

## К ВОПРОСУ О ПРЕДПОСЕВНОЙ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Федюшко Ю. М.

*Таврический государственный агротехнологический университет (г. Мелитополь)*

*Работа посвящена проблеме использования новых электротехнологий, для активации семян, электромагнитным полем сверхвысокочастотного диапазона.*

**Постановка проблемы.** Интенсификация технологических процессов в медицине, биологии и сельском хозяйстве возможна с использованием электромагнитных полей сверх высокой частоты (ЭМП СВЧ) и крайне высоких частотных (КВЧ) диапазонов. Использование электромагнитной (ЭМ) энергии открывает новые возможности создания экологически чистых и эффективных технологий в растениеводстве и животноводстве, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции. Достоинства применения микроволновой энергии в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, медицине, фармакологии в настоящее время определены достаточно ясно. Обосновываются они избирательностью преобразования электромагнитной энергии в тепловую, большой глубиной проникновения поля, эффективностью и экономичностью.

Установлены эффективные режимы дезинфекции и стимуляции роста семян, подавления жизнедеятельности насекомых-вредителей и т. д. [1]. Экспериментально доказано, что биологические объекты реагируют на воздействие внешних электромагнитных полей (ЭМП). Эта реакция может происходить на различных структурных уровнях живого организма - от молекулярного и клеточного до живого организма в целом. Воздействие ЭМП СВЧ - диапазона на семена различных сельскохозяйственных культур приводит к активации процессов биосинтеза и ускоренному делению клеток, а также к восстановлению связей и функций, нарушенных из-за болезней [2].

В настоящее время уже создана элементная база по использованию ЭМП СВЧ - диапазона, достаточная для проведения исследований, по воздействию на как на объекты в целом, так и на отдельные клетки.

**Анализ последних исследований.** Анализ зависимости всхожести семян, энергии прорастания, интенсивности дыхания, качества и количества урожая от параметров, воздействующего ЭМП показывает, что наряду с энергетическим существует и информационное взаимодействие ЭМП с биологическими системами. В основе технологии лежит информационное воздействие микроволновой энергии малого уровня мощности на биологические объекты. Это воздействие повышает энергию прорастания семян и иммунитет растений.

Опыты, проведенные как с растениями, так и с животными, показывают, что характер реакций организмов на ЭМП зависит не только от величины ЭМ энергии, а и от модуляционно-временных параметров ЭМП. Причем, реагирование объектов увеличивалось с уменьшением ЭМП, а иногда вообще не возникало при более высоких значениях энергии ЭМП [3...7].

Изучение действия СВЧ излучения миллиметрового диапазона на различные биологические системы позволило установить, что биологическое действие этого вида излучения основано на резонансном характере воздействия и избирательно для различных биологических систем. Например, в работе [7] показано, что при облучении сине-зеленых водорослей низкоэнергетическим ЭМП в течение одного часа, прирост биомассы составил в эксперименте 47% по отношению к контролю. При этом следует отметить, что увеличение экспозиции вызывает уменьшение стимулирующего эффекта, а именно, при экспозиции 2 и 6 часов стимулирование имеется, но составляет 16 и 32% к контролю. Двенадцатичасовая экспозиция в эксперименте приводит к снижению биомассы на 70%. Представляют интерес результаты, касающиеся воздействия ЭМП КВЧ диапазона на сухие семена зерновых культур. Так в работе [3] показано, что облучение сухих семян сои низкоэнергетическим ЭМП на частоте 42,2 ГГц при плотности потока мощности 15 мкВт/см<sup>2</sup>, нестабильность частоты генератора 10<sup>-7</sup>; экспозиция 10 мин, вызвало прирост урожая до 30% в сравнении с контрольным. Таким образом, применение микроволновой технологии предпосевной обработки семян позволяет уничтожить семенную инфекцию, повысить энергию прорастания семян, усиливает развитие корневой системы, увеличивает фотосинтезирующий аппарат растений, способствует более быстрому развитию растений. В конечном счете, увеличивается урожайность.

Применение низкоэнергетического излучения ЭМ энергии в технологическом процессе растениеводства и животноводства связано с наименьшими затратами энергии при максимальном влиянии на информационные процессы жизнедеятельности биологических объектов, так как основой жизни являются обмен веществ, энергии, информации при асимметричной спиральной структуре [8,9].

Однако следует отметить, что эффективное использование низкоэнергетического ЭМП невозможно без разработки физико-математических моделей, учитывающих параметры воздействующего ЭМП и электрические характеристики сельскохозяйственных объектов в растениеводстве и животноводстве, которые в большинстве случаев неизвестны, особенно в миллиметровом диапазоне длин волн.

Из проведенного анализа следует, что для эффективного применения ЭМП в сельском хозяйстве, пищевой и перерабатывающей промышленности, а также для контроля качества и сохранности сельскохозяйственной продукции актуальным является создание средств измерения для воспроизведения, хране-

ния и передачи размеров единиц комплексной диэлектрической проницаемости в широком частотном диапазоне ЭМИ.

**Цель исследований.** Обоснование и создание методов и устройств измерения диэлектрической проницаемости биологических объектов в широком частотном диапазоне на основе импульсной рефлектометрии.

**Материал и методика исследований.** На сегодняшний день наиболее экологически безопасными и перспективными методами предпосевной обработки являются биофизические методы, а среди них — обработка семян воздействием ЭМП СВЧ-диапазона. В основе этого метода лежит резонансное воздействие электромагнитным полем на каждое семя. Известно, что клетка любого семени состоит из ядра, ядерной оболочки, митохондрий, лизосом, эндоплазматической сети, аппарата Гольджи, центросом. Все это заполнено цитоплазмой и окружено клеточной мембраной. При воздействии внешним электромагнитным полем с частотой близкой (равной) резонансной частоте обрабатываемых семян происходит преобразование внешнего излучения в собственные колебания белковых молекул, поскольку клеточная мембрана представляет собой кольцевой диэлектрический резонатор, которому присущи определенные для семян каждой культуры линейные размеры и резонансная частота [10, 11, 12]. Это позволяет ускорить биохимические реакции, влияя на ферментативную активность семян. Благодаря этому в семени активизируются биохимические реакции и повышаются качественные характеристики семян. Повышение качества семян происходит только в полях, характеризующихся определенными пространственными характеристиками электромагнитной волны СВЧ, а также такими параметрами электромагнитной волны, как частота, мощность и длительность воздействия излучения на семена. Значения указанных параметров рассчитываются для семян каждой культуры, при этом расчетная частота электромагнитной волны СВЧ зависит от диэлектрической проницаемости семени определенной культуры, которая в дальнейшем уточняется экспериментальным путем. Поскольку семена одной и той же культуры, убранные в разные сроки, высушенные при различных режимах и хранящиеся при различных температурно-влажностных условиях, имеют некоторую разбегку в значениях диэлектрической проницаемости.

Блок-схема, разработанной импульсной рефлектометрической установки, приведена на рис. 1.

Установка состоит из генератора запуска, формирователя импульсов, смесителя, осциллографа, измерительной ячейки, персонального компьютера. В установке используются импульсные сигналы с минимальной длительностью фронта импульсов до 20 пс и она предназначена для измерения импульсных напряжений, определения ДП,  $S$  – параметров четырехполосников, КСВН и ослабления объектов исследования. Контейнер может размещаться на конце распределенного тракта или в его середине (в зависимости от этого будут разные алгоритмы обработки сигнала, полученного при измерении). Выбор конструкции контейнера, места его включения и режима изме-

рений определяется конкретными задачами исследования, видом и состоянием материала, условиями окружающей среды и т.п.

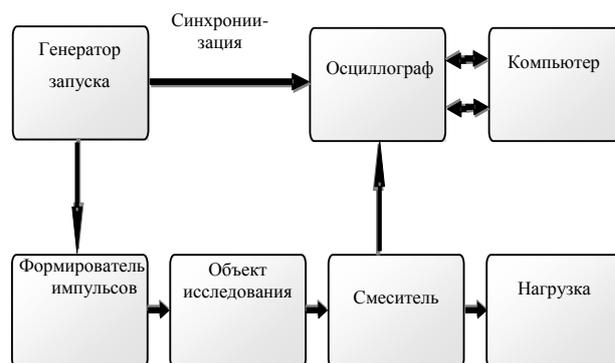


Рисунок 1 – Структурная схема импульсного рефлектометра

ДП биологических объектов сельскохозяйственного назначения будем определять по результатам импульсных измерений параметров исследуемого вещества, помещенного в измерительный коаксиальный контейнер коаксиальной линии импульсного рефлектометра. Для исследования диэлектрических свойств биологических объектов растениеводства (зерна, семена) был использован контейнер проходного типа (рис.2).

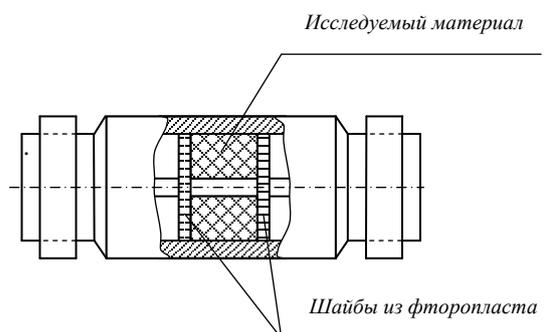


Рисунок 2 – Конструкция коаксиального измерительного контейнера проходного типа

Методика измерения диэлектрической спектроскопии биологических объектов растениеводства проводится за счет измерений коэффициентов отражения  $S_{11}$  и прохождения  $S_{21}$ .

После выполнения операций программы, в зонах памяти прибора  $Z0$  и  $Z1$  сформируются массивы, описывающие, соответственно, модуль и фазу комплексного коэффициента передачи, т.е. элемента  $S_{21}(S_{12})$  матрицы рассеивания четырехполосника.

Далее вычисляем комплексное значение ДП исследуемых биологических объектов. Для апробации предложенной методики на разработанном импульсном рефлектометре нами были исследованы образцы семян пшеницы. Экспериментальные исследования с семенами проводили при влажности от 7% до 22% и температуре  $25^{\circ}\text{C}$ . Искусственное замачивание семян производилось в полиэтиленовых мешках, с добавлением расчетного количества воды, с выдержкой в те-

чении 50...70 часов. Сушка в термостате при температуре 50°C в течение 4 часов. Значения ДП семян были рассчитаны с соответствующими погрешностями измерений, которые для действительной и мнимой частей ДП составили менее 1% во всем диапазоне от 1 до 26 ГГц. Анализ экспериментальных данных показывает, что зависимость  $\varepsilon'$  от частоты линейная. Это характерно для твердых диэлектриков. Зависимость  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  семян пшеницы "от влажности также носит линейный характер. При увеличении плотности зерна в кювете, его ДП  $\varepsilon'$  может увеличиться на 40%, а  $\varepsilon''$  на 65%. Полученные результаты легли в основу создания микроволнового устройства для предпосевной обработки семян. Оно состоит из СВЧ - модулей, работающих в различных частотных диапазонах, состоящих из микроволнового генератора с перестраиваемой частотой и регулируемой мощностью, вентиля и рупорной конической антенны.

В устройстве для равномерного распределения энергии используются микроволновые модули с круговой поляризацией волны:

$$E(z,t) = E_0 [\cos (wt - kz + \gamma) + \sin (wt - kz + \gamma)], (1)$$

где  $E_0$  - амплитуда колебаний,  $w = 2\pi f$  - частота колебаний,  $k = w/v$  - волновое число,  $\gamma$  - фазовый сдвиг.

Преобразователь поляризации разработан на основе отрезка волноводного перехода, в котором прямоугольный волновод переходит в волновод с круглым сечением. Антенна изготовлена в виде рупорного конуса, причем ее входной фланец имеет круглое отверстие, диаметр которого равен диаметру круглого волновода, преобразователя линейной поляризации волны в круговую. Антенна излучает кругополяризованную волну и обеспечивает создание равномерного электромагнитного СВЧ - поля. В результате исследований выявлено, что предпосевное воздействие электромагнитным полем сверхвысокочастотного диапазона значительно стимулирует энергию прорастания по отношению к контрольным образцам. ЭМП СВЧ с круговой поляризацией лучше стимулирует ростовые процессы на ранних этапах онтогенеза исследуемой культуры. При воздействии ЭМП СВЧ с круговой поляризацией длина корня увеличилась на 22 %, длина проростка на 26 %, по отношению к контролю.

**Выводы.** В результате выполненных исследований показано, что низкоинтенсивное электромагнитное поле, сверхвысокочастотного диапазона, может быть использовано в качестве стимулятора рецепторов клеток семян, запускающих внутриклеточные механизмы, что приводит к улучшению их свойств, в частности, к повышению скорости энергии прорастания, интенсификации роста побегов.

#### Список использованных источников

1. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. - М.: Мир, 1968. - 472 с.
2. Пюшнер Г. Нагрев энергией СВЧ / Г. Пюшнер. - М.: Мир, 1965. - 160 с.

3. Косуліна Н. Г. Дослідження впливу електромагнітного поля на насіння сої / Н. Г. Косуліна, О. Д. Черенков // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". - Харків: ХНТУСГ, 2005. - Вип. 37. - С.152-160.

4. Девятков Н. Д. Нетепловые эффекты миллиметрового излучения / Н. Д. Девятков. - М.: Связь, 1981. - 338 с.

5. Пилюгина В. В. Электронная стимуляция в растениеводстве. Обзорная информация / В. В. Пилюгина, А. В. Рогуш. - М.: Наука, 1980. - 50 с.

6. Калинин А. Г. Использование микроволнового поля для повышения урожайности и защиты семян от вредителей и болезней // Микроволновые технологии в народном хозяйстве / А. Г. Калинин, В. П. Тучный, Е. А. Левченко. - Киев-Одесса: ОКФА, 2002. - С.8-36.

7. Тамбиев А. Х. Стимуляция роста синезеленных водорослей при действии электромагнитного излучения миллиметрового диапазона низкой интенсивности / А. Х. Тамбиев, Н. Н. Киринова, А. Г. Максудов. - М.: ИРЭАН СССР, 1986. - С.54-59.

8. Вербицкая С. В. Предпосевная обработка семян фасоли озонем и магнитным полем: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / С. В. Вербицкая. - Зерноград, 2001. - 181с.

9. Tambiev A. Stimulation of growth of cyanobacteria by millimeter electromagnetic radiation of low intensity / A. Tambiev. Congr. Microbiol., Manchester, England, 1986.

10. Бинги В. Н. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // Успехи физических наук / В. Н. Бинги, А. В. Савин. - Т. 173. - № 3. - 2003. - С.265-300.

11. Геннис Р. Биомембраны. Молекулярная структура и функции / Р. Геннис. - М.: Мир, 1997.

12. Колмэн, Р. Мембраны и их функции в клетке / Р. Колмэн, Р. Миччел. - М.: Мир, 1997.

#### Анотація

### ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ АКТИВАЦІЇ ПОЛИВНОЇ ВОДИ І ПОЖИВНИХ РОЗЧИНІВ В ТЕПЛИЦЯХ

Федюшко Ю. М.

*Робота присвячена проблемі використання нових електротехнологій, для активації насіння електромагнітним полем надвисокочастотного діапазону.*

#### Abstract

### TO QUESTION ABOUT PRESEED MICROWAVE TREATMENT OF SEED

Yu. Fediushko

*Work is sanctified to the problem of the use of new electro-technologies, for activating of seed, by the electromagnetic field of super-high-frequency range.*