МЕТОД ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Р.С. Старухин, И.В. Белицын, О.И. Хомутов

В статье рассматриваются вопросы, связанные с предпосевной обработкой семян для повышения их всхожести. Представлен обзор физических факторов, современных методов и технических средств, позволяющих воздействовать на посевной материал. Предложено использование электромагнитного поля промышленной частоты, создаваемого линиями электропередач, для обработки посевного материала и представлена математическая модель для определения параметров вращающегося электромагнитного поля.

Ключевые слова: методы обработки зерна, эллиптическое электромагнитное поле, всхожесть, урожайность, энергия прорастания зерна, предпосевная обработка семян, установка обработки семян, степень поляризации электрического поля.

Создание эффективного, конкурентоспособного агропромышленного производства, обеспечивающего продовольственную безопасность государства, а также наращивание экспорта отдельных видов сельскохозяйственной продукции являются на сегодняшний день важнейшими стратегическими целями агропродовольственной политики.

Повышение уровня сельскохозяйственного производства и объемов продукции в настоящее время не может идти по пути расширения посевных площадей, ввиду их природной ограниченности. Путем использования достижений науки и передовой практики, направленных на повышение урожайности и улучшение качества выращиваемых сельскохозяйственных культур, можно добиться значительного повышения экономической эффективности сельскохозяйственных предприятий.

Внедрение в производство достижений современной физики, химии, радиоэлектроники и биологии позволяет существенно снизить энергетические затраты и соответственно уменьшить себестоимость выпускаемой продукции. Поиск ресурсосберегающих технологий является одной из актуальных задач стоящих перед современной промышленностью и сельским хозяйством.

Решением многих проблем АПК и основным условием дальнейшего развития животноводства является создание прочной кормовой базы. Для выполнения этой задачи важно не только увеличение валового сбора кормов, которые в достаточном количестве содержат белки, незаменимые аминокислоты, витамины, минеральные вещества, но и повышение их питательной ценности. Поэтому в решении

этой проблемы имеет место расширение посевных площадей и повышение урожайности многолетних бобовых трав: люцерны, эспарцета, клевера красного.

Главная задача - повышение урожайности культур за счет рационального использования посевных угодий и получение экологически чистых продуктов. Решение этой задачи может быть найдено в разработке методов воздействия на сельскохозяйственные культуры различными физическими факторами, оказывающими стимулирующее влияние на рост и развитие растений и, в конечном счете, на урожайность самих культур [1].

Существуют различные пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В качестве таковых можно назвать внесение в почву органических и неорганических удобрений, селекцию, эффективную борьбу с вредителями и болезнями и другие.

Один из наиболее эффективных способов борьбы с болезнями и вредителями, к примеру, озимой пшеницы – это использование химических препаратов. Но бессистемное и повсеместное их применение загрязняет окружающую среду, дестабилизирует фитосанитарную обстановку агроэкосистем и вызывает развитие резистентности фитопатогенов к химическим соединениям.

В связи с этим, назрела необходимость в разработке беспестицидных технологий выращивания культурных растений. Один из способов повышения болезнеустойчивости растений – это использование биопрепаратов и биологически активных веществ, макро- и микроэлементов, физических факторов: электромагнитного излучения, поля коронного разряда, концентрированного солнечного

света, инфракрасного и ультрафиолетового излучений, света лазера и др.

Применение вышеназванных средств не вызывает резистентности вредных организмов и не оказывает отрицательного воздействия на окружающую среду [2].

Биологические системы, как растительного, так и животного происхождения постоянно находятся под воздействием естественных и искусственных источников электромагнитного поля и в ходе эволюции у них выработались механизмы восприятия информации о состоянии окружающей среды посредством взаимодействия с электромагнитным полем.

Несмотря на то, что механизмы воздействия электромагнитного поля на семена сельскохозяйственных культур и растения до конца остаются не выясненными, в настоящее время существует большое количество разнообразных способов его применения с целью увеличения урожайности и повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

Использование энергии электромагнитного поля различной частоты существенно дополняет возможности электротехнологии в сельском хозяйстве. Широкое применение аппаратов электромагнитного воздействия на биосистемы в сельскохозяйственном производстве перспективно с точки зрения затратного механизма при проектировании, изготовлении и эксплуатации подобных устройств. Экспериментальные данные отечественных и зарубежных исследователей свидетельствуют о повышении биологической активности при использовании электромагнитных полей во всех частотных диапазонах [3].

Одним из способов стимулирования растений является использование для полива омагниченной воды. Это оказалось возможным благодаря тому, что вода имеет необычные свойства, а именно способна создавать структуры как с очень сильными, так и со слабыми связями. Слабые связи молекул воды предопределяют изменчивость водных структур. Известно множество способов насыщения воды мономолекулами, например, это переход из твердого состояния в жидкое – таяние льда, насыщение газом, нагрев воды до начала дегазации с последующим быстрым охлаждением минерализованные воды, воздействие ультразвуком большой силы и, наконец, воздействие магнитным полем.

Во всех этих случаях получают воду, в которой содержится большое количество молекул в свободном состоянии за счет изме-

нения ее структуры. Суть активации воды заключается в том, чтобы насытить воду мономолекулами любым известным способом, сделав ее пригодной для непосредственного использования в биохимических реакциях без затраты энергии и времени на получение необходимого количества мономолекул воды для этой цели.

Мономолекулы воды химически активны в отношении к кристаллогидратам, а именно к соединениям, например, углекислого кальция (CaCO_3) и воды. Из приведенных выше способов активации воды наиболее удобным является способ воздействия на воду магнитными полями с дополнительным импульсным излучением. Суть метода заключается в том, что при движении воды в зоне больших градиентов магнитного поля происходит разрушение межмолекулярных связей в кластерных структурах, в результате чего образуются свободные молекулы воды. Обратный процесс воссоединения молекул в ассоциаты происходит сравнительно медленно. Вода, прошедшая через градиенты магнитных полей, улучшает свои свойства, с постоянной времени в нормальных условиях.

В основе многочисленных приемов практического использования магнитной обработки водных систем лежат определенные изменения их физических свойств. Изменения свойств гомогенной жидкой фазы водных систем часто весьма невелики, однако усиление и стабилизация малых начальных изменений свойств могут происходить с помощью промежуточных механизмов т.е. получение заданной информации, во много раз увеличивающих эти изменения. В исследованиях М. И. Брехмана и др. (Институт биологических активных веществ дальневосточного филиала СО АН СССР) были получены результаты по ускорению роста, развития и урожайности подсолнуха, кукурузы и сои в пределах 15 – 45 %.

Поскольку качество и количество получаемого урожая зависит от посевных качеств семян, имеет смысл говорить именно об их предпосевной обработке. Одна из альтернатив — обработка физическими методами. В настоящее время применяется более сорока физических способов воздействия на семена, среди которых используются гамма-лучи, ультразвук, водородно-плазменная обработка, рентгеновские лучи, магнитные поля и другие.

Согласно исследованиям, проведенным в Объединенном институте ядерных исследований в Дубне (Россия), биологические

МЕТОД ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

эффекты действия магнитного поля обуславливаются не абсолютной величиной его напряженности, а **изменением последней в пространстве и времени**.

Взаимодействие внешнего электромагнитного поля с живыми объектами происходит на уровне клеточных мембран, которые являются первичными структурами ткани и наиболее чувствительными приемниками энергии поля. Каждая клетка представляет собой микроэлектрохимическую систему с мембранами - электродами и электролитом - внутриклеточной жидкостью. Протекание внешнего тока сопровождается электролизом. В системе происходит концентрационная поляризация свободных зарядов - накопление разноименных ионов на противоположных сторонах мембраны, ориентационная и активационная поляризация связанных зарядов вещества мембраны. До определенной плотности поляризующего тока происходит активация клеток и повышение их жизнедеятельности в результате интенсификации обменных и других процессов.

Биологическое действие электрического поля, а как следствие тока, зависит от его параметров: напряженности поля E , амплитудного значения плотности тока J , частоты f , формы тока Φ , времени воздействия t , так что эффект $\mathcal{E}$ является сложной функцией перечисленных факторов:

$$\mathcal{E} = F(E, J, \Phi, t), \quad (1)$$

а также их парных и тройных сочетаний, причем для каждого объекта требуются свои параметры электрического поля и режимы воздействия [4].

Различают способы обработки посевного материала электромагнитным полем в зависимости от спектра излучений. Так растения или их семена облучают светом современных искусственно созданных источников излучения - лазеров. Вопросы предпосевной обработки освещены в работах академика И. Ф. Бородина. На основе анализа результатов можно сделать вывод о том, что подобный способ обработки семян позволяет добиться значительного увеличения урожая, и осуществляется он с помощью комплекса методов - приемов лазерной агротехники.

В качестве примера можно привести способ предпосевной обработки сельскохозяйственных культур и вегетирующих растений и устройство для его осуществления, предполагающее облучение объемным оптико-акустическим излучением, спектральные составляющие которого находятся в диапазоне $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^{15}$ Гц (Патент RU2192728).

В практике сельскохозяйственного производства все чаще встречаются случаи использования активного вентилирования семян электроактивированным воздухом для их предпосевной обработки.

Получение озона возможно несколькими способами, среди которых наиболее распространенными являются электролитический, фотохимический, а в сельском хозяйстве электросинтез в плазме газового разряда.

Механизм воздействия окислителя состоит в разрушении бактерий путем инактивации бактериальных протеинов, т.е. диффузией через мембрану клетки в цитоплазму с поражением жизненных центров. В зависимости от дозы и времени действия озона, повреждаются различные клеточные органеллы и ядерный аппарат. Озон окисляет оболочки микробных клеток, затрудняя или прекращая внешний обмен веществ, и, наконец, высоким рейденс потенциалом делает иным электрический заряд микробной оболочки, что нарушает ее проницаемость в биологические объекты. Эти нарушения часто носят необратимый характер и являются причиной гибели клеток.

Механизм действия на семена указанного фактора заключается в активации электронного комплекса молекул, ионизации их, образовании свободных радикалов, активации разных ферментативных систем, нуклеинового обмена, и интенсификации химических процессов. Проникая в семенные покровы, озон увеличивает снабжение семян активными формами кислорода, а также способствует появлению дополнительного источника кислорода непосредственно в семенах. Это имеет очень важное значение, так как сила роста проростка зависит от интенсивности процессов, происходящих в семени. Примером могут служить, разработанные в Российском федеральном ядерном центре установки для обработки посевного материала на основе поля коронного разряда «Сады» и «Экран-М».

Другой способ основан на применении технологии микроволновой предпосевной обработки семян. Например, разработанный коллективом ученых и специалистов Южного филиала Отделения промышленной радиоэлектроники (г. Одесса) совместно с учеными-аграриями и реализуемый с помощью специально разработанной установки "Микростим-2М". Суть этой технологии заключается в выборе таких режимов воздействия микроволновым электромагнитным полем на живые семена, при которых происходит повы-

шение полевой всхожести семян и силы роста с одновременным угнетением фитопатогенов.

Многолетняя проверка этой технологии в восемнадцати институтах УААН, специализирующихся на отдельных агрокультурах, показало, что после микроволновой предпосевной обработки семян имеет место устойчивый эффект повышения их полевой всхожести на 10 – 30 % в зависимости от вида агрокультуры.

Существенное увеличение корневой системы привело к повышению устойчивости растений к засухе и заморозкам. Урожай из семян, прошедших предпосевную микроволновую обработку, созрел на 8 - 12 дней раньше необработанного контроля.

Одним из новых, безвредных для окружающей среды и человека методов борьбы с сорными растениями является воздействие потоком электромагнитной энергии сверхвысокой частоты на всходы сорняков, их семена и вегетативные органы размножения, находящиеся в почве, до посева основной культуры [5].

Результаты экспериментально производственной проверки, проведенной А. Н. Васильевым показывают, что использование СВЧ активации зерна при его сушке активным вентилированием уменьшает продолжительность процесса не менее чем на 30 %. Фирмой АСТ изготовлен экспериментальный образец сушилки зерна с СВЧ активацией [6].

Кроме вышеперечисленных применяется также способ обработки семян низкочастотным электромагнитным полем. Высокая чувствительность семян пшеницы к низкочастотному магнитному полю связана с изменением рН и высвобождением белков, которые ускоряют выход семян из состояния покоя и стимулируют развитие в них восстановительных процессов, определяемых восстановлением барьерной функции мембран, что в свою очередь обуславливает повышение всхожести старых семян и отсутствие на них микрофлоры.

На растительные объекты оказывает влияние также электрическая компонента электромагнитного поля. Так, в опытах с тепличными растениями установлено положительное влияние электрических полей, создаваемых электродами, на рост, урожайность и сроки их созревания.

В соответствующих работах была установлена закономерность влияния электромагнитного излучения низкой частоты, макроэлементов и биологически активных веществ

на продуктивность и болезнеустойчивость растений озимой пшеницы; а также выявлено положительное влияние совместного использования электромагнитных импульсов в комплексе с биологически активными веществами и карбамидом на энергию прорастания, полевую всхожесть и площадь листовой пластины растений озимой пшеницы, и положительное влияние комплексного использования электромагнитного излучения низкой частоты и карбамида для обработки семенного материала, с последующим опрыскиванием посевов раствором карбамида для повышения болезнеустойчивости и урожайности озимой пшеницы [7].

Комбинированная предпосевная обработка семян с помощью электрического поля и озono-воздушной смеси, лазерного излучения и т.д. оказывает положительное влияние на семена сельскохозяйственных культур и растения. В качестве примеров установок, оказывающих комплексное воздействие на посевной материал можно назвать Установку для предпосевной обработки семян, разработанную в Кубанском государственном аграрном университете (Патент RU2134501).

Все вышеприведенные установки и способы обработки семян так или иначе требуют значительных затрат на сооружение и эксплуатацию.

Как было замечено ранее, результат обработки является функцией нескольких параметров. Таким образом, требуемого результата можно достигнуть варьируя параметры факторов, воздействующих на посевной материал.

Линии электропередачи высокого напряжения являются естественным источником переменного электромагнитного поля. Поэтому, учитывая различия в методах обработки разных сельскохозяйственных культур, можно добиться положительного эффекта, воздействуя на посевной материал электромагнитным излучением, создаваемым ими [8]. Это можно осуществить при помощи сборных перемещаемых установок.

Но поскольку параметры поля ЛЭП сильно зависят от вида ЛЭП, класса напряжения и ее конструктивных особенностей, а также топографии местности, необходим специальный подход к определению параметров поля.

Поскольку в данном случае необходимо получить электромагнитное поле с конкретными параметрами, выбор места размещения установки на основе измерений представляется нецелесообразным. Это связано:

МЕТОД ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

- с необходимостью проведения достаточно большого числа предварительных измерений для выбора месторасположения установки, что приводит к более длительному монтажу установки;

- к требованиям к квалификации монтажников, в области измерения параметров электромагнитного поля;

- с тем, что параметры электромагнитного поля не постоянны и зависят от внешних факторов;

- со значительным удорожанием установки для обработки семян, из-за высокой стоимости средств измерений.

Определить с достаточной степенью достоверности зону для размещения установки можно на основании соответствующей математической модели.

Предположим, что вектор напряженности электрического (магнитного) поля, создаваемого какой-либо электроустановкой, воздушной линией электропередачи (ВЛЭП) или распределительным устройством, может быть представлен в виде проекций на независимые координаты. Например, в декартовых координатах

$$\begin{cases} E_x = A \sin(\omega t + \alpha), \\ E_y = B \sin(\omega t + \beta), \\ E_z = C \sin(\omega t + \gamma), \end{cases} \quad (2)$$

где A, B, C - амплитудные значения напряженности переменного поля по осям x, y, z , α, β, γ - начальные значения фаз колебаний вдоль тех же осей, ω - циклическая частота колебания напряженности электрического поля, которая совпадает с частотой основной гармоники напряжения промышленной частоты $\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 50 = 314 \text{ с}^{-1}$.

Перейдем от параметрической формы записи к канонической.

Преобразуем систему (2), воспользовавшись формулами сложения к виду

$$\begin{cases} \frac{E_x}{A} = \sin \omega t \cos \alpha + \cos \omega t \sin \alpha, \\ \frac{E_y}{B} = \sin \omega t \cos \beta + \cos \omega t \sin \beta, \\ \frac{E_z}{C} = \sin \omega t \cos \gamma + \cos \omega t \sin \gamma. \end{cases} \quad (2')$$

Последовательно выразив $\cos \omega t$ и $\sin \omega t$, избавимся от параметра ωt :

$$\sin \omega t = \frac{E_x}{A \cos \alpha} - \operatorname{tg} \alpha \cos \omega t;$$

$$\begin{aligned} \frac{E_y}{B} &= \frac{E_x \cos \beta}{A \cos \alpha} - \cos \omega t \operatorname{tg} \alpha \cos \beta + \cos \omega t \sin \beta; \\ \cos \omega t &= \frac{\frac{E_y}{B} - \frac{E_x \cos \beta}{A \cos \alpha}}{\sin \beta - \operatorname{tg} \alpha \cos \beta} = \\ &= \frac{E_x \cos \beta}{A \cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha \cos \beta - \sin \beta)} - \frac{E_y}{B (\operatorname{tg} \alpha \cos \beta - \sin \beta)}; \\ \cos \omega t &= \frac{BE_x \cos \beta - AE_y \cos \alpha}{AB (\sin \alpha \cos \beta - \cos \alpha \sin \beta)} = \\ &= \frac{BE_x \cos \beta - AE_y \cos \alpha}{AB \sin(\alpha - \beta)}. \end{aligned} \quad (3)$$

Произведем подстановку (3) в первое уравнение системы (2').

$$\begin{aligned} \sin \omega t &= \frac{E_x}{A \cos \alpha} - \frac{\sin \alpha (BE_x \cos \beta - AE_y \cos \alpha)}{AB \cos(\alpha - \beta)} = \\ &= \frac{AE_y \cos \alpha - BE_x \sin \beta}{AB \sin(\alpha - \beta)}. \end{aligned} \quad (4)$$

Произведем подстановку (2) и (3) в последнее уравнение системы (2').

$$\begin{aligned} \frac{E_z}{C} &= \frac{AE_y \sin \alpha - BE_x \sin \beta}{AB \sin(\alpha - \beta)} \cos \gamma + \\ &+ \frac{BE_x \cos \beta - AE_y \cos \alpha}{AB \sin(\alpha - \beta)} \sin \gamma = \\ &= \frac{E_x \sin(\gamma - \beta)}{A \sin(\alpha - \beta)} + \frac{E_y \sin(\alpha - \gamma)}{B \sin(\alpha - \beta)}. \end{aligned}$$

Преобразуя последнее выражение, получим:

$$\frac{E_x \sin(\gamma - \beta)}{A} + \frac{E_y \sin(\alpha - \gamma)}{B} + \frac{E_z \sin(\beta - \alpha)}{C} = 0. \quad (5)$$

Последнее выражение представляет собой уравнение плоскости z' , в которой расположена кривая, описываемая вектором напряженности электрического поля $\vec{E}$. Чтобы однозначно задать кривую, воспользуемся выражениями (3) и (4), а также основным тригонометрическим тождеством.

$$\begin{aligned} \sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t &= \frac{(AE_y \sin \alpha - BE_x \sin \beta)^2}{A^2 B^2 \sin^2(\alpha - \beta)} + \\ &+ \frac{(BE_x \cos \beta - AE_y \cos \alpha)^2}{A^2 B^2 \sin^2(\alpha - \beta)} = \frac{A^2 E_y^2 + B^2 E_x^2}{A^2 B^2 \sin^2(\alpha - \beta)} - \\ &- \frac{2ABE_x E_y (\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta)}{A^2 B^2 \sin^2(\alpha - \beta)} = \\ &= \frac{A^2 E_y^2 + B^2 E_x^2 - 2ABE_x E_y \cos(\alpha - \beta)}{A^2 B^2 \sin^2(\alpha - \beta)} = 1. \end{aligned}$$

Следовательно, можно записать:

$$\begin{cases} \frac{E_x \sin(\gamma - \beta)}{A} + \frac{E_y \sin(\alpha - \gamma)}{B} + \frac{E_z \sin(\beta - \alpha)}{C} = 0; \\ \frac{A^2 E_y^2 + B^2 E_x^2 - 2AB E_x E_y \cos(\alpha - \beta)}{A^2 B^2 \sin^2(\alpha - \beta)} = 1. \end{cases} \quad (6)$$

Эта система уравнений однозначно задаёт эллипс лежащий в плоскости z' . Для описания эллипсоида в параметрической форме записи необходимо использование двух параметров в системе подобной (2). Физически это говорило бы об источнике поля, в котором одновременно существует только две частоты напряжения (тока), т.е. кроме основной гармоники промышленной частоты, должна присутствовать еще одна частота.

Определим большую и малую полуоси эллипса. Очевидно, что напряженность в этих направлениях достигает максимального и минимального значения соответственно, поэтому для их нахождения достаточно исследовать функцию напряженности электрического поля, или ее квадрата на экстремум. Учитывая систему уравнений (2), запишем:

$$f(\omega t) = E^2 = E_x^2 + E_y^2 + E_z^2 = A^2 \sin^2(\omega t + \alpha) + B^2 \sin^2(\omega t + \beta) + C^2 \sin^2(\omega t + \gamma).$$

Найдем производную функции:

$$\frac{df(\omega t)}{d(\omega t)} = A^2(\sin 2\omega t \cos 2\alpha + \cos 2\omega t \sin 2\alpha) + B^2(\sin 2\omega t \cos 2\beta + \cos 2\omega t \sin 2\beta) + C^2(\sin 2\omega t \cos 2\gamma + \cos 2\omega t \sin 2\gamma).$$

В точках, в которых напряженность принимает наибольшее и наименьшее значения, выполняется условие

$$\frac{df(\omega t)}{d(\omega t)} = 0. \quad (7)$$

Определим значение ωt , при котором выполняется условие (7)

$$\sin 2\omega t (A^2 \cos 2\alpha + B^2 \cos 2\beta + C^2 \cos 2\gamma) + \cos 2\omega t (A^2 \sin 2\alpha + B^2 \sin 2\beta + C^2 \sin 2\gamma) = 0. \quad (8)$$

Для получения полного аналитического решения существует подстановка, позволяющая превратить в рациональное алгебраическое уравнение любое уравнение вида $R(\sin t; \cos t) = 0$, т.е и уравнение (8)

$$\sin 2\omega t = \frac{2tg \frac{2\omega t}{2}}{1 + tg^2 \frac{2\omega t}{2}}; \quad \cos 2\omega t = \frac{1 - tg^2 \frac{2\omega t}{2}}{1 + tg^2 \frac{2\omega t}{2}}.$$

Однако, ее использование не целесообразно, поскольку заранее известно, что чередование экстремальных значений в эллипсе

происходит через $\pi/2$ - четверть периода электрического или магнитного поля.

$$tg 2\omega t_1 = -\frac{A^2 \sin 2\alpha + B^2 \sin 2\beta + C^2 \sin 2\gamma}{A^2 \cos 2\alpha + B^2 \cos 2\beta + C^2 \cos 2\gamma};$$

$$\omega t_1 = \frac{1}{2} \arctg \left(-\frac{A^2 \sin 2\alpha + B^2 \sin 2\beta + C^2 \sin 2\gamma}{A^2 \cos 2\alpha + B^2 \cos 2\beta + C^2 \cos 2\gamma} \right) +$$

$+\pi n, n \in Z.$

Обозначим

$$\varphi = \frac{1}{2} \arctg \left(-\frac{A^2 \sin 2\alpha + B^2 \sin 2\beta + C^2 \sin 2\gamma}{A^2 \cos 2\alpha + B^2 \cos 2\beta + C^2 \cos 2\gamma} \right). \quad (9)$$

Поскольку большая и малая полуоси эллипса смещены друг относительно друга на $\pi/2$, то можно записать выражения для полуосей эллипса

$$a = \sqrt{A^2 (\sin(\varphi + \alpha))^2 + B^2 (\sin(\varphi + \beta))^2 + C^2 (\sin(\varphi + \gamma))^2};$$

$$b = \sqrt{A^2 \left(\sin \left(\varphi + \alpha + \frac{\pi}{2} \right) \right)^2 +$$

$$+ B^2 \left(\sin \left(\varphi + \beta + \frac{\pi}{2} \right) \right)^2 + C^2 \left(\sin \left(\varphi + \gamma + \frac{\pi}{2} \right) \right)^2};$$

или

$$a = \sqrt{A^2 \sin^2(\varphi + \alpha) + B^2 \sin^2(\varphi + \beta) + C^2 \sin^2(\varphi + \gamma)};$$

$$b = \sqrt{A^2 \cos^2(\varphi + \alpha) + B^2 \cos^2(\varphi + \beta) + C^2 \cos^2(\varphi + \gamma)}.$$

Состояние поляризации электромагнитного поля удобно характеризовать с помощью коэффициента поляризации

$$\zeta = \frac{E_{x'}}{E_{y'}} = \frac{A'}{B'} e^{-j\theta}, \quad (10)$$

где $E_{x'}$ и $E_{y'}$ проекции напряженности электрического на ортогональные оси в плоскости поляризации z' ; A' , B' - их амплитудные значения, θ - разность между начальными фазами колебаний напряженности электрического поля на осях плоскости поляризации.

Если коэффициент поляризации является комплексным значением, то поле имеет эллиптическую поляризацию. При этом если коэффициент поляризации является мнимым числом, то оси эллипса совпадают с осями координат, другим частным случаем, может быть, круговая поляризация если $\zeta = \pm j$. Если ζ действительное число, то электромагнитная волна будет поляризована линейно, такая поляризация всегда будет наблюдаться вблизи поверхности земли, которую можно считать проводящей поверхностью. Знак

МЕТОД ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

мнимой части определяет направление вращения вектора $\vec{E}$ в плоскости поляризации. Знак плюс соответствует правой поляризации (вращение вектора напряженности для наблюдателя, смотрящего в направлении прихода волны, происходит по часовой стрелке), минус – левой (вращение вектора $\vec{E}$ происходит против часовой стрелки).

Выражения аналогичные (2-10) можно записать, и для переменного магнитного поля. В этом случае в этих выражениях под амплитудными значениями следует понимать максимальные значения вектора напряженности магнитного поля вдоль осей координат [9].

С помощью приведенной математической модели можно с большой точностью рассчитать параметры поля под конкретным пролетом. Очевидно, что расчеты займут достаточно длительное время, особенно если учитывать, что необходимо определить область пространства, в которой при заданных входных параметрах модели, напряжение линии, тип опор, рельеф местности, длина пролета, параметры электрического поля будут оптимальными для обработки конкретного посевного материала.

В данном случае, целесообразно расчет проводить с помощью ЭВМ. На кафедре Электроснабжение промышленных предприятий было разработано соответствующее программное обеспечение в основе которого лежит вышеприведенная математическая модель [10], а также метод позволяющий учитывать отдельные конструктивные элементы опор линий электропередачи и стрелу провеса проводов и тросов [11]. Предложенный подход к предпосевной обработке семян позволяет частично утилизировать потери электроэнергии в высоковольтных линиях электропередачи связанные с созданием вокруг них электрического поля, поскольку уменьшить данные потери не предоставляется технически возможным без строительства новых компактных линий электропередач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Магеровский, В.В. Разработка твердотельных лазеров голубой области спектра для предпосевной обработки семян [Текст] / С. А. Чудин, В. В. Магеровский // Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК: сб. трудов, вып. 421(151). – Краснодар: КубГАУ, - 2006. - С. 185 - 191.

2. Фирсов, В.Ф. Повышение болезнеустойчивости и урожайности сельскохозяйственных культур воздействием на семена электромагнитным излучением низкой частоты и микро- и макроэле-

ментами (Рекомендации) [Текст] / В.Ф.Фирсов [и др.]. - Мичуринск, 2005. - 19 с.

3. Курзин, Н.Н. Методология проектирования устройств и оценка электрофизического воздействия на биологические объекты сельскохозяйственного производства [Текст] / Н. Н. Курзин. – Краснодар, 2008. – 300 с.: ил.

4. Пашинский, В.А. Энергосберегающая технология предпосевной обработки семян электрическим полем [Текст] / В. А. Пашинский // Сахаровские чтения 2009 года: экологические проблемы XXI века : Материалы 9-й международной научной конференции, 21-22 мая 2009 г., г. Минск, Республика Беларусь / под ред. С. П. Кундаса, С. Б. Мельнова, С. С. Позняка. – Минск: Изд-во МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – С. 326 – 327.

5. Изаков, Ф.Я. Нетрадиционные СВЧ-технологии для экологически чистого земледелия [Текст] / Ф. Я. Изаков, Н. Д. Полевик, В. В. Жданов // Микроволновые технологии в народном хозяйстве. — Одесса, 1996. — С. 18 – 26.

6. Васильев, А.Н. Электротехнология и управление при интенсификации сушки зерна активным вентилированием [Текст] / А. Н. Васильев. - Ростов-на-Дону: Терра-Принт, 2008. - 240 с.

7. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 2.29: “Проведение исследований и разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием приемов биологизации земледелия в условиях Центрально – Черноземной зоны России” [Текст] / В. Ф. Фирсов, В. А. Левин, Я. М. Ковальчук, И. В. Дегтев и др. - № гос. регистрации 01200300852. - Мичуринск, 2003, - 130 с.

8. Бармин, Н.В. Воздействие электрического поля промышленной частоты на семена сельскохозяйственных культур [Текст] / Н. В. Бармин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – Самара: РИО СГСХА, 2006. - №3 – С. 118 - 125.

9. Белицын, И.В. Эллиптическое электрическое и магнитное поле электроустановок и метод их расчета [Текст] / И. В. Белицын, А. В. Макаров, Б. С. Компанец, Р. С. Старухин // Естественные и технические науки. – М., 2006. - № 6. - С. 45 - 48.

10. Расчет электрического поля линии электропередачи (elpole) [Текст] : Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008614992 / О. И. Хомутов, И. В. Белицын, Р. С. Старухин; правообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». - №2008614025; заявл. 02.09.2008.

11. Белицын, И.В. Алгоритм расчета электрического поля ВЛЭП на основе метода эквивалентных зарядов [Текст] / И. В. Белицын, А. В. Макаров // Ползуновский вестник. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007. - №4. – С. 134 - 141.

Старухин Р.С., Белицын И.В., Хомутов О.И., д.т.н., проф., тел. (3852) 36-77-72