИМЭ. — Ташкент, 1983. — С.110-113.
178. Юсубалиев А. Предельное расстояние осаждения частиц при электрохимическом протравливании семян хлопчатника. // Техн. в сел.хоз-ве. — 1989, №4. — С.38-39.
179. Фукс Н. Механика аэрозолей. — М.: АН СССР, 1955. — 351 с.
180. Левин Л.М. Исследования по физике грубодисперсных аэрозолей. — М.: АН СССР, 1961. — 267 с.
181. Беркутов А.М. и др. Коагуляция биполярно заряженных частиц аэрозоля в электрическом поле. // Сильные электрические поля в технологических процессах. — М.: Энергия, вып.2, 1971. — С.175-210.
182. Усовершенствовать технологическую схему и параметры установки для электрохимического протравливания хлопковых семян: Отчет о НИР (заключительный). / САИМЭ, исполнитель Юсубалиев А., Менгли Е. — № ГР 81099644. — Гульбаход, 1983. — 52 с.

183. Радовицкий В.П., Стрельцов Б.Н. Электродинамика текстильных волокон. — М.: Легкая индустрия, 1967. — 254 с.
184. Шляхтенко П.Г., Мещерякова Г.П. Движение заряженных волокон в неоднородном электрическом поле. // Электричество. — 1991, №2. — С.54-57.
185. Юсубалиев А. Исследование сил, действующих на вытянутую диэлектрическую частицу в неоднородном электрическом поле: Сб.тр. САИМЭ. — Ташкент, Мехнат, вып.26, 1986. — С.8-12.
186. Юсубалиев А. Исследование траектории движения хлопковых волокон в межэлектродном пространстве: Сб.тр. САИМЭ. — Ташкент, Мехнат, вып.29, 1987. — С.120-125.
187. Юсубалиев А., Ибрагимов М. Электролитическая модель хлопкового семени. // Электромеханизация технологических процессов в хлопководстве. — Ташкент, ТИИМСХ, 1987. — С.78-82.
188. Шмигель В.Н., Юсубалиев А. Исследование влияния напряженности поля на внутреннюю область семени. // Мех. и электр. сель.хоз-ва. — 1984, №4. — С.45-46.
189. Юсубалиев А. Исследование электрического поля хлопкового семени: Сб.тр. ЧИМЭСХ. — Челябинск, 1986. — С.24-30.
190. Гуляммахмудов А.Г. Теория и практика униполярной электрохимической активации жидких сред и её аппаратная реализация: Дисс. ... докт. техн. наук. в форме научн. докл. — Ташкент, 1993. — 31 с.
191. Кожевникова Н.Ф. Обоснование и исследование процесса обработки семян в электрическом поле переменного тока: Автореф. ... канд. техн. наук. — М., 1975. — 21 с.
192. Иванов С.Ф. и др. Кинетические особенности внутримолекулярных процессов трансформации электромагнитных полей // Биологическое действие электромагнитных полей. Тез. докл. Всесоюз. симпозиум. — Пущено, 1982. — С.12.
193. Басов А.М. и др. Вопросы дозирования при стимуляции семян физическими воздействиями // Вестн. с.-х. науки. — 1981, №6. — С.109-115.
194. Волькенштейн М.В. Биофизика. — М.: Наука, 1981. — 575 с.
195. Насонов Д.Н., Александров В.Я. Реакция живого вещества на внешнее воздействие. — М.: АН СССР, 1940. — 252 с.
196. Симонов П.В. Три фазы в реакции организма на возрастающий стимул. — М. АН СССР, 1962. — 244 с.
197. Либберт Э. Физиология растений. — М.: Мир, 1976. — 580 с.

198. Беркинблит М.Б., Глаголева Е.Г. Электричество в живых организмах.-М.: Наука, 1988.-288 с.
199. Энгельгардт В.А. О некоторых атрибутах жизни: иерархия, интеграция, узнавание // *Вопр. философии.*-1976, №7.
200. Сетров М.И. Информационные процессы в биологических системах.-Л.: Наука, 1975. - 238 с.
201. Кузин А.М. и др. Предпосевное γ -облучение семян сельскохозяйственных культур.-М.: Атомиздат, 1974.-124 с.
202. Китлаев Б.Н. Теоретические и прикладные аспекты фотоэлектрических воздействии на семена и растения // *Мех.и электр.сель.хоз-ва.*-1982, №4.-С.21-25.
203. Березина Н.М., Сабешкина Л.М. Воздействие электромагнитных колебаний на семена // *Мех.и электр.соц.сель.хоз-ва.*-1974, №2.-С.15-17.
204. Хасанова З.М. Влияние электрического поля постоянного тока на некоторые физиоло-биохимические процессы и урожай яровой пшеницы: Дис. ...канд.биол.наук.-Уфа, 1973.-
205. Разработка и изготовление электростимулятора хлопковых семян: Отчет о НИР (промежуточный) / САИМЭ. Научн.рук. Юсубалиев А.-Гулбахор, 1992.-С.50-112.
206. Блукет Н.А., Ельцев В.Т. Ботаника с основами физиологии растений и микробиологии.-М.: Колос, 1974.-560 с.
207. Портнов Ф.Г. О влиянии электростатического поля на показатели белкового и липидного обмена у крыс // *Биологические действия электромагнитных полей: Тез.докл. Всесоюзн.симпоз. - Пушкино, 1982.-С.95.*
208. Исмаилов Э.Ш. Биофизическое воздействие СВЧ - излучений. -М.: Энергоатомиздат, 1987.-144 с.
209. Тимашев С.Ф. О физико-химической природе первичных механизмов воздействия низкочастотных электромагнитных излучений на биологические мембраны // *Механизмы биологического действия электромагнитных излучений: Тез.докл. Всесоюзн. симпозиума 27-31 октября 1987 г.-Пушино, 1987.-С.29-30.*
210. Ахмедова М. Влияние электромагнитного поля на некоторые биохимические показатели проростков хлопчатника и посевные качества семян: Сб.тр.ТашСХИ. - Ташкент, 1989. - С.22-26.
211. Шатилов Ф.В., Трифонова М.Ф. Влияние постоянного электрического тока на метаболизм прорастающих семян ячменя // *Электронная обработка материалов.*-1968.№1.-С.67-74.
212. Басов А.М. и др. Влияние электрического поля на некоторые физиолого-биохимические процессы, урожай и его качество // *Эл.обработ.материалов.*-1977, №1.-С.72-74.
213. Кожевникова Н.Ф. Предпосевная обработка семян в электрическом поле переменного тока // *Мех.электр.соц.сель.хоз-ва.*-1971, №3.-С.22-25.
214. Блонская А.П., Окулова В.А. Влияние электрического поля на биопотенциалы в проростках и растения пшеницы в начальный период фотосинтеза: Сб.трудов, ЧИМЭСХ.-Челябинск, 1976, вып.109.-с.84-87.
215. Кунду А.Ш. Изучение мутагенного эффекта лучей лазера и электромагнитного поля на хлопчатнике для получения исходного материала: Автореф.дис. ...канд.-х. наук.-Ташкент, 1990.-16 с.
216. Кристенсен К.М. Микрофлора и ухудшение качества семян // *Жизнеспособность семян.*-М.: Колос, 1979.-С.63-93.
217. Разработка экологически чистой технологии обеззараживания семян хлопчатника с помощью электромагнитных полей: Отчет о НИР (заключительный) / УзМЭИ. Научн.рук. Юсубалиев А.-№ГР П-17.30.-Гулбахор, 2005.-52 с.
218. Hooper G.R. The Effect of Ultra-high frequency Electromagnetic Energy on Adenosine Triphosphatase Activity in Germinating Weed Seeds. // *J.Amer.Soc.Hort. Sci.*, 1978, v.103, № 2, P.173...176.
219. Цугленок А.В. Обеззараживание и подготовка семян к посеву // *Мех.и электр.сель.хоз-ва.*-1984, №4.-С.44-45.
220. Бергельсон Л.Д. Мембраны, молекулы, клетки.- М.: Наука, 1982.-182 с.
221. Антонов В.Ф. и др. Проницаемость бислойных липидных мембран при фазовом переходе. // *Биологические мембраны и мембраноактивные соединения. - Ташкент, Фан, 1985. - С.69-73.*
222. Либерман Е.А. Живая клетка. - М.: Наука, 1982. - 160 с.
223. Черномордик Л.В. и др. Электрический пробой бислойных липидных мембран. // *Биофизика мембран. - М.: Наука, 1981. - С.184-206*
224. Акт приемочных испытаний опытного образца установки для сортирования посевных хлопковых семян марки СПС.-Ташкент, 1980.-16 с.
225. Разработка и исследование комплекса машин для электротехнологической линии подготовки высококачественных посев-

ных семян: Отчет о НИР (заключительный) /УзМЭИ. Научн.рук. Байметов Р.И.-№ГР 01.980007085.-Гулбахор, 1999.-70 с.

226. Чигитларни турли усулларда саралаш, калибрлашнинг ва экишга тайёрлашнинг дала унвчанлиги, ўсиш, ривожланиш ва гўза ҳосилдорлигига таъсири: Отчет о НИР (промежуточный) /УзНИИХ. Исполнители Пак В.М., Махсудов С.И.-Ташкент, 1992.-24 с.

227. Юсубалиев А., Шайимов П. Влияние электросепарации на посевные качества семян и урожайность //Мех.хлоп.-ва.-1991, №11.-С.3-4.

228. Юсубалиев А., Шайимов П. Сепарация семян хлопчатника в диэлектрическом сепараторе ЧДС-1. // Хлопковая промышленность. - 1992, № 3. - С.22-23.

229. Патент РУз № 4670. Диэлектрический сепаратор. / Юсубалиев А., Росабоев А.Т., Душамов Н.А. - Расмий ахборотнома, 1997, № 4. - 34 с.

230. Юсубалиев А., Душамов Н.А. Чигитни диэлектрик саралагич электродлари орасига йўналтирувчи мосламанинг электр тортилиш кучини аниқлаш //Пахтачилик ва дончилик.-1997, №2.-С.38-39.

231. Разработать и обосновать параметры дозирующе-подающего устройства диэлектросепаратора семян хлопчатника: Отчет о НИР (заключительный) /УзМЭИ.Научн.рук. Байметов Р.И., Юсубалиев А.-№ГР.01.94.0003242.-Гулбахор, 1996.-56 с.

232. Виснапуу А.Ю., Рейнет Я.Ю. Изучение возможности использования пневматических распылителей для электрической зарядки распыливаемых жидкостей //Окраска изделий в электрическом поле.-М.: Химия, 1966.-С.71-79.

233. Юсубалиев А., Нигматов Л. Исследование и обоснование основных параметров электростатических распылителей // Мех. хлоп.-ва.-1984, №4.-С.3-4.

234. Влияние сепарирования семян на рост, развитие и урожайность хлопчатника: Отчет о НИР за 1990 г. (промежуточный) /Самаркандская ОСХ.Научн.рук. Юсубалиев А., исп.Шеркулов У.-Самарканд, 1991.-23 с.

235. Влияние сепарирования семян на рост, развитие и урожайность хлопчатника: Отчет о НИР за 1991 г. (промежуточный) /Самаркандская ОСХ.Научн.рук. Юсубалиев А., исп.Шеркулов У.-Самарканд, 1992.-23 с.

236. Внедрение электротехнологии подготовки посевных семян хлопчатника: Отчет о НИР за 1990 г./САИМЭ.Научн.рук. Юсубалиев А., исп. Хамдамов А.Х., Шайимов П.-Самарканд, 1991.-13 с.

237. Бухоро вилояти шароитида чигит диэлектрик сараланган ва активлаштирилган Бухоро-6 ва С-6037 навли гўзани ўсиши, ривожланиши ва ҳосилдорлигига таъсирини ўрганиш: Отчет о НИР за 1990-1992 гг. (заключительный) /Бух.ОСХ.Научн.рук.Юсубалиев А., исп.Хайриев С.С., Камаретдинов Б.С.-Бухара, 1993.-25 с.

238. Уруғлик чигитни диэлектрик саралагич ёрдамида экишга тайёрлашнинг самарадорлиги:Отчет о НИР за 1994г по электрификации и автоматизации процессов растениеводства /УзМЭИ. Научн.рук. Юсубалиев А.-Гулбахор, 1994.-С.63-75.

239. Разработать и изготовить электрический сепаратор семян хлопчатника: Отчет о НИР по электрификации сельскохозяйственного производства за 1989 г./САИМЭ. Научн.рук. Юсубалиев А.-№ГР 01.870052446.-Гулбахор, 1989.-С.114-137.

240. Разработка и исследование кольцевого и индукционного диэлектрического устройства для сортирования, очистки и калибровки семян: Отчет о НИР (заключительный) /УзМЭИ. Научн.рук. Байметов Р.И., исп.Юсубалиев А., Росабоев А.Т.-№ГР 01.200009202. -Гулбахор, 1989.-С.114-137.

241. Юсубалиев А., Шайимов П. Сепарация семян хлопчатника в диэлектрическом устройстве / Информ.листок №308/9/-Ташкент, УзНИИНТИ, 1991.-3 с.

242. Юсубалиев А. ЧДС-1 диэлектрик саралагичда тайёрланган уруғлик чигитнинг дала шароитидаги синов якунлари: Сб.тр.УзМЭИ.-Ташкент 1994.-С.139-143.

243. Юсубалиев А., Абдуллаев А.А., Сайдалиев Х. Сортирование семян хлопчатника посредством диэлектрического устройства для определения их разнокачественности /Докл.АН РУз.-2002, №6, -С.48-51.

244. Юсубалиев А. Электротехнологические процессы подготовки семян хлопчатника //Результаты исследований машинных процессов возделывания хлопчатника.-Ташкент, 1992.-С.147-151.

245. Юсубалиев А., Шайимов П. Диэлектрик уруғ саралагич //Янги техника.-1992, №5.-С.6-7.

246. Разработка кольцевого и индукционного диэлектрического устройства для сортирования, очистки и калибровки семян: Отчет о НИР (заключительный) /УзМЭИ. Научн.рук. Байметов Р.И.,

исп. Юсубалиев А., Росабаев А.Т.-№ГР 01.200009202.-Гулбахор, 2002.-73 с.

247. Разработка и изготовление электростимулятора хлопковых семян: Отчет о НИР по электрификации и автоматизации за 1991 г. (промежуточный) /САИМЭ. Исп.Яшева Е.Я.-№ГР 01.87.0052446.-Гулбахор, 1991.-С.51-79.

248. Агрооценка новых способов предпосевной подготовки семян /Письмо ЦКСХС.-№108, 27.05.1994 г.-7с.

249. Усовершенствовать технологическую схему и параметры установки для электрохимического протравливания хлопковых семян: Отчет о НИР (промежуточный) по теме 7.1 за 1981 г. /САИМЭ. Исп.Юсубалиев А., Менгли Е.-Янгиюль, 1982.-С.72-106.

250. Усовершенствовать технологическую схему и параметры установки для электрохимического протравливания хлопковых семян: Отчет о НИР (промежуточный) по теме 7.1 за 1982 г. /САИМЭ. Исп.Юсубалиев А., Менгли Е.-Гулбахор, 1983.-С.67-88, 133-144.

251. Усовершенствовать технологическую схему и параметры установки для электрохимического протравливания хлопковых семян:Отчет о НИР по теме 7.1 за 1984 г./САИМЭ. Исп. Юсубалиев А., Менгли Е.-Гулбахор, 1985.-С.89-110.

252. Проведение производственных испытаний электрохимического протравливания: Отчет о НИР (заключительный) /САИМЭ. Исп. Юсубалиев А. и др. -№Гр 81099644.-Гулбахор, 1985.-23с.

253. Юсубалиев А., Менгли Е. К электрохимическому протравливанию опушенных семян хлопчатника // Наука-производству: Мат.научн.конф. 23-25 апреля 1987 г.-Алма-Ата, 1988.-С.208-212.

254. Уточнить параметры электростимулятора биологической активности семян хлопчатника: Отчет о НИР (заключительный) /САИМЭ. Исп.Айдаров Ш.Г. и др.-№ГР 76058338.-Янгиюль, 1979.-75 с.

255. Разработка и изготовление электростимулятора хлопковых семян: отчет о НИР (промежуточный) «Электрификация сельскохозяйственного производства» за 1989 г. /САИМЭ.Научн.рук. Юсубалиева А.-№ГР 01.870052446.-Гулбахор, 1989.-С.81-113.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
---------------	---

ГЛАВА 1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ СНИЖЕНИЯ.

1.1.Основные факторы жизнедеятельности растений хлопчатника.....	6
1.2. Биологические основы формирования разнокачественности семян.....	10
1.3. Влияние разнокачественности на посевные качества семян и развитие потомственных растений хлопчатника.....	19
1.4. Возможности снижения разнокачественности и основные требования к подготовке посевных семян хлопчатника.....	27

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

2.1. Существующая технологическая система подготовки семян хлопчатника.....	30
2.2. Краткий анализ способов и технических средств сортирования семян хлопчатника.....	31
2.3. Болезни хлопчатника и меры борьбы с ними.....	36
2.4. Устройства для обработки семян защитно-стимулирующими препаратами и их недостатки.....	41
2.5. Анализ исследований по улучшению посевных качеств и стимулированию биоактивности семян.....	43

ГЛАВА 3. СТРОЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

3.1. Особенности строения и состав хлопкового семени.....	52
3.2. Основные свойства семян хлопчатника.....	53
3.3. Некоторые свойства летучек хлопка-сырца.....	59
3.4. Электрические свойства семян хлопчатника.....	60
3.5. Взаимная связь морфологических и биологических признаков разнокачественности семян.....	66

ГЛАВА 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА В БАРАБАННОМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОМ УСТРОЙСТВЕ

4.1. Электрическая сила притяжения частиц к разнополярным электродам.....	69
4.2. Движение частиц по поверхности вращающегося рабочего органа диэлектрического сортировщика.....	79
4.2.1. Вывод и анализ обобщенного уравнения движения частицы.....	81
4.2.2. Движение семян по рабочему органу диэлектрического сортировщика.....	85
4.3. Отрыв семян от вращающегося барабана.....	90
4.4. Движение семян после отрыва от барабана.....	93

4.5. Экспериментальное исследование разделения семян и летучек хлопка-сырца в диэлектрическом устройстве.....	95
---	----

ГЛАВА 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ НА СЕМЕНА С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

5.1. Контактная зарядка семян хлопчатника в электростатическом поле.....	101
5.2. Электрическое поле заряженного хлопкового семени.....	110
5.3. Электростатическое осаждение частиц препарата на семена.....	112
5.3.1. Скорость движения частиц препарата.....	112
5.3.2. Предельное расстояние осаждения частиц препарата.....	114
5.3.3. Константа коагуляции и коэффициент осаждения частиц препарата на семена.....	116
5.4. Очистка зарядного устройства электропротравливателя от хлопковых волокон.....	119

ГЛАВА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТИМУЛЯЦИИ БИОАКТИВНОСТИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЕМЯН В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

6.1. Электрофизическая модель хлопкового семени.....	125
6.2. Физические процессы, происходящие в семенах при стимуляции в электростатическом поле.....	129
6.2.1. Напряженность поля во внутренней области семени.....	129
6.2.2. Энергия, поглощаемая семенем в электрическом поле.....	135
6.3. О механизмах биологического действия электромагнитных полей на семена.....	140
6.3.1. Реакция семян на воздействие электрического поля.....	140
6.3.2. Информационные аспекты электростимуляции.....	144
6.3.3. Биологические предпосылки электростимуляции семян.....	146
6.4. Биофизические предпосылки обеззараживания семян с помощью электрических полей.....	153

ГЛАВА 7. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА И ИХ АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

7.1. Исследования сортирования семян хлопчатника.....	161
7.1.1. Обоснование рациональных параметров диэлектрического сортирующего устройства.....	161
7.1.2. Разработка опытных образцов и их агротехническая оценка.....	165
7.1.3. Усовершенствование диэлектросортировщика.....	169
7.2. Исследования процессов электрохимического протравливания семян хлопчатника.....	179
7.3. Агротехническая оценка семян, подготовленных электротехнологическими способами.....	186

7.3.1. Влияние сортирования на агробиологические показатели семян и растений хлопчатника.....	186
7.3.2. Полевая проверка семян хлопчатника, протравленных электрохимическим способом.....	191
7.3.3. Влияние обеззараживания семян в ЭМП СВЧ на агропоказатели растений хлопчатника.....	196
7.3.4. Эффективность различных технологий электроподготовки семян хлопчатника в полевых условиях.....	201
7.3.5. Влияние электротехнологии подготовки семян на качество урожая хлопка-сырца.....	205
Заключение.....	208
Список использованной литературы.....	209

А.Юсубалиев. Электротехнология подготовки семян хлопчатника // Под.ред. проф. А. Раджабова.— Т.: «NAVRO'Z», 2014, 232с.

АШИРБАЙ ЮСУБАЛИЕВ

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА

УДК: 64.5.3

КВК: 81.12.(5936) 7

Ю 85

ISBN 978-9943-381-60-5

Редактор *Нафиса Рустамова*
Тех. редактор *Илҳом Қосимов*
Корректор *Озода Қўлдошова*

Издательство "Navro'z"

Лицензия №АІ 170. 23.12.2009 год.

Ташкент, улица А.Темура дом 19.

Тираж 100 экз. печл 14,5. Формат 60х84 ¹/₁₆

Гарнитура "Times New Roman" Печать офсетная.

Отпечатано в типографии "BROK CLASS SERVIS".

г.Ташкент, ул. Заргарлик, Сегизбаева 10а.