

УДК 66-967.1

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

ОЦЕНКА РЕЖИМОВ ПРОЦЕССА ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ИНФРАКРАСНЫМ ОБЛУЧЕНИЕМ

Трефилов Руслан Александрович
аспирант
РИНЦ SPIN-код: 3499-4222

Касаткина Надежда Юрьевна
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код:3348-8052

Бадретдинова Ирина Владимировна
к.т.н., доцент
AuthorID: 547028

Сергеев Алексей Александрович
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код:7204-9860

Корепанов Юрий Геннадьевич
старший преподаватель
РИНЦ SPIN-код:1244-5500

Арсланов Фанис Рашидович
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код:9987-2745

Касаткин Владимир Вениаминович
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код:5677-8089
ФГБОУ ВПО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, Ижевск, Россия

В статье рассмотрена методика расчета, позволяющая прогнозировать оптимальные температурные режимы стимуляции инфракрасным облучением семян для процесса электромагнитной обработки и последующим дражированием с применением перлита. На основе анализа состояния вопроса определены наиболее подходящие с технической стороны коротковолновое инфракрасное излучение в диапазоне 0,76 – 1,4 мкм, которое имеет наибольшую проникающую способность в зерно для стимулирования. С методологической точки зрения, быстрое повышение температуры материала после критической точки при непрерывной ИК-обработке вызывает ухудшение свойств термолабильных материалов. Значительный температурный градиент, направленный противоположно градиенту влагосодержания, зависит от предварительной влажности материала обработки, что также влияет на качество предпосевной обработки семян. Для решения этих задач был произведен расчет математической модели

UDC 66-967.1

Technologies and means of agricultural mechanization

PROCESS EVALUTION OF SEEDS PRE-SEEDING TREATMENT WITH INFRARED RADIATION

Trefilov Ruslan Aleksandrovich
postgraduate student
RSCI SPIN-code: 3499-4222

Kastkina Nadezda Yurievna
Candidate of technical sciences, professor
RSCI SPIN-code: 3348-8052

Badretdinova Irina Vladimirovna
Candidate of technical sciences, professor
Author ID: 547028

Sergeev Alexey Aleksandrovich
candidate of technical sciences, professor
RSCI SPIN-code: 7204-9860

Korepanov Yuri Gennadievich
senior lecturer
RSCI SPIN-code: 1244-5500

Arslanov Fanis Rashidovich
candidate of technical sciences, professor
RSCI SPIN-code: 9987-2745

Kasatkin Vladimir Veniaminovich
Doctor of engineering, professor
RSCI SPIN-code: 5677-8089
FSBEI HE Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia

The main subject spotted in this article is a calculation method which helps to depict optimal temperature conditions for seeds stimulation by infrared radiation useful for electromagnetic processing and seed-pelleting with perlite next. The analysis helped to depict that the convenient technical aspects of shortwave infrared radiation is in range 0,76-1,4 mcm. This kind of infrared radiation has the greatest penetrating power into the grain to stimulate. According to the methodology a rapid increase of the temperature of seeds after the critical point reaching during IR treatment leads to the properties deterioration of the of thermolabile materials. The temperature gradient during the IR treatment of seeds has the opposite direction of moisture content and depends on the preliminary humidity of the material. This affects the pre-planting cultivation quality of seeds. To avoid overheating and seeds damage there was a mathematical model of the optimal temperature of the IR radiation calculated. As the result of this method there was obtained the calculation of temperature conditions for

оптимального температурного режима от источника ИК – излучения, чтобы избежать перегрева и повреждения семян. В результате разработанной методики получены расчетные зависимости, демонстрирующие влияние скорости нагрева и влажности семян на температурные параметры при ИК-обработке. Описанная математическая модель позволяет определить температурные режимы для исключения повреждения семян в результате нагрева. Произведена аппроксимация данных, показавшая перспективность и эффективность проведенных разработок

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ОБРАБОТКА, ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ, ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА, ПЕРЛИТ, ТЕМПЕРАТУРА, СКОРОСТЬ НАГРЕВА, ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ

IR treatment and heating rate depending on seeds humidity. This calculation method helps to define optimal temperature conditions to avoid harmful influence on seeds due to heating. There was data fitting during this method creation and evaluation which defines the effectiveness and perspective of this elaboration

Keywords: ELECTROMAGNETIC PROCESSING, INFRARED RADIATION, PRE-SEEDING, PERLITE, TEMPERATURE, HEATING RATE, RELATIVE HUMIDITY

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-151-001>

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день повышение урожайности и равномерность всхожести полевых культур являются одной из задач продовольственной безопасности страны и обеспечение населения качественными продуктами питания. Одним из оптимальных решений является комплексная экологически чистая предпосевная обработка семян, включающая электромагнитное облучение семян в инфракрасном излучении и дражирование с применением вспученного перлита [17]. Предпосевная обработка семян является важным преимуществом, так как правильно и качественно подготовленные семена для посева – одно из главных условий формирования оптимальной структуры урожайности [10]. Перспективы развития электротехнологических решений для предпосевной обработки показывают, что широкое применение получили установки, работающие на принципе использования электрической энергии, преобразованной в энергию инфракрасного излучения, для производства сельскохозяйственной продукции [2]. Превышение критической точки температуры при нагреве во время ИК-обработки способствует ухудшению свойств обрабатываемых семян. Поэтому представляется задача описания теоретической модели для правильного выбора

организации температурного режима процесса импульсной ИК-обработки, при котором чередуются циклы нагрева и охлаждения, в результате чего, производится стимулирующее действие на семена.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Известные способы предпосевной обработки семян разделяют на три основные группы. Химический способ заключается в обработке компонентами, полученными химическим путем. Основной недостаток состоит в использовании ядовитых компонентов, пагубно влияющих на окружающую среду и человека. Несмотря, на успешное применение, они ухудшают качество воды, отравляют пищу и вызывают рост заболеваемости. Существующие способы химической обработки энергозатратны [19;21].

Биологическая обработка, как правило, производится с использованием фитопатогенов, недостатком является высокие расходы для закупки препаратов и оборудования для обработки семян [3].

Физические способы основаны на использовании тепловых, электрических, магнитных, электромагнитных и других полей и излучений [9;11]. Перспективы изучения и исследования в данном направлении указывают на перспективу разработки инновационных способов обработки семян перед посевом. Что позволит упростить технологические процессы и благоприятно скажется на окружающей среде.

Одним из распространенных способов предпосевной обработки является дражирование, данная обработка заключается в покрытии поверхности семян дражирующей смесью, для улучшения условия питания проростков растений и стимулировании их роста в начале вегетации [7]. В дражирующей смеси для инертного компонента предлагается использование горной породы вулканического происхождения – перлита.

Перлит – вулканическое стекло с мелкой концентрически – скорлуповатой отдельностью, по которой оно раскалывается на мелкие шарики,

имеющий иногда жемчужный блеск. Дробленый перлит при быстром нагреве подвергается вспучиванию, в результате чего образуются фракции размером от 0,10 до 20,00 мм [5].

Проведенные опыты с перлитом подтвердили теоретические гипотезы о возможности впитывания воды до 400% от своего объема и постепенно отдавать воду [16]. Результаты исследования влияния перлита (фракция от 1 до 5 мм) на силу роста семян, показали увеличение силы роста на 5% по сравнению с контрольным образцом [13;14]. Изучение применения перлита в сельском хозяйстве, дает стимул для разработки и применения новых технологий [15].

Большой вклад в изучении стимуляции семян с помощью электрообработки инфракрасным облучением внесли отечественные и зарубежные ученые [1;4;12;20;22;23]. Обработка ИК-облучением во время предпосевной обработки семян, позволяет стимулировать всхожесть семян. Облучение семян позволяет положительно влиять на качество будущих растений, за счет изменения основных свойств: силы роста и энергии прорастания семян, количества питательных веществ, отсутствие возбудителей болезней. Этот способ стимуляции семян влияет на метаболизм семян, позволяет использовать запасные питательные вещества, производит дезинфекцию семян, является экологически чистым. Наибольший эффект стимуляции происходит при облучении влажных семян, поскольку вода играет важную роль при стимуляции семян физическими воздействиями. За счёт неё повышается количество поглощаемой семенами энергии, в результате усиления проницаемости семян и увеличения коэффициента поглощения ими энергии. Во время облучения в семенах образуются радикальные центры, притягивающие поглощённую энергию фотонов. Перемещаясь в упорядоченных системах облученного семени, энергия проявляется в наиболее реактивных центрах. В семени происходит мгновенное рассеивание энергии, и оно менее подвержено действию радиации. Радикалы, образованные в

результате облучения, способствуют радиохимическим процессам и образованию хинонов-радиотоксинов. Возникшие радиотоксины активизируют окислительные ферменты, и под действием окислительных процессов происходит активизация запасных питательных веществ. Стимуляция семени под влиянием облучения благоприятно влияют на энергию прорастания и всхожесть.

Процесс обработки ИК – излучением происходит в результате нагрева источника ИК – излучателя от электроэнергии. При нагреве в источнике излучения увеличивается кинетическая энергия молекул, сопровождающаяся повышением динамики столкновения между собой, в результате часть электронов попадает на возбужденную орбиту, при возвращении электронов на основную орбиту генератор вырабатывает энергию, преобразованную в электромагнитное излучение. ИК – излучение сфокусированным потоком облучает обрабатываемые семена. Во время столкновения квантов излучения с электронами в молекулах семян происходит передача энергии электронам, которые подвергаются переходу в возбужденное состояние на 10^{-8} с и возвращаются на основную орбиту, неся при этом потери избытка энергии в виде тепла, вследствие чего происходит нагревание семян.

Энергия излучения зависит от температуры излучателя, с увеличением которой она резко возрастает. Для реальных тел взаимное излучение и поглощение зависит также от величины, формы и взаимного расположения поверхностей.

Инфракрасному излучению в спектре электромагнитных волн соответствует диапазон длин волн 0,76...750 мкм, которые условно делятся на три группы: длинноволновая – 750...25 мкм; средневолновая – 25...2,5 мкм; коротковолновая – 2,5...0,76 мкм.

В случае технических целей необходимо ограничиться коротковолновым инфракрасным излучением в диапазоне 0,76 – 1,4 мкм, которое

имеет наибольшую проникающую способность в зерно для стимулирования.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Быстрое повышение температуры материала после критической точки при непрерывной ИК-обработке вызывает ухудшение свойств термолabileльных материалов, а значительный температурный градиент, направленный противоположно градиенту влагосодержания, замедляет внутренний массоперенос. Для решения этой задачи был произведен расчет математической модели оптимального температурного режима от источника ИК – излучения, чтобы избежать перегрева и повреждения семян. В научной литературе упоминаются две основные теории, которые используются для описания процесса:

- Уравнение теплового баланса, для определения скорости нагрева, основываясь на первом начале термодинамики – теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил [18].

- Уравнение относительной влажности воздуха – это выраженное в процентах отношение абсолютной влажности к максимальной [6].

Одним из главных технологических параметров, определяющих предельную температуру, является скорость нагрева. Высокая скорость нагрева в процессе обработки может привести к сложным необратимым химическим изменениям. Для определения скорости нагрева воспользуемся уравнением теплового баланса для ИК-обработки семян, которое будет иметь следующий вид:

$$mc \frac{dT}{d\tau} + r_c F b T = A q F_{\text{эф}} , \quad (1)$$

где m - масса гранулы, кг.;

c – теплоемкость материала гранулы, Дж/К;

τ - время, с; T - температура, К;

F - площадь испарения, м²;

b - эмпирический параметр;

A - коэффициент поглощения ИК – энергии, Дж;

q - плотность потока излучения, Вт/м²;

$F_{эф}$ – эффективная площадь поглощения, м²;

r_c – теплота парообразования, К.

В уравнении теплового баланса (1) принять, что скорость испарения влаги будет найдена по формуле:

$$\frac{dm_2}{d\tau} = bFT, \quad (2)$$

Принимая также

$$mc \approx \frac{4}{3}\pi\rho cR_0^3, \quad (3)$$

где

ρ - плотность сферы, кг/м³;

$\frac{4}{3}\pi R_0^3$ - объем сферы, здесь R_0 – радиус сферы, м; изображенный на

Рисунке -1.

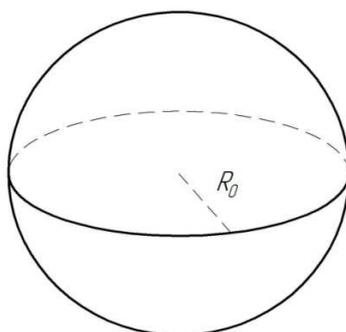


Рисунок 1. Схема приведения поверхности семян к сфере

Площадь испарения определим по формуле:

$$F \approx 4\pi R_0^2, \quad (4)$$

Эффективная площадь поглощения будет определяться по формуле:

$$F_{эф} \approx \pi R_0^2, \quad (5)$$

В результате преобразования, приходим к следующему виду для уравнения энергии:

$$\frac{dT}{d\tau} + \frac{r_c b \beta}{c\rho} T = \frac{A\beta q}{4c\rho}. \quad (6)$$

где

β – удельная поверхность испарения, м, которая определяет площади испарения к объёму и рассчитывается по формуле:

$$\beta = \frac{3}{R_0}, \quad (7)$$

Произведение плотности на теплоемкость определяется выражением:

$$\rho c = \rho_0 c_0 (1 - \Pi_0) + \rho_B c_B \Pi_0 \zeta, \quad (8)$$

где

ζ - объемная средняя плотность воды за период ИК-обработки, кг/м³;

Π_0 – коэффициент Пельте;

ρ_0 – плотность гранулы, кг/м³;

ρ_B – плотность воды, кг/м³;

c_0 – теплоемкость материала гранулы, Дж/К;

c_B – теплоемкость воды, Дж/К.

Уравнение (8) имеет решение:

$$T = T_\infty - [T_\infty - T_0] e^{-\frac{\tau}{\tau_0}}, \quad (9)$$

где

T_∞ – предельная температура нагрева гранулы, К; которая определяется выражением:

$$T_\infty = \frac{Aq}{4r_c b}, \quad (10)$$

где A – работа, Дж;

q – количество тепла, Дж;

τ_0 – постоянная времени, с; которую можно определить по формуле:

$$\tau_0 = \frac{\rho c}{r_c b \beta}. \quad (11)$$

Значение температуры T_0 – начальной температуры, К; и предельной температуры – T_∞ , К; примем равными, которые определяются формулой (9), т.е $T_0 = T_\infty$.

Время нахождения гранулы в зоне ИК–излучения определяется формулой:

$$\tau = \frac{v_0}{g} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{2gh}{v_0^2}} \right], \quad (12)$$

где

v_0 - скорость отрыва гранулы от гранулятора, м/с;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

h - расстояние от гранулятора до ленточного конвейера, м. (Рисунок 2).

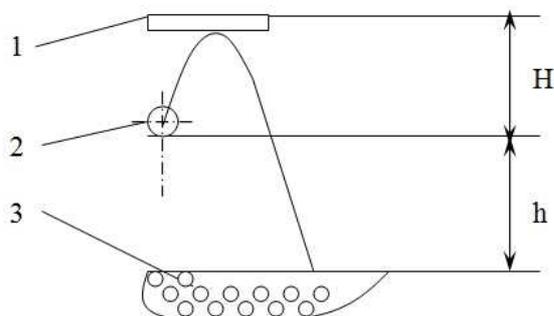


Рисунок 2. Схема полета гранулы при выходе из гранулятора и посадке на ленточном конвейере: 1 - ИК – генератор; 2 – гранулятор; 3 - слой гранула ленточном конвейере

Скорость отрыва гранулы семян от гранулятора удовлетворяет условию

$$\frac{3}{2\pi} \frac{\theta}{\rho R_0} \leq v_0 \leq \sqrt{2gH}, \quad (13)$$

где

θ – расход влаги в единицу времени, л/с;

ρ - плотность гранулы семян, кг/м³;

H – расстояние от форсунки до ИК- генератора, м.

В (13) нижний предел скорости соответствует последовательному образованию гранул, а верхний – ограничивает высоту подъема гранул.

Количество испаренной влаги определяется интегрированием выражения (6).

$$m_2 = bF \int_0^{\tau} T d\tau = 4\pi v R_0^2 \left\{ T_{\infty} \tau + (T_{\infty} - T(0)) \tau_0 \left(e^{-\frac{\tau}{\tau_0}} - 1 \right) \right\} \quad (14)$$

Используя уравнение относительной влажности, определим влажность семян в конце периода ИК–обработки формулами:

$$W = \frac{P_0 \rho_B (1 - \alpha)}{(1 - P_0) \rho_0} 100, \quad (15)$$

где

P_0 – коэффициент Пельте;

α – доля испаренной влаги, выраженная в процентах, и которая определяется суммой испаренной влаги в результате испарения и облучения:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2, \quad (16)$$

где

α_1 - доля испаренной влаги от естественного испарения;

α_2 – доля испаренной влаги от ИК–генератора, которая определяется выражением:

$$\alpha_2 = \frac{m_2}{m} \quad (17)$$

ВЫВОДЫ

В результате предложенная расчетная модель обеспечивает оптимальные расчетные оценки параметров температурных режимов во время ИК-облучения семян. Установлено, что зависимости температурных параметров зависят от скорости нагрева, а конечный результат зависит от влажности семян в конце обработки. Полученная расчетная модель позво-

ляет определить необходимые температурные параметры, для предотвращения перегрева и повреждения семян во время предпосевной обработки ИК – облучением.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Представлена расчетная методика модели определения температурных параметров при электрофизическом воздействии на семена инфракрасным облучением, позволяющая получать необходимые свойства конечного продукта.

2. Для описания расчета определения предельной температуры разработана модель для определения параметров скорости нагрева, основанная на уравнении теплового баланса.

3. При помощи уравнения относительной влажности рассчитана влажность семян по окончании процесса ИК-облучения, которая определяет свойства обработанных семян.

4. Разработанная математическая модель, позволяет определить необходимые температурные параметры для предпосевной обработки семян ИК-облучением, позволяющая получать необходимые свойства конечного продукта. Что позволит производить стимулирование семян перед посевом с целью увеличения энергии прорастания и всхожести.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алтухов, И.В. Изменение основных качественных показателей семян пшеницы после воздействия различными облучателями / И.В. Алтухов, В.А. Федотов, В.Д. Очиров. // Вестник ИрГСХА. – Иркутск, 2010. – № 40. – С. 107-115.
- [2] Афоничев, Д.Н. Основы научных исследований в электроэнергетике / Д.Н. Афоничев. //Уч.пособие – Воронеж.:Воронежский ГАУ., 2016.– С. 204.
- [3] Ахметов, Ш.И. Средства химизации и биоэнергетическая эффективность агрофитоценозов / Ш. И. Ахметов, Н. В. Смолин. //Уч.пособие. – Саранск.:Изд-во Мордов. ун-та., 1997. – С. 52.
- [4] Беляков, М.В. Оптико-электронная технология и средства управления биологической активностью семян : автореф. дис. ... канд. тех. наук. : 05.20.02 /М.В. Беляков. – М., 2008. – С. 18.
- [5] Большая советская энциклопедия: в 30 т. / Гл. ред. А. М. Прохоров. — 3-е изд. — М.: Сов.энцикл., 1975. – Т.3. – С.1253.

- [6] Грабовский, Р.И. Курсфизики / Р.И. Грабовский // Уч.пособие – 5-изд. – М.: Высш. шк., 1980. – С. 216.
- [7] Кубеев, Е.И. Технологии и технические средства по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур монография / Е.И. Кубеев, В.А. Смелик. – СПб.: СПбГАУ., 2011. –С. 209.
- [8] Кузьмин, А.М. Предпосевное облучение семян сельскохозяйственных культур // А.М.Кузьмин. – М.: АН СССР, 1963. – С. 175.
- [9] Лучинский, А.Р. Методы и средства подготовки семян к предпосевной обработке низкоэнергетическими электромагнитными полями [Текст]: дис. ... канд. Тех. наук. / А.Р. Лучинский. – Харьков, 1990. С. – 20.
- [10] Макарова, В.М. Сравнительная урожайность покровных культур в зависимости от густоты стеблестоя / В.М. Макарова, Ю.Н. Зубарев, В.И. Елохова // Приемы повышения урожайности зерновых культур: межвуз.сб.науч.тр. – Пермь: Пермский СХИ., 1985. – С.88-94.
- [11] Матвеева, В.В. Новые источники облучения в растениеводстве / В.В.Матвеева, С.А.Овчукова, Н.П.Большина. // Цветоводство.–М.: Гос. АгропромышленныйкомитетСССР, 1982. - № 2 – С. 5.
- [12] Рудобашта, С.П. Импульсная инфракрасная сушка семян / С.П. Рудобашта, И.В. Григорьев //Промышленная теплотехника. — Киев.: ИТТФ НАН Украины, 2011. — Т. 33. — № 8. —С. 85–90.
- [13] Трефилов, Р.А. Влияние перлита на всхожесть и энергию прораствания семян / Р.А.Трефилов // Научно обоснованные технологии для интенсификации сельскохозяйственного производства: материалы. Междунар. науч.-практ. конф- Ижевск: ФГБОУ Ижевская ГСХА, 2017. – С. 119-133. – Режим доступа: http://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/ArchConference/2016/4/tom1_2017.pdf
- [14] Трефилов, Р.А. Влияние перлита на количественный и качественный показатель силы роста семян / Трефилов Р.А. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №07(131). – Electronic resource: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/102.pdf>
- [15] Трефилов, Р.А. Перспективы использования перлита в сельском хозяйстве. / Р.А. Трефилов // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI в.: вклад молодых ученых-исследователей: материалы. Всерос. науч.-практ. конф- Ижевск: ФГБОУ Ижевская ГСХА, 2017. – С. 54-57. – Режим доступа: [http://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/24-27 oct 2017/Sbornik 24-27 oct 2017.pdf](http://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/24-27_oct_2017/Sbornik_24-27_oct_2017.pdf)
- [16] Трефилов, Р.А. Сорбирующие свойства вспученного перлита для применения в сельском хозяйстве. / Р.А.Трефилов // Современному АПК – эффективные технологии: материалы. Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУИжевскаяГСХА, 2018.
- [17] Трефилов, Р.А. Технология экологической предпосевной обработки семян льна. / Р.А.Трефилов, В.В. Касаткин // Технологии техно-, биосферной и пищевой безопасности: материалы. Междунар. науч.-практ. конф./ Научно-информационный журнал Наука Удмуртии.- Ижевск: УрО РАН, 2018. - № 4(86). – С. 103-105.
- [18] Трофимова, Т.И. КурсФизики / Т.И. Трофимова // Уч.пособие. – 7-изд. – М.: Высш. шк., 2003. – С. 101.
- [19] Черкасова, Э.И. Влияние термического обеззараживания на комплекс микроорганизмов и качество многокомпонентных смесей растительного происхождения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Э.И. Черкасова. – Красноярск, 2006. – С. 19.

- [20] Чудин, С.А. Предпосевная обработка семян люцерны с помощью оптического квантового генератора: автореф. дис. ... канд. тех. наук. :05.20.02 / С.А. Чудин – Краснодар, 2008. – С. 19.
- [21] Ягодин, Б.А., Микроэлементы повышают урожайность и качество соломки льна-долгунца / Б.А. Ягодин, В.М.Зубкова, В.Е.Креммин, Л.А.Двоенко. // Химия в сельском хозяйстве – М., 1987. - № 12 – С. 31-32.
- [22] Bucur, G. Calitatilesemincieresirecoltaboabelorlagriuldetoamnain rezultatulaplicariistimulatorilor de crestere / G. Bucur // Lucraristi. / Univ. agrara de stat din Moldova. Chisinau, 1987. - Vol. 5. - P. 30-32.
- [23] Kato, R. Effects of a magnetic field on the growth of primary roots of Zeamaes / R. Kato // Plant Cell Physiol. – 1988. – № 7. – P. 1215–1219.

REFERENCES

- [1] Altuhov, I.V. Izmenenie osnovnyh kachestvennyh pokazatelej semjan pshenicy posle vozdejstvija razlichnymi obluchateljami / I.V. Altuhov, V.A. Fedotov, V.D. Ochirov. // Vestnik IrGSHA. – Irkutsk, 2010. – № 40. – S. 107-115.
- [2] Afonichev, D.N. Osnovy nauchnyh issledovanij v jelektrojenergetike / D.N. Afo-nichev. //Uch.posobie – Voronezh.:Voronezhskij GAU., 2016.– S. 204.
- [3] Ahmetov, Sh.I. Sredstva himizacii i biojenergeticheskaja jeffektivnost' agrofi-tocenzov / Sh. I. Ahmetov, N. V. Smolin. //Uch.posobie. – Saransk.:Izd-vo Mor-dov. un-ta., 1997. – С. 52.
- [4] Beljakov, M.V. Optiko-jelektronnaja tehnologija i sredstva upravlenija biologiche-skoj aktivnost'ju semjan : avtoref. dis. ... kand. teh. nauk. : 05.20.02 /M.V. Belja-kov. – М., 2008. – S. 18.
- [5] Bol'shaja sovetskaja jenciklopedija: v 30 t. / Gl. red. A. M. Prohorov. — 3-e izd. — М.: Sov.jencikl., 1975. – Т.3. – S.1253.
- [6] Grabovskij, R.I. Kursfiziki / R.I. Grabovskij // Uch.posobie – 5-eizd. – М.: Vyssh. shk., 1980. - S. 216.
- [7] Kubeev, E.I. Tehnologii i tehnicieskie sredstva po predposevnoj obrabotke semjan sel'skohozjajstvennyh kul'tur monografija / E.I. Kubeev, V.A. Smelik. – SPb.: SPbGAU., 2011. –S. 209.
- [8] Kuz'min, A.M. Predposevnoe obluchenie semjan sel'skohozjajstvennyh kul'tur // A.M.Kuz'min. – М.: AN SSSR, 1963. – S. 175.
- [9] Luchinskij, A.R. Metody i sredstva podgotovki semjan k predposevnoj obrabotke nizkojenergeticheskimi jelektromagnitnymi poljami [Tekst]: dis. ... kand. Teh. nauk. / A.R. Luchinskij. – Har'kov, 1990. S. – 20.
- [10] Makarova, V.M. Sravnitel'naja urozhajnost' pokrovnyh kul'tur v zavisimosti ot gustoty steblestoja / V.M. Makarova, Ju.N. Zubarev, V.I. Elohova // Priemy povyshenija urozhajnosti zernovyh kul'tur: mezhvuz.sb.nauch.tr. – Perm': Permskij SHI., 1985. – S.88-94.
- [11] Matveeva, V.V. Novye istochniki obluchenija v rastenievodstve / V.V.Matveeva, S.A.Ovchukova, N.P.Bol'shina. // Cvetovodstvo.–М.: Gos. AgropromyshlennyjkomitetSSSR, 1982. - № 2 – S. 5.
- [12] Rudobashta, S.P. Impul'snaja infrakrasnaja sushka semjan / S.P. Rudobashta, I.V. Grigor'ev //Promyshlennaja teplotehnika. — Kiev.: ITTF NAN Ukrainy, 2011. — Т. 33. — № 8. —S. 85–90.
- [13] Trefilov, R.A. Vlijanie perlita na vshozhest' i jenergiju prora.stanija semjan / R.A.Trefilov // Nauchno obosnovannye tehnologii dlja intensivizacii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva: materialy. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf- Izhevsk: FGBOU Izhevskaja GSHA, 2017. – S. 119-133. – Rezhim dostupa: http://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/_ArchConference_/2016/4/tom1_2017.pdf

- [14] Trefilov, R.A. Vlijanie perlita na kolichestvennyj i kachestvennyj pokazatel' sily rosta semjan / Trefilov R.A. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №07(131). – Electronic resource: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/102.pdf>
- [15] Trefilov, R.A. Perspektivy ispol'zovanija perlita v sel'skom hozjajstve. / R.A. Trefilov // Innovacionnyj potencial sel'skohozjajstvennoj nauki XXI v.: vklad molodyh uchenyh-issledovatelej: materialy. Vseros. nauch.-prakt. konf- Izhevsk: FGBOU Izhevskaja GSHA, 2017. – S. 54-57. – Rezhim dostupa: http://izhgsha.ru/images/DOCS/Nauka/Konferenc/24-27_oct_2017/Sbornik_24-27_oct_2017.pdf
- [16] Trefilov, R.A. Sorbirujushhie svojstva vspuchennogo perlita dlja primenenija v sel'skom hozjajstve. / R.A.Trefilov // Sovremennomu APK – jeffektivnye tehnologii: materialy. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Izhevsk: FGBOU IzhevskajaGS-HA, 2018.
- [17] Trefilov, R.A. Tehnologijaj ekologicheskoj predposevnoj obrabotki semjan l'na. / R.A.Trefilov, V.V. Kasatkin // Tehnologii tehn-, biosfernoj i pishhevoj bezopasnosti: materialy. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf./ Nauchno-informacionnyj zhurnal Nauka Udmurtii.- Izhevsk: UrO RAN, 2018. - № 4(86). – S. 103-105.
- [18] Trofimova, T.I. KursFiziki / T.I. Trofimova // Uch.posobie. – 7-eizd. – M.: Vyssh. shk., 2003. – S. 101.
- [19] Cherkasova, Je.I. Vlijanie termicheskogo obezzarazhivaniya na kompleks mikroorganizmov i kachestvo mnogokomponentnyh smesej rastitel'nogo proishozhdenija: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. / Je.I. Cherkasova. – Krasnojarsk, 2006. – S. 19.
- [20] Chudin, S.A. Predposevnaja obrabotka semjan ljucerny s pomoshh'ju opticheskogo kvantovogo generatora: avtoref. dis. ... kand. teh. nauk. :05.20.02 / S.A. Chudin – Krasnodar, 2008. – S. 19.
- [21] Jagodin, B.A., Mikrojelementy povyshajut urozhajnost' i kachestvo solomki l'na-dolgunca / B.A. Jagodin, V.M.Zubkova, V.E.Kremin, L.A.Dvoenko. // Himija v sel'-skom hozjajstve – M., 1987. - № 12 – S. 31-32.
- [22] Bucur, G. Calitatilesemincieresirecoltaboabelorlagriuldetoamnain rezultatulaplicariis-timulatorilor de crestere / G. Bucur // Lucraristi. / Univ. agrara de stat din Moldova. Chisinau, 1987. - Vol. 5. - P. 30-32.
- [23] Kato, R. Effects of a magnetic field on the growth of primary roots of Zeamaes / R. Kato // Plant Cell Physiol. – 1988. – № 7. – P. 1215–1219.