

На правах рукописи

Федотов Виктор Анатольевич

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ
ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

Специальность 05.20.02 – Электротехнологии
и электрооборудование в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск 2013

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Иркутская государственная сельскохозяйственная академия».

| | |
|------------------------|---|
| Научный руководитель | кандидат технических наук, доцент Алтухов Игорь Вячеславович |
| Официальные оппоненты: | Багаев Андрей Алексеевич , доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой электрификации и автоматизации сельского хозяйства, профессор Долгих Павел Павлович , кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», кафедра системознергетики, доцент |
| Ведущая организация: | ФГБОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова» |

Защита диссертации состоится «5» июля 2013 года в 9⁰⁰ на выездном заседании диссертационного совета ДМ 220.037.01 при ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет» по адресу: 664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, ИрГСХА, ауд. 429.

Тел/факс: 8(391)227-36-09, e-mail: dissovet@kgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет».

Автореферат разослан «__» _____ 2013 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просьба направлять по адресу: 660049, г. Красноярск, просп. Мира, 90, КрасГАУ, учёному секретарю диссертационного совета ДМ 220.037.01 Бастрону Андрею Владимировичу.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Бастрон А.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Актуальность темы. Для решения проблемы продовольственной безопасности страны и обеспечения населения продуктами питания собственного производства важное значение приобретает повышение урожаев полевых культур.

Совершенствование региональной структуры для производства продуктов питания возможно за счёт районов, обладающих наилучшими условиями для их возделывания с одновременным развитием ресурсосберегающей технологии и техники обработки и переработки продуктов.

В условиях Восточной Сибири, где созревание семян происходит при пониженных температурах, что приводит к их физиологической незрелости, снижению энергии прорастания и всхожести, существует необходимость предпосевной обработки семян с целью повышения их посевных качеств.

Реализация ресурсосберегающих технологий во многом будет определяться масштабами использования электрической энергии. Перспективы развития электротехнологии для сельскохозяйственного производства показывают, что широкое применение получили установки, работающие на принципе использования электрической энергии, превращенной в энергию инфракрасного излучения, для обработки и переработки сельскохозяйственного сырья.

Это связано с тем, что технические средства, работающие на принципе преобразования электрической энергии в энергию электротеплового излучения, просты, надежны, экономичны и, как правило, являются экологически чистыми. Электротепловое излучение при температуре воздействия до 55⁰С позволяет повысить биологическую активность семян, не повреждая ткань и структуру продукта.

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствуют о том, что методы предпосевной обработки семян культурных растений, основанные на применении электрической энергии, не уступают традиционным методам, а по энергетическим и экологическим показателям значительно их превосходят.

В связи с вышеизложенным получение посевного материала с улучшенными качественными показателями при минимальном расходе энергии является актуальной задачей агропромышленного комплекса, решение которой должно включать в себя концепцию выбора и обоснование режимов электротеплового излучения в технологии предпосевной обработки семян пшеницы.

Работа выполнена в НИЛ “Энергосбережение в электротехнологиях” энергетического факультета ИрГСХА в соответствии с тематическим планом-заданием НИР по заказу МСХ РФ за счет средств федерального бюджета в 2010 г. по теме “Теоретическое обоснование применения импульсных ИК-преобразователей в технологиях АПК”, в 2011 г. – по теме “Разработка приёмов комплексной защиты зерновых культур от болезней, вредителей и сорняков на основе агрофитопатологического мониторинга”.

Цель исследования. Повышение эффективности технологии предпосевной обработки семян пшеницы путём совершенствования методов и средств энергоподвода с использованием электротеплового излучения для улучшения качественных показателей семян пшеницы.

Задачи исследования:

- провести анализ методов и средств улучшения посевных качеств и повышения урожайности зерновых культур;
- обосновать электротехнологические параметры процесса термообработки и определить область экспериментальных исследований;
- разработать методику проведения исследований и определить эффективные режимы обработки семян пшеницы электротепловым излучением при лабораторных и полевых условиях;
- разработать и изготовить установку для предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением;
- дать оценку экономической эффективности применения электротеплового излучения в технологии предпосевной обработки семян к посеву.

Объект исследования. Режимы электротеплового излучения в технологии предпосевной обработки семян пшеницы.

Предмет исследования. Взаимодействие параметров теплового излучения и качественных показателей семян пшеницы.

Методы исследования и степень достоверности результатов. В работе использованы теоретические и эмпирические методы исследования. Решение поставленных задач базируется на известных теоретических положениях и научных принципах, разработанных ведущими учеными по фундаментальным и прикладным аспектам электрификации сельскохозяйственного производства, теории математической статистики, оптимизации, математического моделирования, алгоритмизации и программирования на базе современных технических средств. Основные выводы диссертационного исследования обоснованы теоретическими положениями и экспериментальными данными.

Научная новизна исследований:

- разработаны методика проведения исследований воздействия электротеплового излучения на лабораторную всхожесть, зараженность возбудителями семенных инфекций и урожайность семян пшеницы; алгоритм определения эффективных режимов тепловой обработки семян пшеницы;
- получены экспериментальные результаты и установлены эффективные режимы предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением при лабораторных и полевых условиях;
- разработана установка для реализации технологии предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением.

Практическая значимость и реализация работы. Разработаны и опубликованы рекомендации по расчету и конструированию биостимуляторов семян культурных растений для крестьянско-фермерских хозяйств.

Результаты выполненных научных исследований использованы в научно-исследовательской лаборатории “Энергосбережение в электротехнологиях” и на агрономическом факультете ФГБОУ ВПО “Иркутская государственная сель-

скохозяйственная академия” в технологии предпосевной обработки семян пшеницы.

Основные результаты исследований рекомендованы к внедрению в производство на базе предприятия ООО “НИВА” (Тайшетский район Иркутской области) и используются в учебном процессе кафедры энергообеспечения и теплотехники ФГБОУ ВПО “Иркутская государственная сельскохозяйственная академия” при изучении дисциплины электротехнология, а также при курсовом и дипломном проектировании.

Полученные результаты проведенных исследований создают базу для проектирования технических устройств предпосевной обработки семян пшеницы.

Основные положения, выносимые на защиту:

- экспериментальные результаты и эффективные режимы предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением при лабораторных и полевых условиях;
- экспериментальная установка для предпосевной обработки семян пшеницы;
- технико-экономические показатели эффективности внедрения термообработки в технологию подготовки семян пшеницы для получения качественного посевного материала.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований, изложенные в диссертации, докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях ИрГСХА (2009–2013); Всероссийской научно-практической конференции ИрГТУ “Повышение эффективности и использования энергии в условиях Сибири” (Иркутск, 2010); расширенном заседании кафедры электроснабжения сельского хозяйства Института энергетики и управления энергетическими ресурсами агропромышленного комплекса КрасГАУ (Красноярск, 2011). Результаты исследований получили высокую оценку на выставках Всероссийского выставочного центра (г. Москва) и Иркутского международного выставочного центра “СибЭкспоЦентр” (г. Иркутск): “Агропромышленная неделя – 2009” (диплом), “Агропромышленная неделя – 2010” (2 диплома), XIII Российской агропромышленной выставке “Золотая осень – 2011” (диплом и золотая медаль). Получен диплом II степени на втором этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых вузов МСХ РФ (Красноярск, 2012).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ, в том числе 3 работы в изданиях, рекомендованных ВАК России.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы из 120 наименований, в том числе 2 на иностранном языке, приложений. Изложена на 140 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка и 25 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, ее научная новизна, сформулированы цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе “Современное состояние и существующие методы предпосевной обработки семян зерновых культур” рассмотрены существующие способы повышения посевных качеств семян и урожайности в технологиях предпосевной обработки естественными и искусственными методами и средствами. Проанализированы основные характеристики структурных элементов системы “излучатель – зерно”.

Воздействие электрофизических методов и средств на семена различных сельскохозяйственных культур в процессах предпосевной обработки было предметом изучения многих ученых и специалистов. К работам в этой области следует отнести исследования А.М. Басова, А.М. Башилова, И.Ф. Бородина, А.Н. Васильева, Ф.Я. Изакова, Э.А. Каменира, А.А. Климова, Н.В. Ксенза, С.П. Лебедева, Л.Г. Прищепя, И.Ф. Пяткова, А.М. Худоногова, Н.В. Цугленка, В.В. Шмигеля и многих других. Из анализа научных работ установлено, что электрофизические методы, как и традиционные методы предпосевной обработки семян пшеницы, имеют высокие и стабильные показатели энергии прорастания, всхожести, силы роста и урожайности. Обоснована перспективность метода инфракрасного нагрева семян пшеницы для организации системы ее предпосевной обработки, последующего повышения урожайности и качества продукции.

Анализ основных свойств семян пшеницы как объекта предпосевной обработки показал, что изменение посевных качеств зерна происходит в результате температурного воздействия. Эти изменения будут пропорциональны приложенному воздействию со стороны электротеплового излучения. Исследованию термостойкости и определению допустимой температуры нагрева семян пшеницы при предпосевной обработке посвящены работы Б.В. Дамана, А.А. Климова, С.Д. Птицына, И.Ф. Пяткова, А.М. Худоногова и ряда других авторов. Рекомендованный в литературе и предварительно определенный собственными опытами температурный интервал нагрева семян пшеницы, не вызывающий снижения их всхожести, составляет 45–55⁰С.

Для обоснования выбора типа излучателя необходимо определить оптические свойства семян пшеницы. Исследования спектров поглощения теплового излучения в области коротковолновых и средневолновых источников оболочками различных зерновых культур показали, что оптические свойства зерна зависят от целого ряда факторов, основными из которых являются влагосодержание зерна, его структура, цвет и состояние поверхности. В зависимости от перечисленных факторов поглощательная способность зерна в диапазоне длин волн от 1,0 до 6,0 мкм колеблется в пределах от 30 до 90 %. Ввиду этого наиболее подходящим по своим спектральным характеристикам для проведения процесса стимуляции семян электротепловым излучением являются излучатели КГ и ESC-1, у которых максимум излучения находится в пределах от 1,3 до 3,6 мкм.

Во второй главе “Теоретическое обоснование влияния параметров электротеплового излучения на повышение урожайности и улучшение качественных показателей семян пшеницы” выполнен комплекс теоретических исследований по выбору эффективных режимов электротеплового излучения в технологии предпосевной обработки семян пшеницы.

Принцип предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением заключается в следующем: вначале за счет нагрева излучателя электрическим током в нем генерируется энергия ИК-излучения, после чего она передается в виде электромагнитных колебаний к зерну, в котором энергия электромагнитных колебаний вновь превращается в теплоту, тем самым, приводя зерно в возбужденное состояние.

При стимуляции семян различными электрофизическими способами наблюдается явление электромагнито-фототермического синергизма, суть которого заключается в совместном действии электромагнитного поля, света и теплоты на посевные качества семян. В данной ситуации важно установить тепловые параметры при облучении семенного зерна. Исходя из рабочей гипотезы, необходимо определить допустимую и максимально возможную скорости нагрева для процесса стимуляции посевных качеств семян тепловым излучением.

Поток электротеплового излучения, упавший на семена пшеницы, можно представить в виде условного расчетного потока, равного по эффективности действию алгебраической суммы отдельных монохроматических потоков:

$$\Phi_{pi} = \sum(K_{\lambda i} \cdot \Phi_{\lambda i}), \quad (1)$$

где Φ_{pi} – расчетный в отношении термообработки поток электротеплового излучения, Вт; $\Phi_{\lambda i}$ – однородный поток электротеплового излучения, входящий в общий расчетный поток, Вт; $K_{\lambda i}$ – коэффициент относительной эффективности использования потока электротеплового излучения для термообработки.

Расчетное значение облученности:

$$E_{pi} = \sum(K_{\lambda i} \cdot E_{\lambda i}), \quad (2)$$

где E_{pi} – расчетная величина создаваемой облученности, Вт/м²; $E_{\lambda i}$ – однородная облученность, выражающая удельную плотность монохроматического потока Φ_{λ} на единицу облучаемой поверхности, Вт/м².

Удельная энергоемкость, называемая количеством или дозой облучения, потребная для выполнения процесса предпосевной обработки:

$$H_{pi} = E_{\lambda i} \cdot \tau, \quad (3)$$

где H_{pi} – доза облучения, Дж/м²; $E_{\lambda i}$ – однородная облученность, требуемая для выполнения процесса предпосевной обработки, Вт/м²; τ – продолжительность нагрева, с.

При переменной $E_{\lambda i}$ доза облучения определится как

$$H_{pi} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} E_{\lambda i} \cdot d\tau, \quad (4)$$

где τ_1 и τ_2 – соответственно отсчет времени от начала до конца процесса предпосевной обработки.

Энергия, поглощенная семенами, расходуется на нагрев зерна и на потери энергии в окружающую среду путем конвекции. Потерями энергии на испарение влаги и в окружающую среду путем излучения в данном случае можно пренебречь ввиду быстротечности процесса предпосевной обработки и сравнительно небольшой предельно допустимой температуры нагрева семян.

Степень изменения превышения температуры зерна за сравнительно малый промежуток времени определяется как

$$\frac{d\theta}{d\tau} = \frac{\theta_{\max}}{T} \cdot e^{\frac{\tau}{T}} = \frac{A_{\lambda} \cdot \eta}{T \cdot \alpha_k} \cdot \frac{P}{F} \cdot e^{\frac{\tau}{T}}, \quad (5)$$

где θ_{\max} – максимальное превышение температуры нагрева семян, К; T – постоянная времени нагрева единичного зерна, с; τ – время нагрева, с; A_{λ} – коэффициент поглощения энергии электротеплового излучения семенами; η – КПД излучателя; α_k – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·К; P – мощность излучателя, Вт; F – площадь теплообмена, м².

Обозначим

$$\frac{A_{\lambda} \cdot \eta}{\alpha_k} = \xi. \quad (6)$$

По уравнению (5) можно вести расчет скорости нагрева семян пшеницы при различных физико-механических свойствах его и в зависимости от различной плотности мощности излучателя.

Исследование уравнения (5) на максимум позволяет установить границы предельно допустимых скоростей нагрева семян пшеницы до предельно допустимой температуры в процессе предпосевной обработки. Техническое решение будет определяться конструктивным фактором, то есть отношением $\frac{P}{F}$. Минимальное, оптимальное и максимальное значение главного конструктивного фактора определится как

$$\left(\frac{P}{F}\right)_{\min} = \frac{(t_{\min} - t_0)}{\xi}, \quad \left(\frac{P}{F}\right)_{\text{opt}} = \frac{(t_{\text{opt}} - t_0)}{\xi}, \quad \left(\frac{P}{F}\right)_{\max} = \frac{(t_{\max} - t_0)}{\xi}, \quad (7)$$

где t_{\min} , t_{opt} , t_{\max} – соответственно минимальное, оптимальное, максимальное значение температуры нагрева семян.

Анализ работ по термообработке семян пшеницы и предварительные опыты показали, что за такие температуры для семян пшеницы можно принять соответственно 45, 50 и 55⁰С.

Связь между энергетическими и светотехническими параметрами в данном случае выражается формулой Н.Н. Ермолинского, которая отражает зависимость между плотностью мощности и облученностью:

$$\frac{P}{F} = \frac{A_{\lambda} \cdot E}{K_f \cdot \eta}, \quad (8)$$

где K_f – коэффициент использования потока излучения.

С учетом выражения (8) минимальная, оптимальная и максимальная дозы

$$H_{\min} = \frac{(t_{\min} - t_0)}{\xi'} \cdot \tau, \quad H_{\text{opt}} = \frac{(t_{\text{opt}} - t_0)}{\xi'} \cdot \tau, \quad H_{\max} = \frac{(t_{\max} - t_0)}{\xi'} \cdot \tau, \quad (9)$$

где $\xi' = \frac{A_\lambda \cdot \eta}{\alpha_k \cdot K_f}$ – обобщенный комплексный показатель взаимодействия между потоком и семенами.

В третьей главе “Методика определения эффективных режимов тепловой обработки семян пшеницы” приводится анализ существующих методик исследований воздействия электротеплового излучения при проведении опытов. Методикой экспериментальных исследований предусматривалось проведение лабораторных и полевых работ. Определение всхожести семян осуществлялось по стандартной методике. Учет урожайности проводился по методике

Б.А. Доспехова. Разработан алгоритм проведения лабораторных и полевых опытов (рис. 1).

Для статистической обработки полученных результатов использовалась методика активного планирования, при которой основной задачей эксперимента является выбор плана, позволяющего при минимальном количестве опытов получить максимум информации.

Исходя из условия действия двух факторов (время обработки, с; температура обработки, °С), был выбран двухфакторный план эксперимента (табл.).

Программа исследований была заложена в матрицу планирования эксперимента. Схема лабораторного и полевого опытов включала 10 вариантов, в том числе один контрольный (без обработки).



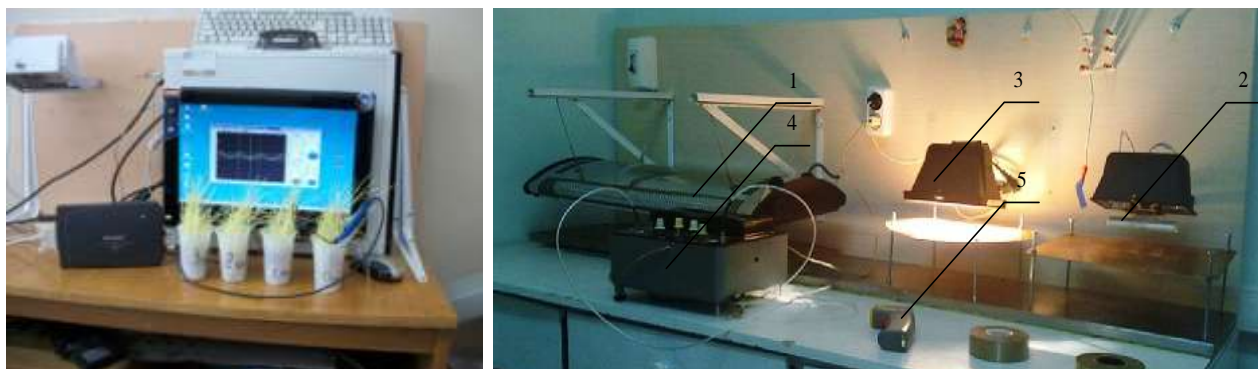
Рисунок 1 –
Алгоритм проведения экспериментов

Уровни факторов и интервалы варьирования

| Фактор | Уровень фактора | | | Интервал варьирования |
|-----------------------------------|-----------------|----|----|-----------------------|
| | -1 | 0 | +1 | |
| x_1 – время обработки, с | 1 | 3 | 5 | 2 |
| x_2 – температура обработки, °С | 45 | 50 | 55 | 5 |

Биоэнергетические показатели семян пшеницы, отражающие степень живучести семян и эффективность методов предпосевной обработки, определялись путём замера электрического сигнала обработанных зёрен электронным осциллоскопом DSO 2100 (рис. 2, а).

Эксперименты по определению скорости нагрева семян пшеницы под воздействием электротеплового излучения различной длины волны определялись на лабораторном стенде, представленном на рис. 2, б. Основные исследования проводились на средневолновых ($\lambda = 3,6$ мкм) и коротковолновых ($\lambda = 1,3$ мкм) источниках излучения.



а

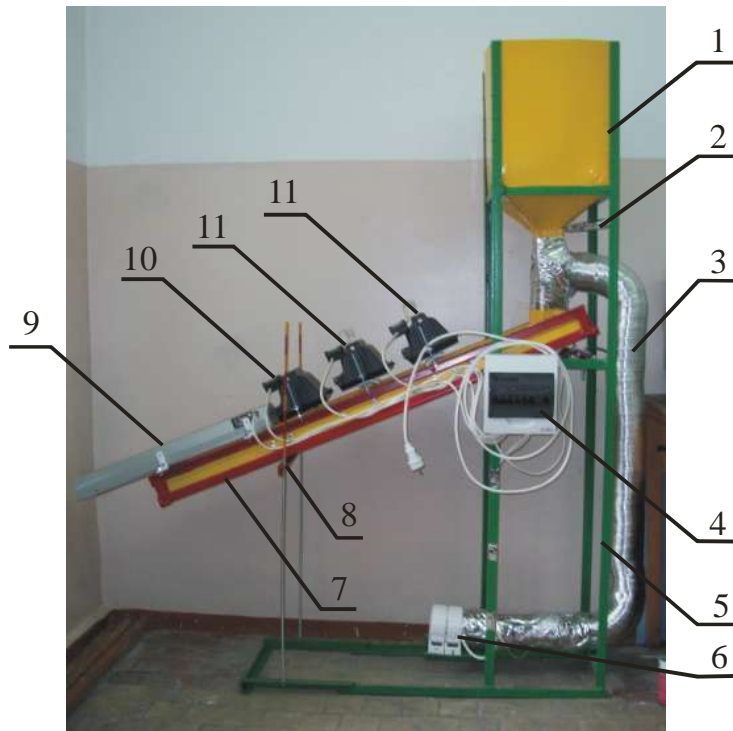
б

Рисунок 2 – Общий вид электронного осциллоскопа DSO 2100 (а); стенд для определения скорости нагрева семян пшеницы при воздействии электротеплового излучения (б): 1 – длинноволновый излучатель; 2 – средневолновый излучатель типа ECS-1; 3 – коротковолновый излучатель типа КГ; 4 – прибор для определения терморадикационных характеристик; 5 – ИК-термометр

Для проведения лабораторных и полевых исследований после проведения предварительных экспериментов и технических расчётов была разработана и сконструирована экспериментально-промышленная установка для предпосевной обработки семян растений (рис. 3) (подана заявка на патент изобретения). Общая мощность установки составляет 3 кВт.

Технология обработки семян на установке состоит в следующем. Перед открытием заслонки бункера-дозатора установку включают в сеть 220 В и прогревают 600 с. После разогрева открывают заслонку бункера-дозатора и добиваются истечения семенного материала в один слой по простейшему самотечному устройству. В результате взаимодействия потока теплового излучения и потока семенного материала осуществляется процесс биостимуляции.

Принцип работы самотечного устройства основан на свойстве сыпучести семян сельскохозяйственных культур, перемещающихся по лотку самотечного устройства сплошным потоком в один слой под действием гравитационных сил. Основной характеристикой этого потока служит скорость его перемещения, которая определяет производительность биостимулятора и, в свою очередь, зависит от параметров самотечного устройства и физико-механических свойств семян: объёмной массы, влажности, фрикционных характеристик и др.



*Рисунок 3 – Установка для предпосевной обработки семян растений:
 1 – бункер-дозатор; 2 – заслонка; 3 – воздуховод; 4 – щит управления;
 5 – рама; 6 – калорифер; 7 – самотечное устройство; 8 – регулятор угла
 наклона к горизонтальной поверхности; 9 – УФ-облучатель;
 10 – ИК-излучатель коротковолновый; 11 – ИК-излучатель импульсный
 средневолновый*

Основными выходными параметрами при определении энергоэффективных режимов в лабораторных и полевых условиях явились: лабораторная всхожесть, зараженность зерна патогенной микрофлорой, зараженность семенными и листовостеблевыми болезнями, фактическая урожайность.

В четвертой главе “Результаты лабораторных и полевых исследований” приведен анализ полученных экспериментальных данных с целью определения эффективных режимов электротеплового излучения.

Установлено, что температура нагрева семян (рис. 4) напрямую зависит от параметров электротеплового излучения. Получены уравнения регрессии:

$$y_1 = 83,9 + 14,8x_1 - 1,26x_3 + 1,12x_1^2 + 0,007x_3^2 - 0,15x_1x_3, \quad (10)$$

$$y_2 = 19,4 + 14,7x_1 + 0,067x_3 - 0,083x_1^2 - 0,0001x_3^2 - 0,082x_1x_3, \quad (11)$$

где y_1 – температура нагрева семян пшеницы излучателем марки ESC-1, °С; y_2 – температура нагрева семян пшеницы излучателем марки КГ, °С; x_1 – время нагрева, с; x_3 – расстояние от излучателя до облучаемых семян, мм.

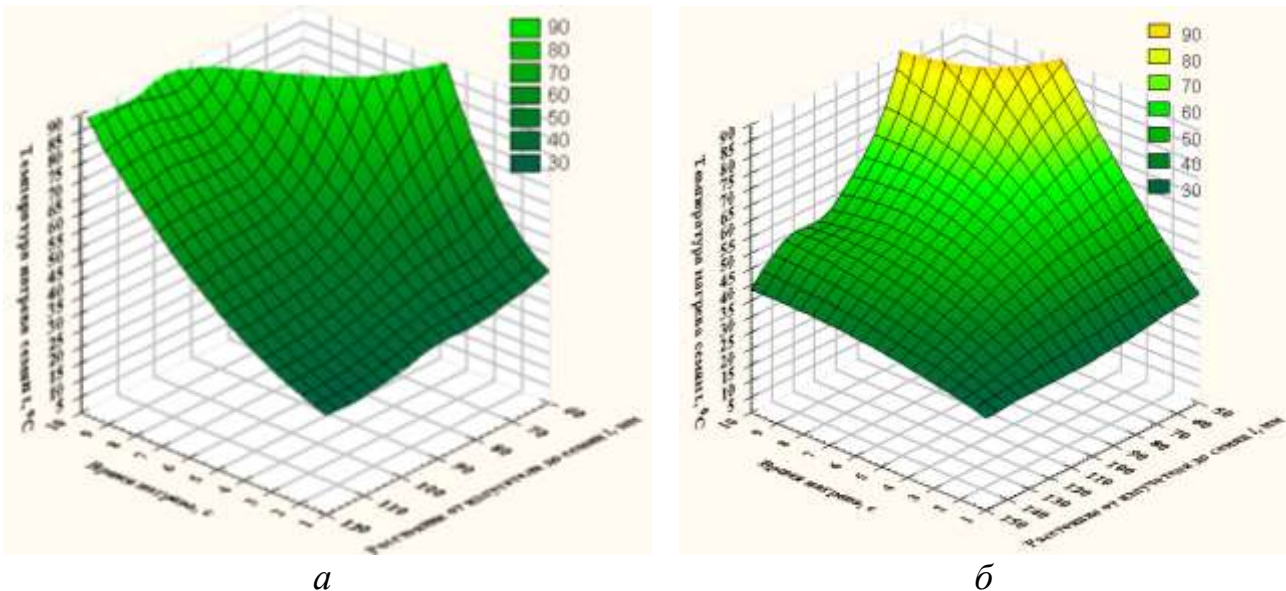


Рисунок 4 – Кривые нагрева семян пшеницы при облучении излучателем (а) марки ESC-1 и излучателем марки КГ (б)

В качестве параметра оптимизации была выбрана температура нагрева семян пшеницы, которая не должна превышать 55°C . Анализ результатов показывает, что на расстоянии 90 мм при воздействии средневолнового излучателя мощностью 500 Вт и на расстоянии 100 мм при воздействии коротковолнового излучателя мощностью 500 Вт в течение 1–5 с температура нагрева семян пшеницы не превышает 55°C .

Измерения биоэнергии семян пшеницы через месяц (30 дней) показали, что биоэнергия семян, обработанных комбинированным излучением (рис. 3), больше биоэнергии семян, обработанных коротковолновым и средневолновым излучением каждого в отдельности, на 90 %, что отражено на рисунке 5.

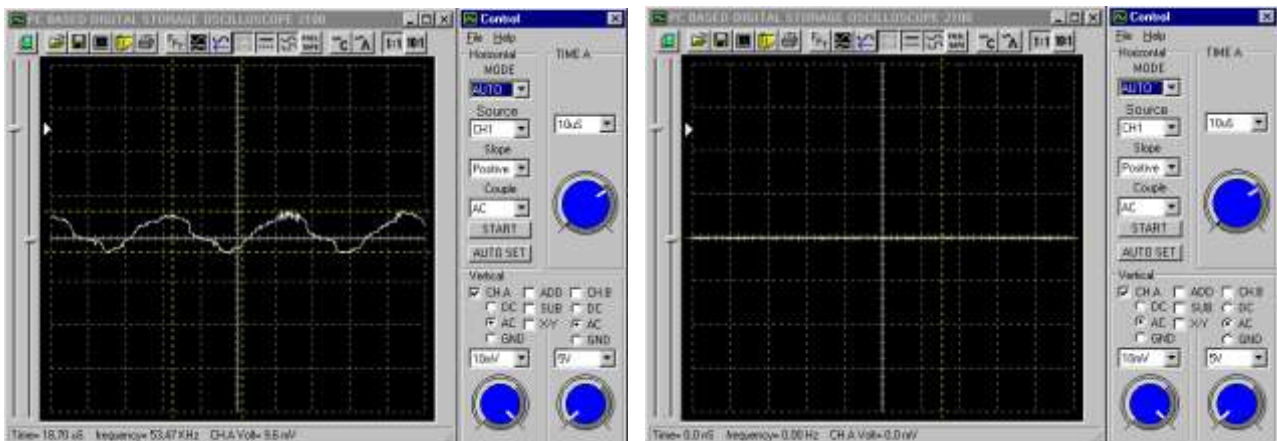


Рисунок 5 – Показатели биоэнергии семян пшеницы через месяц (30 дней) после воздействия комбинированного излучения (а) и коротковолнового и средневолнового импульсного излучателей в отдельности (б)

Дисперсионный и регрессионный анализ дали возможность получить уравнения регрессии, описывающие процесс обработки:

$$y_3 = -206,59 + 1,5x_1 + 10,86x_2 + 0,208x_1^2 - 0,107x_2^2, \quad (12)$$

$$y_4 = -67,5 + 7,12x_1 + 2,11x_2 - 0,14x_1^2 - 0,01x_2^2 - 0,13x_1x_2, \quad (13)$$

$$y_5 = -4,06 - 0,41x_1 + 0,28x_2 + 0,04x_1^2 - 0,003x_2^2, \quad (14)$$

$$y_6 = -451,54 + 15x_1 + 19,18x_2 - 0,2x_2^2 + 0,05x_1x_2, \quad (15)$$

$$y_7 = 112,37 - 1,7x_1 - 3,56x_2 - 0,31x_1^2 + 0,03x_2^2 + 0,0375x_1x_2, \quad (16)$$

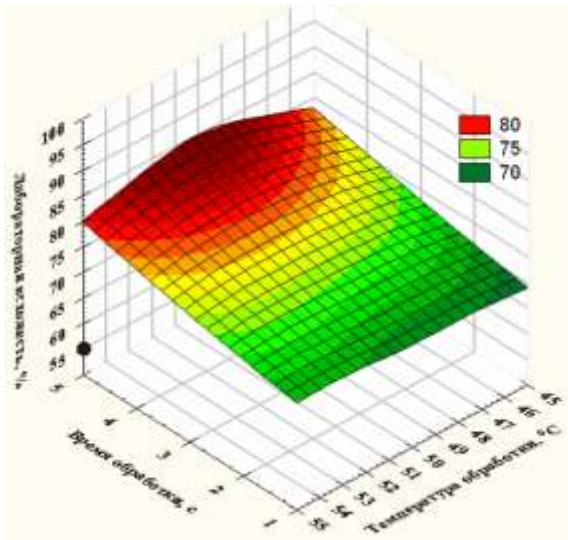
где y_3 – всхожесть семян пшеницы, %; y_4 – y_7 – соответственно, зараженность семян пшеницы грибами *Bipolaris corokiniana*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria tenuis* и возбудителями плесневения *Penicillium sp.*, %.

В результате табулирования данных уравнений в программе STATISTICA 6.0 на персональном компьютере были построены графические зависимости. Результаты исследований влияния режимов электротеплового излучения приведены на рисунке 6.

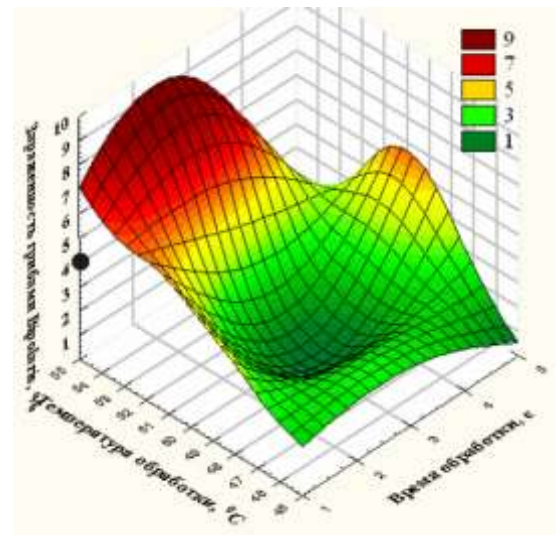
Установлено, что лабораторная всхожесть обработанных семян (рис. 6, а) напрямую зависит от режимов электротеплового излучения. Предварительные исследования показали, что всхожесть необработанных семян (контроль обозначен на графике «●») составила 55 %. Повышение всхожести наблюдается при всех режимах. Наибольшее превышение всхожести над контролем наблюдается при режиме обработки с временем обработки 5 с, температурой 50⁰С – на 54,5 %, наименьшее – с временем обработки 1 с, температурой 45⁰С – на 25,4 %.

Для определения фитосанитарного состояния семян в наших исследованиях проведена предпосевная фитопатологическая экспертиза, которая выявила степень зараженности проростков болезнями и возбудителями. Фитоэкспертиза показала, что семена, использованные в опыте, инфицированы комплексом патогенов: грибами *Alternaria tenuis*, *Bipolaris corokiniana*, *Fusarium oxysporum*, возбудителями плесневения семян *Penicillium sp.*

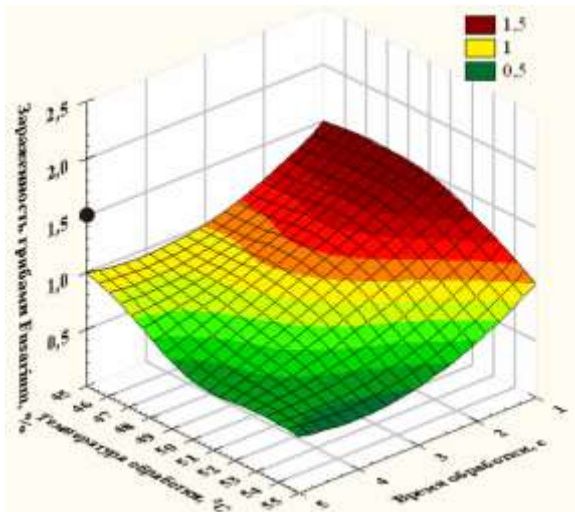
Предварительный анализ семян показал, что их зараженность грибами *Bipolaris corokiniana* составила 4 %. Этот показатель был взят как контрольный, относительно которого определялась эффективность тепловой обработки по данному роду патогена. Грибы *Bipolaris corokiniana* неоднозначно реагируют на изменение времени и температуры обработки. Наблюдается как снижение зараженности, так и ее некоторое увеличение. При минимальном времени обработки и температуре 50 и 55⁰С происходит увеличение зараженности от 25 до 75 %. Скорее всего, в данном случае создаются оптимальные условия для интенсивного развития микрофлоры. При увеличении времени обработки до 3 с, согласно полученной поверхности отклика (рис. 6, б), зараженность снижается при температуре 45 и 50⁰С от 37,5 до 87,5 % и повышается при 55⁰С на 125 %. Обработка семян в пределах 5 с приводит к значительному снижению только при температуре 45 и 55⁰С.



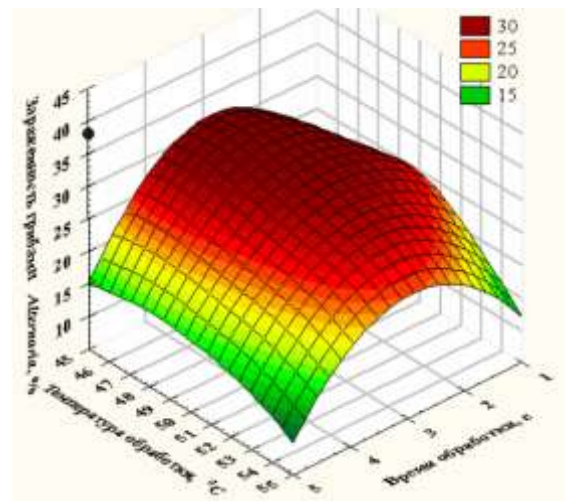
а



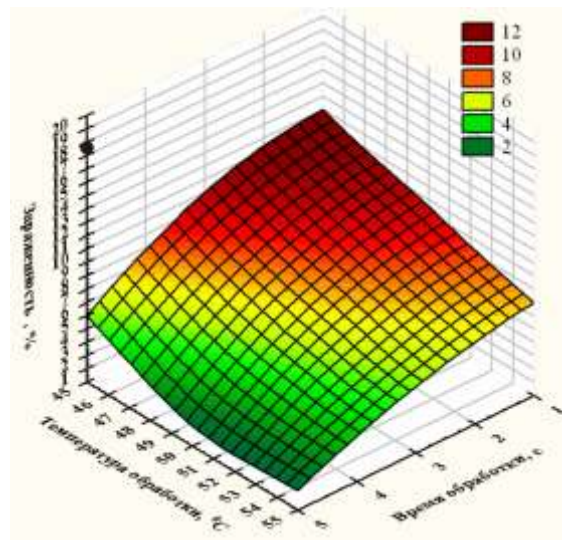
б



в



г



д

Рисунок б – Зависимость лабораторной всхожести семян (а), а также зараженности семян, грибами *Bipolaris sorokiniana* (б), *Fusarium oxysporum* (в), *Alternaria tenuis* (г) и возбудителями плесневения семян *Penicillium sp.* (д) от параметров электротеплового излучения

Зараженность семян пшеницы грибами *Fusarium oxysporum* на контроле составила 1,5 %. При времени обработки 1 с обеззараживание семян не происходит при температуре обработки 45 и 50⁰С. Во всех остальных режимах зараженность грибами *Fusarium oxysporum* семян пшеницы снижается на 33,3 и 66,6 %.

Анализ результатов по влиянию электротеплового излучения на зараженность семян пшеницы грибами *Alternaria tenuis* (рис. 6, з) показал, что при всех режимах происходит значительное снижение относительно контроля. Наибольший эффект обеспечивают режимы с параметрами времени 5 с при разной температуре обработки.

Содержание возбудителей плесневения семян *Penicillium sp.* (рис. 6, д) имеет прямую зависимость от времени и температуры обработки. При увеличении параметров обработки наблюдается снижение возбудителей.

Анализ влияния электротеплового излучения на семенной патологический комплекс и жизнеспособность семян в условиях полевого опыта осуществлялся по схеме, аналогичной лабораторным опытам.

Получены уравнения регрессии:

$$y_8 = -60,56 + 8x_1 + 2,18x_2 - 0,2x_1^2 + 0,01x_2^2 + 0,15x_1x_2, \quad (17)$$

$$y_9 = -112,16 + 0,96x_1 + 4,8x_2 - 0,1x_1^2 + 0,05x_2^2 + 0,013x_1x_2, \quad (18)$$

$$y_{10} = -257,01 + 8,96x_1 + 10,685x_2 - 0,350x_1^2 - 0,102x_2^2 - 0,125x_1x_2, \quad (19)$$

где y_8 – y_9 – зараженность гельминтоспориозом и септориозом листьев пшеницы в фазу выхода в трубку, %; y_{10} – урожайность, ц/га.

В результате табулирования данных уравнений в программе STATISTICA 6.0 были построены графические зависимости. Результаты исследований влияния режимов электротеплового излучения приведены на рисунке 7.

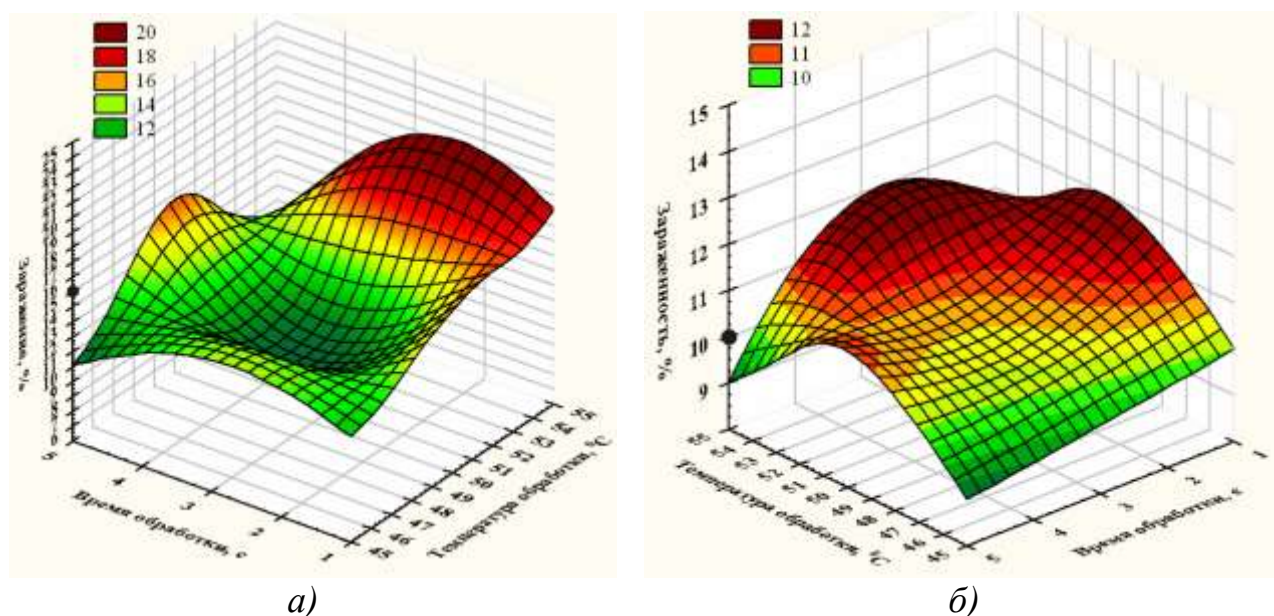
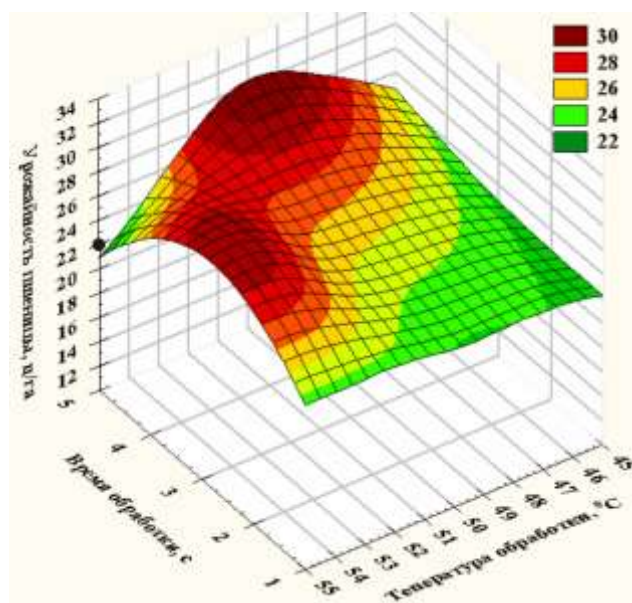


Рисунок 7 – Зависимость зараженности гельминтоспориозом (а) и септориозом (б) листьев пшеницы и урожайности (в) от параметров электротеплового излучения



в)

Рисунок 7 – Окончание

Показатели распространения и развития гельминтоспориоза листьев пшеницы в фазу выхода в трубку выявили зависимость от параметров электротеплового излучения. Анализ полученных результатов показал, что зараженность необработанных семян составляет 15 %. Как видно из рисунка 7, а, максимальное снижение зараженности на 33,3 % наблюдается при режимах обработки со следующими параметрами: время обработки 5 с, температура обработки 45 и 55⁰С; время обработки 3 с, температура обработки 50⁰С. При параметрах со временем обработки 1 с и температуре обработки 50 и 55⁰С, 3 с и 55⁰С, 5 с и 50⁰С зараженность не уменьшается, а, наоборот, увеличивается от 6,6 до 33,3 %.

Анализ зараженности септориозом показал, что у необработанных семян она составляет 10 %. Незначительное уменьшение септориоза листьев пшеницы наблюдается при трех режимах: со временем обработки 5 с и температурой обработки 45 и 55⁰С – на 10 %, 3 с, 45⁰С – на 5 %. При остальных режимах эффект обеззараживания отсутствует, но при этом распространение септориоза незначительно.

Величина урожайности неоднозначно сказывается на пшенице в зависимости от режимов обработки. Положительный эффект наблюдается только при вариантах со временем обработки 5 с и при температуре обработки 45 и 50⁰С, а также 3 с., 50 и 55⁰С.

Максимальная прибавка урожая наблюдается при варианте со временем обработки 5 с и при температуре обработки 50⁰С – 8,7 ц/га, что превышает контроль на 39,5 %.

В ходе совокупного анализа полученных лабораторных и полевых результатов по разработанным критериям установлен режим, рекомендованный для внедрения в технологию производства зерна пшеницы с параметрами: время обработки 5 с, температура обработки 50⁰С.

В пятой главе “Технико-экономическое обоснование технологического процесса предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением” приведены результаты технико-экономического обоснования применения предлагаемой технологии и разработанной установки.

Экономическое обоснование технологии обработки семян энергией электротеплового излучения перед посевом показало, что данная технология позволяет увеличить урожайность до 8,7 ц/га и получить прибыль в размере 6765,7 руб/га. Срок окупаемости новой технологии составит 2,63 года, а величина чистого дисконтированного дохода за расчетный период при данной площади – 89553,4 руб.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ электрофизических методов предпосевной обработки семян зерновых культур показал эффективность применения инфракрасного излучения ввиду простоты и высокой надежности. Существующие технологии и технические средства предпосевной обработки семян пшеницы с использованием инфракрасного излучения требуют совершенства в связи с недостаточной изученностью режимов воздействия электротеплового излучения на качественные показатели семян пшеницы.

2. Проведённые теоретические исследования по определению электро-технологических параметров процесса термообработки семян позволили определить область экспериментальных исследований обработки семян пшеницы электротепловым излучением (при мощности излучателей 500 Вт и длинах волн в диапазонах 1,3 и 3,6 мкм) при температуре нагрева от 45 до 55⁰С, времени нагрева от 1 до 5 с.

3. Проведённая в лабораторных и полевых условиях по методике активного планирования эксперимента предпосевная обработка семян пшеницы электротепловым излучением с изменением двух факторов (время обработки (τ) 1...5 с, температура нагрева (t) 45...55⁰С) позволила получить уравнения регрессии по температуре нагрева и по качественным показателям семян, а также по фитосанитарному состоянию семян пшеницы, адекватно (при уровне значимости 0,05) описывающих процесс их обеззараживания, и определить эффективные режимы обработки семян пшеницы тепловым излучением.

4. Экспериментальные исследования по повышению посевных качеств семян пшеницы указали на высокую эффективность применения для условий Иркутской области электротеплового излучения в технологическом процессе предпосевной обработки. При анализе результатов лабораторных и полевых исследований, с временем обработки 5 с, температурой 45 и 50⁰С; 3 с и 50 и 55⁰С, установлено:

- увеличение лабораторной всхожести относительно контроля наблюдается при всех режимах обработки и находится в пределах 25,4–54,5 %;

- зараженность исследуемых образцов фитопатогенами после обработки тепловым излучением снизилась относительно контроля до 87,5 % по грибам *Bipolaris corokiniana*, до 66,6 – по грибам *Fusarium oxysporum*, до 73 – по грибам *Alternaria tenuis*, до 90,9 % – по возбудителям плесневения *Penicillium sp.*;

– снижение зараженности листьев пшеницы листовыми инфекциями: гельминтоспориозом – до 33,3 %, септориозом – до 10 %.

5. Предложенная технология предпосевной обработки семян пшеницы, базирующаяся на использовании разработанной установки, позволяет при сконструированном самотечном устройстве и бункер-дозаторе добиваться истечения семенного материала в один слой с первоначальной обработкой, выполняемой при помощи калорифера в камере «пробуждения», расположенной в бункер-дозаторе. За счёт установки винтовых креплений на самотечном устройстве появляется возможность изменять угол наклона самотечного устройства и расстояние между излучателями и облучаемой поверхностью, что позволяет равномерно производить нагрев семян электротепловым излучением. Данная установка дает возможность определить и реализовать эффективные режимы электротеплового излучения в технологиях предпосевной подготовки семян и обеспечивает увеличение урожайности до 8,7 ц/га (39,5 %).

6. По результатам исследований подготовлены рекомендации для организации предпосевной обработки семян пшеницы. При норме высева семян 230 кг/га производительность предлагаемой установки составляет 200 кг/ч. Использование предлагаемой технологии позволяет получить годовую экономию в размере 6765,7 руб. при площади возделывания, равной 1 га, а величина чистого дисконтированного дохода при данной площади равна 89553,4 руб. Срок окупаемости капитальных вложений в установку составляет 2,63 года.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Алтухов, И.В. Изменение основных качественных показателей семян пшеницы после воздействия различными облучателями / И.В. Алтухов, В.Д. Очиров, В.А. Федотов // Вестн. ИрГСХА. – 2010. – № 40. – С. 107–115.

2. Алтухов, И.В. Взаимодействие ИК-излучения различных длин волн на семена пшеницы / И.В. Алтухов, В.А. Федотов // Ползунов. вестн. – 2011. – № 2. – Ч. 1. – С. 156–159.

3. Алтухов, И.В. Влияние импульсного ИК-излучения на семена пшеницы / И.В. Алтухов, В.А. Федотов // Вестн. ИрГСХА. – 2012. – № 50. – С. 123–129.

Научное издание

4. Худоногов, А.М. Применение ИК-биостимуляторов семян в сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области: рекомендации / А.М. Худоногов, И.В. Алтухов, В.Д. Очиров, В.А. Федотов. – Иркутск, 2011. – 43 с.

Сборники научных трудов

5. Федотов, В.А. Предпосевная обработка семян растений с применением электротехнологического оборудования / В.А. Федотов // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: сб. студ. науч. конф. (Иркутск, 3–4 марта 2009 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2009. – С. 175–177.

6. Алтухов, И.В. Электротехнологии в предпосевной обработке семян растений / И.В. Алтухов, В.А. Федотов // Вестн. ИрГСХА. – 2009. – № 37. – С. 39–43.

7. *Алтухов, И.В.* Технология предпосевной обработки зерна энергоэффективными методами / *И.В. Алтухов, В.А. Федотов* // Повышение эффективности производства энергии в условиях Сибири: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 26–30 апр. 2010 г.) / под общ. ред. В.В. Федчишина. – Иркутск: ИрГТУ, 2010. – С. 464–468.

8. *Алтухов, И.В.* Технологии предпосевной обработки семян / *И.В. Алтухов, В.А. Федотов* // Инновационные технологии в АПК: мат-лы регион. науч.-практ. конф. мол. учёных СФО с междунар. участием (Иркутск, 12–14 мая 2010 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2010. – С. 322–325.

9. *Алтухов, И.В.* Воздействие ИК-излучения на урожайность семян пшеницы / *И.В. Алтухов, В.А. Федотов* // Научные достижения производству: мат-лы науч.-практ. конф. мол. учёных с междунар. участием (Иркутск, 20–22 апр. 2011 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2011. – С. 330–334.

10. *Алтухов, И.В.* Влияние ИК-излучения на биоэнергетические показатели семян пшеницы / *И.В. Алтухов, В.А. Федотов* // Природа и сельскохозяйственная деятельность человека: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (Иркутск, 23–27 мая 2011 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2011. – Ч. 1. – С. 179–183.

11. *Федотов, В.А.* Влияние биоэнергетических показателей семян пшеницы, подвергшихся обработке ИК-излучением на урожайность / *В.А. Федотов, О.Н. Цыдыпова* // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК: сб. междунар. науч.-практ. конф. мол. учёных (Иркутск, 19–20 апр. 2012 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2012. – С. 62–67.

12. *Алтухов, И.В.* Влияние биоэнергетических показателей на урожайность семян пшеницы после проведения обработкой ИК-излучением / *И.В. Алтухов, В.А. Федотов* // Актуальные вопросы технического, технологического и кадрового обеспечения АПК: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. (Иркутск, 25–26 сент. 2012 г.). – Иркутск: ИрГСХА, 2012. – С. 209–214.

13. *Федотов В.А.* Эффективность применения импульсных ИК-излучателей на примере семян пшеницы / *В.А. Федотов, И.В. Алтухов* // Инновационные энергосберегающие технологии: плен. докл. и тез. (Москва, 8–9 нояб. 2012 г.). – М.: МГАУ, 2012. – С. 112–113.

Подписано в печать _____ г. Формат 60×80 1/16

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № _____.