

На правах рукописи

ГАЗТДИНОВ РУСТАМ РАШИДОВИЧ

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР КОГЕРЕНТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Чебоксары – 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» (ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Максимов Павел Леонидович

Официальные оппоненты: **Кондратьева Надежда Петровна**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», зав. кафедрой «Автоматизированный электропривод»
Линенко Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный аграрный университет», доцент кафедры «Электрические машины и электрооборудование»

Ведущая организация: Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» (ВИЭСХ)

Защита состоится 28 июня 2013 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета Д220.070.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия» по адресу: 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29, ауд. 222. Факс: (8352)62-23-34; E-mail: info@academy21.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО ЧГСХА.

Автореферат разослан « ____ » мая 2013 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

С.С. Алатырев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное растениеводство стоит перед весьма сложной задачей – обеспечить устойчивый рост продуктивности и качества сельскохозяйственной продукции путем применения более энергоемких технологий, снижения ресурсоемкости, а также уровня техногенного и антропогенного загрязнения окружающей среды и производимой продукции.

В целом на качество продукции растениеводства влияет огромное количество негативных факторов. Для уменьшения воздействия этих факторов необходим поиск технологий, которые в различных климатических условиях и независимо от состояния семенного материала повышали бы как качественные, так и количественные показатели.

В 60-80е годы прошлого века были проведены широкие исследования по влиянию на семена различных физических факторов с применением электрических, магнитных и электромагнитных полей. В работах Басова А.М., Инюшина В.М., Шахова А.А. было установлено, что предпосевная обработка когерентным излучением имеет положительное влияние на посевные качества семян.

Поэтому повышение урожайности зерновых культур за счет применения предпосевной обработки когерентным излучением является актуальной задачей при создании перспективных технических средств.

Степень разработанности темы. В настоящее время разработано много устройств для лазерной предпосевной биостимуляции семян, предложены теоретические решения, направленные на повышение урожайности.

Тем не менее, на современном этапе отсутствует технология поиска оптимальных режимов для каждой из зерновых культур с использованием современных полупроводниковых лазерных излучателей.

Известные выпускаемые в настоящее время лазерные установки либо непроизводительны, либо малоэффективны и на них рекомендуются многократная обработка, что трудоёмко и нетехнологично.

В этой связи есть необходимость в дальнейшем проведении исследований по разработке и практическому внедрению предпосевной обработки семян когерентным излучением и поиску оптимальных режимов с использованием полупроводниковых лазеров, а также создание установки с эффективной дозой облучения и производительностью, соответствующей интенсивной технологии возделывания культур.

В качестве исходного материала была взята яровая пшеница, как основная продукция, прямо влияющая на экономическую составляющую страны, на ее внутренний и внешний рынок.

Цель исследования. Оптимизация процесса и обоснование технологии предпосевной обработки семян когерентным излучением. Создание технических средств для предпосевной обработки семян когерентным излучением.

Задачи исследования:

- экспериментально исследовать влияние дозы когерентного излучения на структуру урожайности зерновых культур (яровой пшеницы);
- экспериментально исследовать влияние дозы когерентного излучения на распространение и развитие болезней зерновых культур (яровой пшеницы);
- разработать математическую модель процесса предпосевной обработки когерентным излучением;
- разработать методики расчетов технологических параметров предпосевной обработки когерентным излучением;
- создать технические средства для процесса предпосевной обработки когерентным излучением;
- обосновать энергетическую эффективность процесса предпосевной обработки когерентным излучением.

Объект исследования. Технологический процесс предпосевной обработки когерентным излучением.

Предмет исследования. Определение оптимальных технологических режимов предпосевной обработки зерновых культур когерентным излучением.

Методика исследований. Разработка методологических основ расчета, проектирования и решения базировалась на математическом моделировании электротехнических процессов в системе предпосевной обработки когерентным излучением. Экспериментальные исследования выполнены с использованием методов математической статистики с применением ПЭВМ.

Научная новизна работы состоит в:

- экспериментальном исследовании влияния дозы когерентного излучения на структуру урожайности зерновых культур (яровой пшеницы);
- экспериментальном исследовании влияния дозы когерентного излучения на распространение и развитие болезней зерновых культур (яровой пшеницы);
- разработке математической модели процесса предпосевной обработки когерентным излучением;
- разработке методики расчетов технологических параметров предпосевной обработки когерентным излучением;
- создании технических средств для процесса предпосевной обработки когерентным излучением;
- обосновании энергетической эффективности процесса предпосевной обработки когерентным излучением.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что разработанные теоретические положения, математическая модель и результаты лабораторных и производственных экспериментальных исследований позволяют определять оптимальные режимы обработки семян, приводящие к увеличению урожайности на 15-20%.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований и комплекс технических средств апробированы в ФГОУ УОХ «Июльское» Воткинского района Удмуртской республики. Результаты исследований также используются в учебном процессе ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА.

Научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту:

- экспериментальные исследования влияния дозы когерентного излучения на структуру урожайности зерновых культур (яровой пшеницы);
- экспериментальные исследования влияния дозы когерентного излучения на распространение и развитие болезней зерновых культур (яровой пшеницы);
- математическая модель процесса предпосевной обработки когерентным излучением;
- методика расчетов технологических параметров предпосевной обработки когерентным излучением;
- технические средства для процесса предпосевной обработки когерентным излучением;
- обоснование энергетической эффективности процесса предпосевной обработки когерентным излучением.

Апробация работы.

Основные положения работы и результаты исследований доложены и обсуждены на: конкурсе студенческих инновационных проектов ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА (Ижевск, 2008), студенческой научной конференции факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА «Студенческая наука – инновационному развитию АПК» (Ижевск, 2009), Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства РФ Приволжского федерального округа (Саратов, 2009), II туре Всероссийского конкурса научных работ студентов высших учебных заведений МСХ РФ Приволжского федерального округа по номинации «Технические науки» (Уфа, 2011).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК и приравненные к ним.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 разделов, общих выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит 156 страниц машинописного текста, 41 иллюстрацию, 26 таблиц, приложений и список литературы из 167 наименований, в том числе 46 – на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель исследования и положения, выносимые на защиту, раскрыта научная новизна и практическая ценность работы.

В первом разделе «Современное состояние вопроса предпосевной обработки когерентным излучением» проведен анализ существующих процессов и технических средств, обеспечивающих требуемый уровень повышения функциональной активности сельскохозяйственных культур с использованием электротехнологий.

Результаты этих исследований обобщены в материалах конференций по фотоэнергетике растений (1974-1984); монографиях и обзорах Н.Ф. Батыгина и соавторов, В.М. Инюшина и соавторов, В.П. Илиевой и В.П. Ранкова, В.И. Букатого и В.П. Карманчикова и других авторов.

Одними из первых предпосевное облучение провели В.М. Инюшин, Г.У. Ильясов и Н.Н. Фёдорова. Этот эксперимент интересен ещё и тем, что в нём сравнивали биологическое действие монохроматического света неоновой лампы со светофильтром, имеющим максимум пропускания в области 640–660 нм и излучения гелий-неонового лазера (длина волны генерации 632,8 нм). Рассматривая морфологические и биохимические показатели вегетирующих растений, авторы делают вывод «...о весьма заметном биологическом эффекте монохроматического красного света. Особенно сильный эффект оказывает когерентный монохроматический свет газового лазера».

Однако проведенный обзор технических средств для предпосевной обработки семян когерентным излучением, показал, что существующие облучательные установки на основе гелий-неоновых лазеров слишком громоздки и не позволяют обрабатывать большие объемы семенного материала.

При сравнительном анализе всех возможных облучательных установок можно сделать вывод, что они имеют определенные недостатки для применения в сельском хозяйстве. Основными недостатками является то, что эти установки либо непроизводительны (0,5–5 кг/час), либо не дают должного эффекта биостимуляции за однократную обработку зерна из-за малой интенсивности и экспозиции обработки. Поэтому они требуют многократной загрузки и обработки, что трудоёмко и травмируются семена, а также требуют «отлежек» семян между циклами обработок.

Все вышеизложенное обусловило необходимость проведения исследований по разработке и практическому внедрению предпосевной обработки семян когерентным излучением и поиску оптимальных режимов с использованием современных полупроводниковых лазеров, а также создания установки с эффективной дозой облучения и производительностью, соответствующей интенсивной технологии возделывания культур.

Во втором разделе «Математическое моделирование процесса предпосевной обработки когерентным излучением» приводится теоретическое исследование результатов предпосевной обработки когерентным излучением семян яровой пшеницы и определение оптимальных режимов обработки.

Качественные изменения любого из макроскопических параметров живой, в том числе и растительной, материи как результат влияния внешнего электромагнитного излучения (ВЭМИ) могут привести как к «положительным», так и «отрицательным» последствиям, что одинаково значимо для исследования. Наибольший практический интерес представляет подбор внешнего сигнала, который бы способствовал улучшению физиологических процессов в конкретной биообъекте. Изменяя внешний сигнал по интенсивности, можно наблюдать различные явления, в том числе и пикообразный скачок физиологических процес-

сов, выражающийся, у биологических объектов, например, растений в увеличении урожайности.

Для рассматриваемой системы ВЭМИ-биообъект важно отметить, что она обладает свойствами марковости. Марковский процесс характеризуется следующим свойством – для любого набора последовательных моментов времени параметры системы в данный момент времени однозначно определяются значениями параметров только в предыдущий момент времени и не зависят от каких-либо значений параметров в более ранние моменты времени (так называемой системой с короткой памятью). Таким образом, для описания процесса поведения системы, обладающей свойствами марковости, необходимо знать два ближайших состояния, что выстроить всю последующую цепочку состояний. Это положение существенно упростит математические выкладки и позволит найти закономерность в поведении системы.

В исследуемой системе представляют интерес макроскопические параметры, которые описываются для марковских систем стохастическими дифференциальными уравнениями Фоккера-Планка:

$$\frac{\partial p(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial U(x)}{\partial x} p(x,t) \right] + D \frac{\partial^2}{\partial x^2} p(x,t), \quad (1)$$

где p – искомая функция состояния биологического объекта; x – параметр ВЭМИ; t – время; $U(x)$ – функция, определяющая форму потенциальной ямы системы ВЭМИ-биообъект; D – величина, характеризующая интенсивность шума.

$U(x)$ можно представить в виде суммы:

$$U(x) = U_1(x) + P(x),$$

где $U_1(x)$ – определяет форму потенциальной ямы биологического объекта без внешнего воздействия, $P(x)$ – характеризует воздействие ВЭМИ.

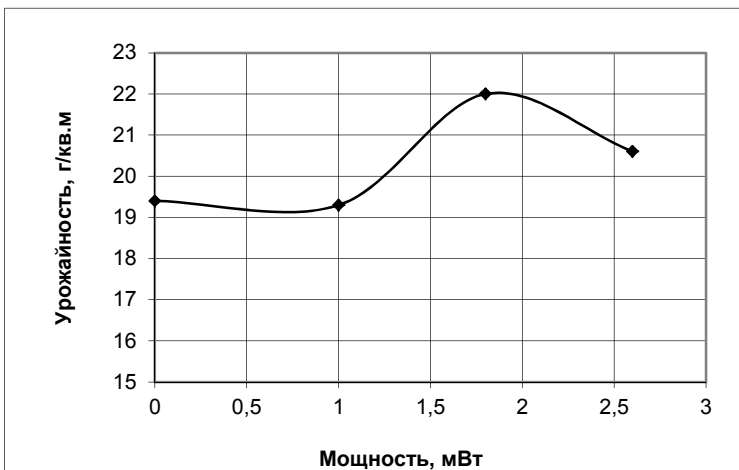


Рисунок 1 – Изменение биологической урожайности яровой пшеницы в зависимости от мощности облучающего лазера

Если посмотреть на экспериментальную кривую, можно сделать вывод, что в данном случае система ВЭМИ-биообъект является бистабильной, поэтому $U_1(x)$ может определяться по форме кубического двучлена:

$$U_1(x) = -\frac{1}{2} fx^2 + \frac{1}{3} gx^3,$$

а $P(x)$ в первом приближении может зависеть линейно от параметра x :

$$P(x) = kx$$

и выполнять функцию внешнего воздействия, выводящего из равновесия систему, где f – коэффициент восстановления системы, g – коэффициент ангармоничности, k – коэффициент внешнего воздействия.

Тогда имеем:

$$U(x) = kx - \frac{1}{2} fx^2 + \frac{1}{3} gx^3. \quad (2)$$

Решение уравнения (1) наталкивается на ряд сложностей принципиального характера. Даже в отсутствии внешнего гармонического сигнала в общем случае не удастся найти точное решение уравнения Фоккера-Планка для двумерных плоскостей вероятности. Однако решение уравнения (1) можно записать в следующем виде:

$$p(x, t) = p_s(x) e^{-\lambda(t)}, \quad (3)$$

где $p_s(x)$ – стационарное решение уравнения (1), $\lambda(t)$ – функция, характеризующая изменение ВЭМИ по времени.

Так, для уравнения (1)
$$p_s(x) = N e^{\left(\frac{U(x)}{D}\right)}$$

или с учетом (2)
$$p_s(x) = N \exp\left[-\frac{\left(kx - \frac{1}{2} fx^2 + \frac{1}{3} gx^3\right)}{D}\right],$$

где N – константа.

Предположим, что функции $\lambda(t)$ состоит из суммы постоянного шума β и периодической составляющей с амплитудой λ_0 и частотой ω :

$$\lambda(t) = \beta + \lambda_0 \cos(\omega t).$$

Таким образом, решение (3) примет вид:

$$p(x, n) = N_n e^{\left(\frac{U(x)}{D}\right)}, \quad (4)$$

где $N_n = N_\beta \exp(-\lambda_0 \cos(n\pi)) = N \exp(-(\beta + \lambda_0 \cos(n\pi)))$.

Для систем, обладающих условием марковости, полученное квазистационарное решение вполне приемлемо.

Из (4) видно, что искомая функция состояния биологического объекта p в моменты времени τ может принимать только два состояния: максимума и минимума, а переход из одного состояния в другое должен происходить скачкообразно. Такое состояние системы имеет место быть по так называемой «теории двух состояний». Причем, если n четное число, то будет минимум, а при n нечетном – максимум. Поэтому можно обойтись двумя значениями n : 0 и 1

$$\left. \begin{aligned} p(x)_{\max} &= N_1 e^{\frac{U(x)}{D}}, \\ p(x)_{\min} &= N_0 e^{\frac{U(x)}{D}}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где
$$\left. \begin{aligned} N_1 &= N \exp(-(\beta - \lambda_0)), \\ N_0 &= N \exp(-(\beta + \lambda_0)), \end{aligned} \right\}$$

Кроме того, решение должно подчиняться условию нормировки:

$$\int_0^{\infty} p(x) dx = 1. \quad (6)$$

Результаты исследований.

Приведем зависимость, изображенную на рисунке 1, к безразмерным величинам. Мощность обозначим через X , а ее максимальное значение примем $X_{\max} = 3,5 \text{ мВт}$. Кривая аппроксимирована до этого значения прямой линией. Биологическую урожайность яровой пшеницы обозначим через Y . Графически можно определить площадь, ограниченной экспериментальной кривой. Она составляет $S = 70,49 \cdot 10^{-6} \text{ кгВт} / \text{м}^2$, тогда среднее значение урожайности

$$\bar{Y} = \frac{S}{X_{\max}} = 20,14 \text{ г} / \text{м}^2.$$

В безразмерных единицах урожайность будем обозначать через y , мощность – x , площадь – s и пусть она подчиняется условию нормировки (6):

$$s = \int_0^{x_{\max}} p(x) dx = 1,$$

примем также максимальное значение мощности в безразмерном виде $x_{\max} = 1$. Таким образом, координаты экспериментальных точек в безразмерных величинах будут определяться по следующим зависимостям:

$$x = \frac{X}{X_{\max}},$$

$$y = \frac{Y}{\bar{Y}}.$$

Теперь воспользуемся теоретической зависимостью (5), которая имеет общий вид:

$$p(x)_{\min}^{\max} = N_0^1 e^{-\frac{U(x)}{D}} = N_0^1 \exp\left(-\frac{\left(kx - \frac{1}{2}fx^2 + \frac{1}{3}gx^3\right)}{D}\right) = N_0^1 \exp\left(-\left(k_1x - \frac{1}{2}f_1x^2 + \frac{1}{3}g_1x^3\right)\right),$$

где $k_1 = k/D$, $f_1 = f/D$, $g_1 = g/D$.

За функцию состояния биологического объекта $p(x)_{\min}^{\max}$ примем урожайность y , а за параметр ВЭМИ – мощность x , кроме того, очевидно, что $N_0^1 = y_0$. Окончательно теоретическая зависимость для данного процесса имеет вид:

$$y = y_0 \exp\left(-\left(k_1x - \frac{1}{2}f_1x^2 + \frac{1}{3}g_1x^3\right)\right). \quad (7)$$

Так как природа исследуемого процесса до конца не изучена, теоретически задать коэффициенты k_1, f_1, g_1 не представляется возможным, поэтому для их определения составим систему уравнений по трем экспериментальным точкам: первое уравнение для $x=0,286$ (1 мВт), второе – $x=0,743$ (1,8 мВт), третье – $x=0,514$ (2,6 мВт) (рисунок 1), откуда получим:

$$k_1 = 0,94311, f_1 = 8,81802, g_1 = 12,24233.$$

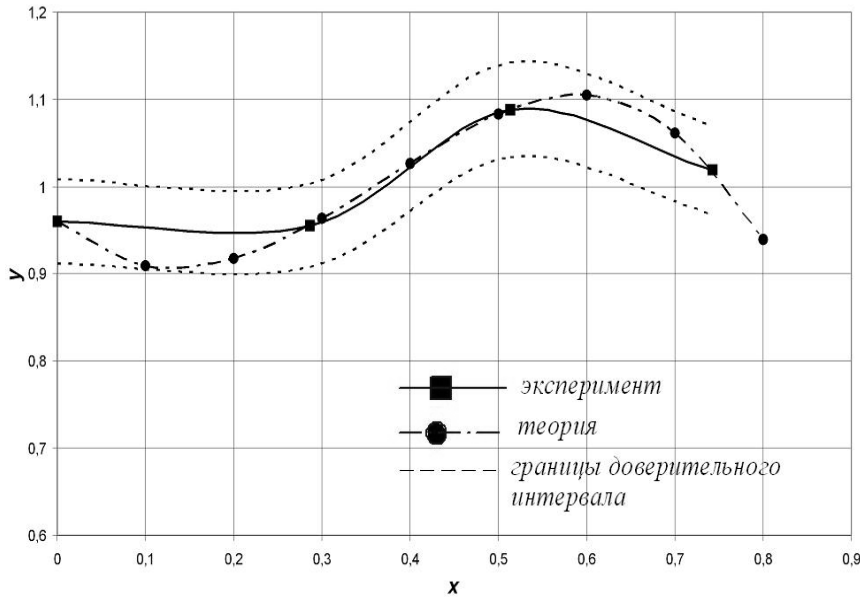


Рисунок 2 – Экспериментальная и теоретическая зависимость урожайности от мощности

Таким образом, можно заключить, что при известных коэффициентах k_1 , f_1 , g_1 по теоретической зависимости можно выйти на оптимальные режимы, исследовав уравнение (7) на экстремум.

тремум.

Для данного процесса получаем минимальную урожайность равную $18,26 \text{ г/м}^2$ при $x=0,13$, что соответствует мощности в $0,455 \text{ мВт}$, а максимум – $22,24 \text{ г/м}^2$ при $x=0,59$, то есть мощность должна составлять $2,06 \text{ мВт}$. При оптимальном режиме обработки увеличение урожайности по сравнению с необработанным материалом могло бы составить $14,6 \%$.

В третьем разделе «Методики экспериментальных исследований процесса предпосевной обработки когерентным излучением» рассматриваются методики экспериментальных исследований.

Для проведения лабораторных экспериментов выбрана обработка на наклонной плоскости одним излучателем.

С учетом выбранной схемы обработки в данном случае в качестве входных факторов определены следующие:

- Угол наклона плоскости скатывания семян, град;
- Оптическая мощность излучателя, мВт;
- Количество последовательных обработок, раз;
- Интервал между двумя последовательными обработками, час.

С целью снижения стоимости и сокращения числа проводимых экспериментов использовали методику активного планирования эксперимента.

Принят насыщенный, близкий к D-оптимальному план для квадратичной модели с четырьмя независимыми переменными (таблица 1).

Для оценки степени развития растений на разных стадиях развития в работе использовали следующие выходные параметры: распространение, развитие болезней, а также всхожесть и длина проростков при проведении лабораторного опыта, биологическая урожайность и ее структура: густота продуктивных стеблей, масса 1000 зерен, полевая всхожесть, масса зерна с колоса, продуктивная кустистость.

Зараженность болезнями оценивали по ГОСТ 12044-93.

По каждой из четырех проб подсчитывали количество семян, зараженных каждой болезнью, и общее количество зараженных семян.

Зараженность семян (X_4) в процентах вычисляли по формуле (8):

$$X_4 = \frac{N_1}{n} \cdot 100, \quad (8)$$

где N_1 – суммарное количество зараженных семян в четырех пробах, шт.;
 n – общее количество семян, взятых для анализа, шт.

Достоверность результатов анализа вычисляли по формуле (9):

$$\chi^2 = 4n[(A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2) - (N_1^2 : 4)] : [N_1 \cdot (n - N_1)], \quad (9)$$

где $N_1 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$ – количество зараженных семян в каждой из четырех проб; n – общее количество семян, взятых для анализа, шт.

Показатель развития болезни проростков семян P вычисляли по формуле (10):

$$P = \frac{\sum(a \cdot \bar{b})}{4n_2} \cdot 100, \quad (10)$$

где a – среднеарифметическое значение количества пораженных семян по каждому баллу; \bar{b} – соответствующий балл заражения; n_2 – количество семян в одной рабочей пробе, шт; 4 – наихудший балл.

Биологическую урожайность, полученную по фактическим слагаемым структуры урожайности, вычисляли по формуле (11):

$$Y_6 = (P_n \cdot K_n) \cdot (3 \cdot M) / 100000, \quad (11)$$

где Y_6 – биологическая урожайность зерна, т/га; P_n – количество продуктивных растений на 1 м² к уборке, шт.; K_n – продуктивная кустистость; 3 – количество зерен в соцветии, шт.; M – масса 1000 зерен при 14% влажности, г; 100000 – число для пересчета урожайности в т/га.

Пересчет урожайности в бункерную осуществляли по формуле:

$$Y = Y_1 (100 - B) / (100 - B1), \quad (12)$$

где Y – урожайность при стандартной влажности 14%, т/га; Y_1 – бункерная урожайность, т/га; B – фактическая влажность зерна, %; $B1$ – стандартная влажность (14%) зерна или та, к которой приводят.

Существенность разницы в показаниях между вариантами опыта устанавливаем методом дисперсионного анализа и по t -критерию, тесноту и форму связи методом корреляционно-регрессионного анализа по Доспехову.

В четвертом разделе «Экспериментальные исследования процесса предпосевной обработки когерентным излучением» приведены результаты экспериментальных исследований лабораторных и полевых экспериментов.

Для проведения исследований влияния лазерного излучения на семена зерновых и овощных культур была разработана лабораторная установка (рисунок 3), состоящая из излучателя 1, который крепится при помощи крепления 2, алюминиевого желоба 3, источника питания и приборов контроля 7,8. Все детали собраны на листе фанеры 6, установленном вертикально при помощи металлических стоек 5. Угол наклона контролируется при помощи транспортира 4. В качестве излучателя был выбран полупроводниковый светодиодный лазер.

Установка работает следующим образом:

Алюминиевый лоток закреплен под некоторым углом. Семена высыпаются на лоток и, двигаясь по лотку под действием собственной тяжести, проходят через лазерный луч.

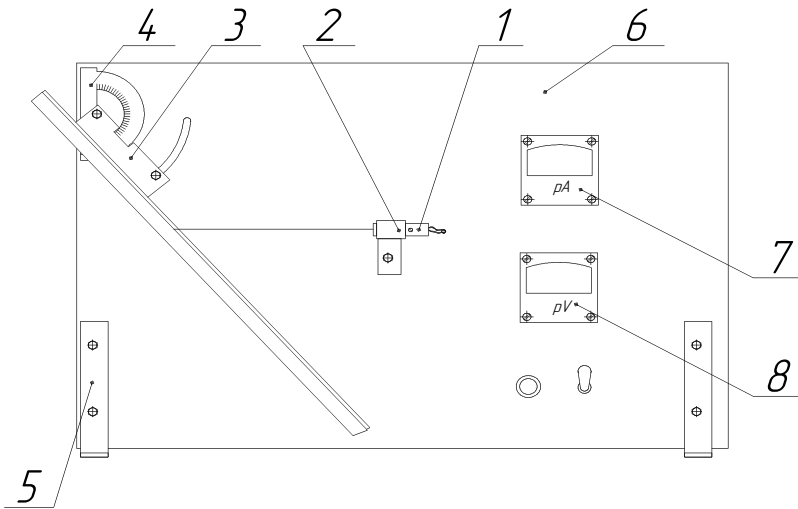


Рисунок 3 – Схема лабораторной установки для облучения семян

В качестве излучателя был выбран полупроводниковый лазер, питающийся от источника постоянного тока напряжением 3В. Для установки был сконструирован блок питания с регулируемым стабилизатором напряжения на микросхеме LT1083, обеспечивающий на выходе стабилизированное напряжение 1,25...5 В. За счет этого появилась возможность изменять световую мощность лазерного луча. Длина волны используемого лазера $\lambda=650$ нм.

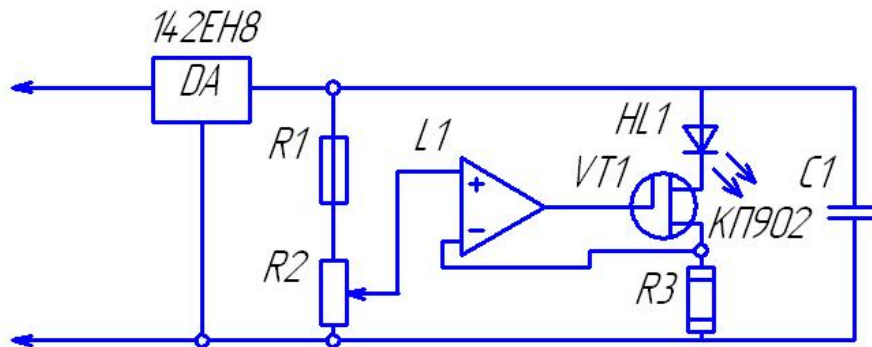


Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема лабораторной лазерной установки для обработки семян

Расчет необходимой дозы облучения

Известно, что физиологический статус растения во многом зависит от интенсивности света, его спектрального состава, дозы излучения и периодичности освещения.

Энергетическая экспозиция может быть определена как:

$$E = \frac{P}{F} \cdot t, \quad (12)$$

где E – энергетическая экспозиция или эффективная доза облучения ($\text{Дж}/\text{м}^2$); P – оптическая мощность излучения лазера (Вт); F – площадь облучаемой поверхности (м^2) или, в случае отсутствия развертывающих устройств, площадь пятна лазера; t – время экспозиции, с.

Эффективная доза облучения для режимов плана эксперимента приведена в таблице 1.

Таблица 1 – План эксперимента и эффективная доза облучения семян

№ режима	Угол наклона, град	Мощность излучателя, мВт	Количество последовательных обработок, раз	Время между обработками, дни	Доза облучения, $\text{Дж}/\text{м}^2$
1	40	1	0	0	2,9
2	40	1,8	2	3	15,7
3	40	2,6	0	0	7,5
4	40	2	1	0	11,6
5	40	1,8	0	0	5,2
6	50	2	2	1	6
7	50	2,6	1	2	5,2

Проведен лабораторный эксперимент, чтобы определить влияние обработки зерна когерентным излучением на устойчивость к различным болезням, а также определить наиболее оптимальные режимы обработки когерентным излучением для проведения полевого эксперимента.

По полученным экспериментальным данным (рисунок 5, 6) делаем вывод, что варианты № 1, 3, 5 плана эксперимента обеспечивают наибольшую всхожесть, что является важным показателем. Также данные образцы имеют хорошие показатели по устойчивости к развитию и распространению болезней. В среднем у указанных образцов всхожесть выше на 5-8%.

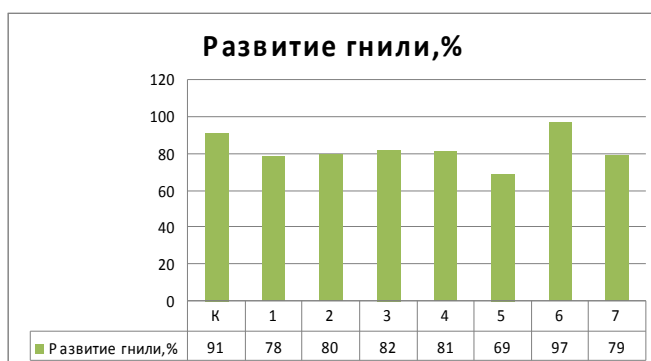


Рисунок 5 – Влияние предпосевной обработки на развитие гнили



Рисунок 6 – Влияние предпосевной обработки на длину проростка

Мощность излучателя для приведенных режимов 1 мВт, 2,6 мВт, 1,8 мВт, эффективные дозы облучения составили 2,9, 5,9 и 7,5 $\text{Дж}/\text{м}^2$ соответственно.

Следующий этап лабораторных исследований должен был показать, как поведет себя посевной материал в условиях отлежки. Для этого этап был разделен на 4 части:

1. Высев семян на следующий после обработки день.
2. Высев спустя 5 дней выдержки.
3. Высев спустя 10 дней выдержки.
4. Высев спустя 15 дней выдержки.

По полученным экспериментальным данным можно сказать о наилучшем режиме – это режим №3 плана эксперимента, высев на следующий день без отлежки, он дает наибольшую всхожесть среди остальных видов обработки (97%), наименьшее распространение болезней (17%), развитие болезней так же минимально (9%), длина проростка также является одним из самых высоких (13,6см).

Разработка экспериментальной установки для проведения полевого опыта

Для проведения полевого опыта разработана установка для предпосевной обработки когерентным излучением, производительностью 0,3 т/час.

Электрическая схема устройства изображена на рисунке 7.

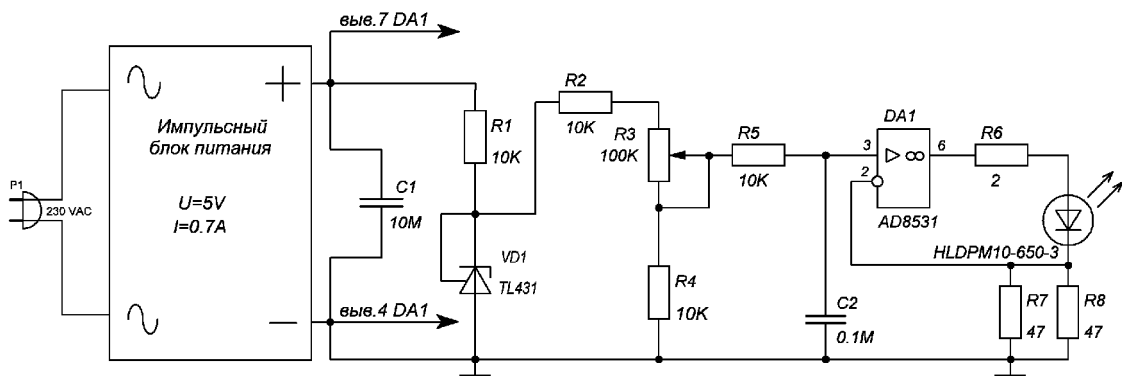


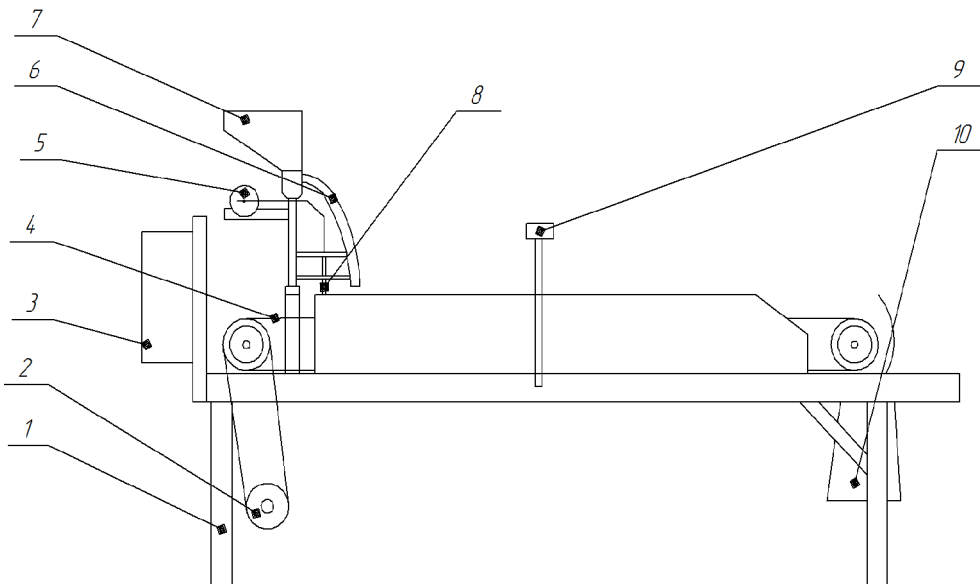
Рисунок 7 – Принципиальная электрическая схема питания лазерного модуля HLDPM10-650-3

Установка для предпосевной обработки когерентным излучением приведена на рисунке 8.

Установка работает следующим образом: зерно из бункера 7 через подающий зернопровод 6 попадает на разбрасыватель, равномерно распределяясь по транспортной ленте 4, движется дальше и проходит под лазерным излучателем 9, далее обработанное лазером зерно попадает в приемный бункер 10.



а)



б)

Рисунок 8 – Полевая установка для предпосевной обработки семян:

а) общий вид установки, б) схема установки,

1 – станина, 2 – электродвигатель, 3 – щит управления, 4 – транспортер, 5 – механизм разбрасывателя, 6 – подающий зернопровод, 7 – бункер, 8 – разбрасыватель, 9 – лазерный излучатель, 10 – приемный бункер.

Полевой эксперимент и его результаты

Выбор технологий предпосевной обработки был основан на предварительных лабораторных исследованиях, которые показали, что облучение семян лазером ускоряет прорастание семян и повышает всхожесть, при этом снижается поражение всходов корневыми гнилями.

Урожайность ($У$) яровой пшеницы складывается из произведения плотности стояния продуктивных стеблей к уборке с единицы площади ($П_c$) и массы зерна с одного колоса ($М_k$).

Первый показатель формируется за счёт плотности всходов (полевой всхожести) и плотности стояния продуктивных растений к уборке (выживаемости), второй – за счёт количества зёрен в колосе и массы 1000 зёрен (продуктивность колоса). Во все годы исследований отмечается достоверное увеличение плотности всходов яровой пшеницы в среднем за три года в зависимости от применяемой технологии лазерной обработки на 32-57 шт./м² ($НСР_{05} = 30$ шт./м² («наименьшая существенная разница» по Доспехову Б.А., 1985) относительно контроля, где данный показатель составил в среднем 434 шт./м² (таблица 2, рисунок 9).

Таблица 2 – Влияние технологии предпосевной обработки семян лазером на показатели структуры урожайности яровой пшеницы Ирень (среднее за 2010-2012 гг.)

Вариант	Всхожесть полевая, %	Плотность стояния продуктивных, шт./м ²		Количество зерен в колосе, шт.	Масса зерна, г	
		растений	стеблей		с колоса	1000 шт.
Контроль	63	360	411	17,2	0,47	25,7
Технология 1	68	391	440	18,3	0,50	25,4
Технология 3	68	386	446	20,0	0,51	25,4
Технология 5	72	402	465	18,3	0,50	25,8
$НСР_{05}$	4	30	36	1,3	-	-

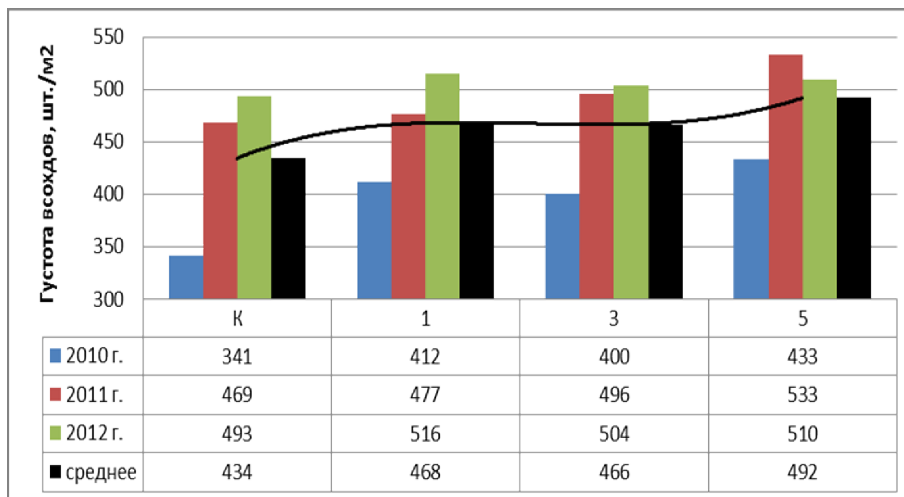


Рисунок 9 – Влияние разных технологий лазерной предпосевной обработки семян яровой пшеницы на плотность всходов за 2010-2012 гг. исследований (шт./м²)

Отношение плотности всходов к количеству фактически высеванных всхожих семян определяет относительную величину полевой всхожести яровой пшеницы Ирень. Так, полевая всхожесть в вариантах с предпосевной обработкой семян по технологии «1», «3» и «5» повысилась на 5–9% ($НСР_{05}=4\%$) относительно контроля, где этот показатель составил 63%.

Во все годы исследований не зависимо от условий вегетационного периода предпосевная обработка семян лазером способствовала повышению урожай-

ности яровой пшеницы Ирень. Достоверное увеличение урожайности было получено при использовании технологии 3 и технологии 5 – прибавка урожайности составила соответственно 32 и 35 г/м², относительно контроля где она составила 194 г/м² ($НСР_{05}=27$ г/м², рисунок 10).

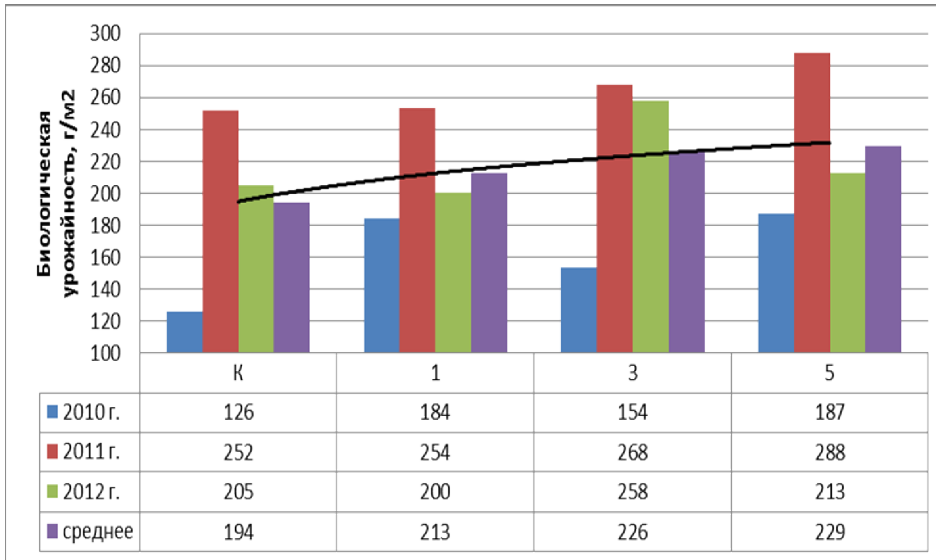


Рисунок 10 – Влияние разных технологий лазерной предпосевной обработки семян яровой пшеницы на биологическую урожайность за 2010-2012 гг. исследований (г/м²)

Из рисунка 10 видно, что предпосевная обработка семян повышает полевую всхожесть на 5–9%, густоту продуктивного стеблестоя до 54 шт./м² и улучшает продуктивность колоса за увеличения количества зёрен в колосе. Данные слагаемые урожайности в конечном итоге дают достоверное повышение урожайности. Наибольшую эффективность в повышении продуктивности яровой пшеницы Ирень даёт предпосевная лазерная обработка семян по режимам «3» и «5» плана эксперимента.

После проведения полевого эксперимент можем сказать, что минимально-стимулирующая доза облучения 2,9 Дж/м², максимально допустимая и оптимальная дозы лазерного облучения будут находиться в пределах 5,2–7,5 Дж/м² за одноцикловую загрузку семенного материала и без промежуточных отлежек.

В пятом разделе «Оценка экономической эффективности применения метода предпосевной обработки когерентным излучением» приведены экономические расчеты, оценивающие эффективность применения предпосевной обработки сельскохозяйственных культур когерентным излучением.

Полевые опыты в ОАО УОХ «Июльское» и ООО «Флоренс» Удмуртской республики показали, что применение предпосевной обработки когерентным излучением повышает урожайность яровой пшеницы до 15-20%. Суммарный чистый дисконтированный доход составил более 332 тыс. руб. Удельный экономический составил 1030 руб/га.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель, позволяющая при известных коэффициентах по теоретической зависимости выйти на оптимальные режимы для любых зерновых культур, исследовав уравнение (7) на экстремум. Для яровой пшеницы сорта Ирень получаем минимальную урожайность равную $18,26 \text{ г/м}^2$ при мощности излучателя $0,455 \text{ мВт}$, а максимум – $22,24 \text{ г/м}^2$ при мощности излучателя $2,06 \text{ мВт}$.

2. Экспериментальными лабораторными исследованиями установлено, что предпосевная обработка когерентным излучением положительно влияет на всхожесть, длину проростка, а также ведет к уменьшению распространения и развития болезней у зерновых культур при оптимальных дозах облучения.

3. Экспериментальными исследованиями процесса предпосевной обработки когерентным излучением установлено, что **минимально - стимулирующая** доза облучения для яровой пшеницы сорта Ирень составляет $2,9 \text{ Дж/м}^2$ при мощности оптического излучателя 1 мВт за одноцикловую загрузку семенного материала и без промежуточных отлежек, **максимально допустимая** доза $7,5 \text{ Дж/м}^2$ при мощности оптического излучателя $2,6 \text{ мВт}$ за одноцикловую загрузку семенного материала и без промежуточных отлежек; **оптимальная** доза облучения составит $5,2 \text{ Дж/м}^2$ при мощности оптического излучателя $1,8 \text{ мВт}$ за одноцикловую загрузку семенного материала и без промежуточных отлежек.

4. Экспериментальными исследованиями процесса предпосевной обработки когерентным излучением установлено, что она повышает полевую всхожесть на $5-9 \%$, густоту продуктивного стеблестоя до 54 шт./м^2 и повышает урожайность на 35 г/м^2 или 15% относительно контроля.

5. Предложенная методика расчета технологических параметров процесса предпосевной обработки когерентным излучением позволяет обосновано подойти к проектированию новых облучательных установок.

6. Производственные исследования показали, что при использовании предпосевной обработки когерентным излучением повышается урожайность яровой пшеницы до 15% . Суммарный чистый дисконтированный доход составил более 332 тыс. руб. Удельный экономический составил 1030 руб/га .

Основные положения диссертации изложены в следующих работах

Издания, указанные в перечне ВАК и приравненные к ним:

1. Долговых, О.Г Влияние лазерной обработки на семена яровой пшеницы Ирень / О.Г. Долговых, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов // Электронный научно-инновационный журнал «Инженерный вестник Дона» [Электронный ресурс]. – №4, 2012. - С. 2-3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>.
2. Максимов, П.Л. Анализ двухлетней практики использования лазера в полевых опытах [Текст] / П.Л. Максимов, О.Г. Долговых, Р.Р. Газтдинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. – № 2. – С. 14-15.

3. Долговых, О.Г. Определение оптимального режима лазерной обработки семян яровой пшеницы Ирень [Текст] / О.Г. Долговых, П.В. Дородов, Р.Р. Газтдинов // Всероссийский научный аграрный журнал «Аграрный вестник Урала». – 2013. - №4. – С. 33-36.

Публикации в сборниках научных трудов и материалов конференций:

4. Долговых, О.Г. Результаты микроделяночных опытов использования лазеров в растениеводстве [Текст] / О.Г. Долговых, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов // VI Международная научно-практическая конференция «Технология и продукты здорового питания» – Саратов: Издательство «КУБиК», 2012. – С. 58-61.
5. Долговых, О.Г. Результаты предпосевной обработки семян зерновых культур (опыт 2-го года) [Текст] / О.Г. Долговых, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов, С. Истомина // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. - 2010. - № 3 (24). - С.16-20
6. Долговых, О.Г. Лабораторные результаты по лазерной предпосевной обработке семян с использованием отлежки [Текст] / О.Г. Долговых, П.Л. Максимов, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов // Научное обеспечение развития АПК в современных условиях : материалы Всерос. науч.- практ. конф. (15-18 февр. 2011 г.) / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск, 2011. - Т. 3. - С.70-74.
7. Долговых, О.Г. Формирование структуры урожайности при выращивании зерновых культур с использованием лазерных технологий в Удмуртии [Текст] / О.Г. Долговых, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов // IV Всероссийская научно-практическая конференция «Резервы экономического роста предприятий и организаций». – Пенза: Приволжский дом знаний, 2009. – С. 44-47.
8. Долговых, О.Г. Испытание энергоэффективных инноваций в полевых условиях [Текст] / О.Г. Долговых, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов // Всероссийская научно-практическая конференция «Особенности развития агропромышленного комплекса на современном этапе». – Уфа: ФГОУ ВПО БГАУ, 2011. – С. 148-152.
9. Максимов, П.Л. Лазерная предпосевная обработка семян пшеницы, как экологический фактор повышения урожайности [Текст] / П.Л. Максимов, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов // Международная научно-практическая конференция «Аграрная наука – основа инновационного развития АПК». – Курган; ФГОУ ВПО КГСХА им. Мальцева, 2011. – С.200-204.
10. Максимов, П. Л. Методы предпосевной обработки семян зерновых культур [Текст] / П. Л. Максимов, О.Г. Долговых, В.В. Красильников, Р.Р. Газтдинов // Научное обеспечение инновационного развития АПК : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию государственности Удмуртии, 16-19 февр. 2010 г. / ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. - Ижевск, 2010. - Т. 3. - С.185-190.

Подписано в печать _____ 2013 г. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ _____.
Отпечатано с оригинала - макета.
Полиграфический отдел, ФГБОУ ВПО ЧГСХА,
428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29.
Лицензия ПЛД № 27-36.