

**А.В. Червяков, С.В. Курзенков**, кандидаты технических наук, доценты  
**А.С. Циркунов**, ассистент

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки*

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН**

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования влияния обработки сверхвысокими частотами (далее – СВЧ) на посевные качества семян зерновых культур, рассмотрены биологические предпосылки применения предпосевной СВЧ-стимуляции.

Проблема качественных семян в настоящее время в сельском хозяйстве стоит достаточно остро. С одной стороны, она обусловлена ростом зараженности семян вредителями, головневыми и другими возбудителями заболеваний растений. С другой – тем, что зачастую даже самые качественные семена не используют при прорастании полностью свой биологический потенциал, заложенный природой, а в процессе длительного хранения посевные свойства семян, как правило, ослабевают.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – одна из важнейших задач, которую вместе с селекционерами и агрономами в последние годы решают физики, биофизики и инженеры.

Воздействие электромагнитных полей на семенной материал может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия. К таким эффектам можно отнести стимуляцию семян, их возбуждение или подавление [1–3]. В режиме стимуляции происходит небольшая прибавка по проценту всхожести семян (порядка 2,5 %) и более быстрое их развитие, при возбуждении происходит максимальная прибавка по проценту всхожести, а в режиме подавления процент всхожести ниже контрольного, и растения развиваются медленнее или вообще не развиваются [2].

Обработка зернового материала СВЧ приводит к стимуляции метаболизма биоклеток семян: повышению активности ферментов (в частности, амилазы), активизации всхожести, энергии прорастания и силы роста. С увеличением доз вначале наблюдаются стрессовые явления в биоклетках, а затем их агония и некроз (гибель) [4, 5].

Установлено, что нагрев семян сорго в ЭМП (электромагнитное поле) СВЧ до 35–45 °С не приводит к снижению их посевных качеств [6]. Дальнейшее увеличение температуры нагрева семян влечет уменьшение этих показателей, причем особенно резко в области температур свыше

50–60 °С. Первое явление объясняется термоактивацией биологических процессов в семенах, второе – необратимыми температурными изменениями (денатурацией) белков.

Установлено, что технологический процесс обработки семян определяется совокупностью следующих параметров: частоты, мощности (или энергии) на единицу массы, времени обработки, времени отлежки, температуры нагрева [7].

По общепринятой на сегодняшний день технологии перед посевом семяна, согласно технологическому регламенту, подвергаются химическому протравливанию. Однако с экологической точки зрения приветствуется любое снижение количества этих ядохимикатов. Как показали исследования кандидата технических наук Г. Войнова, применение СВЧ при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур уничтожает не только поверхностную инфекцию, но и болезнетворную микрофлору внутри семян [7]. К тому же ядохимикаты являются предметом импорта, что приводит к увеличению себестоимости сельскохозяйственной продукции. Им установлено, что при использовании ЭМП СВЧ в предпосевной обработке семян возможно снижение на 30 % количества ядохимикатов, а в ряде случаев полная их замена.

В Республике Беларусь технологией предпосевной обработки семян СВЧ-полем и разработкой соответствующего лабораторного и промышленного оборудования занимаются в НИИ «Институт ядерных проблем БГУ» и в РУП «Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК» [7, 8].

В 2006 г. в различных регионах Республики Беларусь была заложена серия опытов с целью получения данных по увеличению полевой всхожести семян, энергии прорастания, развитию корневой системы. Экспериментально выявлены несколько режимов взаимодействия: 1) стимуляции семян; 2) возбуждения семян; 3) подавления.

Многочисленные исследования по предпосевной стимуляции семян, проведенные в России и за рубежом (И.Д. Бородин – 1993 г., Ф.Я. Изаков, Б.В. Полевин, Б.В. Жданов – 1993 г., С.В. Вендин, В.М. Ковалев – 1995 г.), свидетельствуют о высокой эффективности исследования электромагнитного поля СВЧ для предпосевной обработки семян с целью повышения урожайности и качества продукции. В облученных семенах в результате увеличения концентрации свободных радикалов происходит увеличение проницаемости мембран, что обуславливает более быстрый приток воды и кислорода, необходимых для пробуждения и развития семян [9].

Воздействие электромагнитных полей на биологические объекты может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия.

Возможные эффекты по результатам воздействия электромагнитных полей СВЧ на растительные и живые клетки можно отнести к следующим типам:

I. Энергетическое воздействие.

II. Биофизическое и биохимическое воздействие.

III. Информационное воздействие.

Энергетическое воздействие способно вызывать рост температуры в ткани, рост давления (причем наибольшее значение давления достигается в центре обрабатываемого вещества), развитие механических напряжений в плазматической мембране и в клеточных стенках.

Биофизическое и биохимическое воздействие отличаются низким уровнем мощности электромагнитного поля, неспособным привести к появлению энергетических эффектов [10].

К биофизическому типу воздействия следует также отнести эффекты, связанные с механическим взаимодействием макросоставляющих клетки под влиянием переменного ЭМП. К механическим взаимодействиям в растительной ткани мы относим взаимодействие колеблющихся в такт с ЭМП молекул воды с поверхностью пор и капилляров.

Механизм информационного воздействия изучен слабо. В настоящее время известно, что существует связь между слабыми ЭМП и функциональным проявлением ферментных структур.

Подобрав оптимальный режим обработки зерна, можно добиться стимулирующего эффекта и повышения всхожести. Однако существуют другие режимы обработки, которые могут привести к угнетению роста либо к аномальному развитию растений. Этим объясняется необходимость уяснения процессов, происходящих в семенах при микроволновой обработке, для чего целесообразно рассмотреть фазы прорастания семян и данные по физиологии прорастания:

1. Период покоя зерна прекращается – возможно, этому способствует растворение абсцизовой кислоты в условиях изменившегося теплового режима и влагосодержания [10, 11].

2. Начинается активное всасывание воды через микропиле (маленькая пора в семенной кожуре) и семенные оболочки.

3. После начала гидратации в клетках зародыша (особенно в корешке) изменения, соответствующие началу роста, наблюдаются уже через несколько часов, в эндосперме злаков значительно позже – через 1–2 дня.

4. Особое значение для проявления метаболической активности имеет активное вещество гиббереллин. Причем он эффективен в столь малых концентрациях, что действует на уровне «включения» и «выключения» генов [10]. Гиббереллин вырабатывается в зародыше (также есть предположение, что, возможно, в щитке, откуда потом поступает в зародыш) [10, 11]. Выработка начинается с набухания семян. Из зародыша

гиббереллин поступает в алейроновый слой и участвует в управлении расщепления питательных веществ.

5. Зерно не прорастет без: а) прохождения периода дозревания (отлежки); б) гидратации тканей.

МВ-обработка в режиме, параметры которого соответствуют нетепловому воздействию на растительный объект, представляет собой для семян управляющий сигнал, выводящий систему из состояния покоя и включающий в работу химические передатчики, такие как ауксин, цитокинины и гиббереллин. Причем в качестве управляющего сигнала выступает только магнитная составляющая электромагнитного поля.

Поры и капилляры живой ткани заполнены физиологической жидкостью, главным компонентом которой является вода. Под воздействием МВ-поля полярная молекула воды приобретает вращательный момент, под действием которого диполь ориентируется в направлении поля [1, 10, 12]. Так как направление поля меняется с частотой 2450 МГц, молекулы воды с той же частотой будут смещаться, и такое интенсивное трение их о поверхности капилляров приведет к выносу нежелательных включений и сглаживанию внутренней поверхности. Поэтому поглощательная способность клетки должна улучшиться. Другими словами, усиление питания клеточной ткани за счет улучшения транспортных свойств сети капилляров приводит к появлению эффекта биостимуляции.

Среди электрофизических способов обработки семян растений наиболее перспективной является обработка с применением электромагнитных волн сверхвысокой частоты [1–3, 5–8, 13, 15].

Работами ученых школы академиков И.Ф. Бородина, Н.Д. Девяткова экспериментально установлены проявления нетеплового низкоэнергетического (информационного) резонансного воздействия электромагнитных волн частотой  $10^{11} \dots 10^{12}$  Гц (СВЧ-диапазон) на биологические системы [3, 14, 16]. Проведенными ими исследованиями было установлено, что повышение урожайности и качества урожая происходит только при определенных параметрах электромагнитных полей, таких как длительность воздействия, частотный диапазон, плотность мощности, пространственные характеристики электромагнитного поля. Причем оптимум этих параметров зависит от физико-механических свойств зернового материала, способов его хранения и послеуборочной обработки.

В БГУ разработано несколько типов оборудования для микроволновой предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур на основе микроволновых модулей. В основе технологии лежит информационное воздействие микроволновой энергии малого уровня мощности на биологические объекты [17]. Достигается увеличение урожайности на 10–12%. Технология применяется в тепличных хозяйствах Республики Беларусь.

Способ предпосевной обработки семян, который предложил Н.В. Цугленок, заключается в воздействии на предварительно увлажненные семена ЭМП СВЧ с целью уничтожения спор грибов и сухой головни. Поскольку эти споры обладают большей водопоглотительной способностью, чем зерно, попадая в поле СВЧ, основная часть энергии поглощается спорами, и они, интенсивно нагреваясь, гибнут. Наилучшие результаты для ячменя были получены при частоте колебаний 2450 МГц [15].

В Московском институте инженеров сельскохозяйственного производства им. В.П. Горячкина (МИИСП) разработан и испытан способ предпосевной обработки семян электромагнитным полем (ЭМП) сверхвысокой частоты (СВЧ), включающий предварительное увлажнение семян пленкообразующим водным раствором микроэлементов и биологически активных веществ и их отлежку в течение 3–15 мин. [18]. Облучение электромагнитным полем удельной мощности 30 кДж/кг с предварительным увлажнением и отлежкой позволяет снизить энергоемкость процесса в 15–20 раз, сократить время обработки с одновременным увеличением урожайности на 15–20 %.

Анализ существующих технологий и конструкций показывает, что микроволновая технология является эффективной мерой повышения урожайности широкого спектра зерновых и других культур. Благоприятные режимы обработки могут обеспечивать прирост урожая на 12–50 %. Однако существующее оборудование не обеспечивает необходимую равномерность СВЧ обработки в слое семян. В связи с этим необходимы дополнительные исследования для устранения этого недостатка.

#### *Список использованных источников*

1. Барышев, М.Г. Воздействие электромагнитных полей на биохимические процессы в семенах растений / М.Г. Барышев, Г.И. Касьянов // Известия вузов. Пищевая технология. – 2002. – № 1. – С. 21–23.
2. Кондратьева, Н.П. Предпосевная обработка семян зерновых культур / Н.П. Кондратьева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 8. – С. 9–10.
3. Мартинков, Р.Ю. Перспективы использования СВЧ-поля для предпосевной обработки семян / Р.Ю. Мартинков, А.С. Циркунов // Научный поиск молодежи XXI века: материалы Респ. науч. конф. студ. и магистрантов, Горки: БГСХА, 2012. – Ч. 1. – С. 336–339.
4. Червяков, А.В. Предпосылки и практическая реализация технологии предпосевной обработки семян СВЧ-полем / А.В. Червяков, С.В. Курзенков, А. С. Циркунов // Вест. Беларус. гос. с.-х. акад. – № 2. – 2012. – С. 111–115.
5. Пахомов, В.И. Активизация посевных свойств семян СВЧ-обработкой / В.И. Пахомов, Е.В. Ионова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2004. – № 4. – С. 5–6.

6. Ионова, Е.В. Влияние электромагнитного поля сверхвысокой частоты на посевные, биохимические и физиологические качества семян сорго и других культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е.В. Ионова; Дон. зон. НИИСХ. – пос. Рассвет: [б. и.], 2003. – 26 с.

7. Войнов, Г. Микроволновые технологии в сельском хозяйстве / Г. Войнов // Сейбіт. – 2006. – № 2. – С. 30–33.

8. Карпович, В.А. Резонансное воздействие электромагнитных волн низкой интенсивности СВЧ-диапазона на семена овощных культур / В.А. Карпович [и др.] // Междунар. аграр. журнал: Ежемесячный научно-производственный журнал для работников агропромышленного комплекса. – 2000. – № 3. – С. 8–10.

9. Гурецкий, Н.И. О механизме электромагнитного воздействия на биосистемы / Н.И. Гурецкий // Электрификация и автоматизация сельского хозяйства. – 1999. – С. 7–13.

10. Калинин, Л.Г. Механизм воздействия микроволнового электромагнитного поля (МВЭМП) на биологическую ткань растительных организмов / Л.Г. Калинин [и др.] // Микроволны в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://ceres.bip.ru/art/2.rtf>. – Дата доступа: 02.02.2008.

11. Овчаров, К.Е. Физиология формирования и прорастания семян / К.Е. Овчаров. – М.: Колос, 1976. – 256 с.

12. Биостимуляция семян // Микроволны в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://ceres.bip.ru/rbio.html>. – Дата доступа: 10.12.2007.

13. Курзин, Н.Н. Новые электромагнитные устройства сельскохозяйственного назначения / Н.Н. Курзин // Механизация и электрификация сел.хоз-ва. – 2004. – № 6. – С. 20–22.

14. Кучин, Л.Ф. Воздействие низкоэнергетическими СВЧ-полями на биологические объекты растениеводства / Л.Ф. Кучин // Использование СВЧ-энергии в сельскохозяйственном производстве. – ВНИПТИМЭСХ, зерноград, 1989. – С. 18–23.

15. Ксенз, Н.В. Обзор электрофизических методов предпосевной обработки семян / Н.В. Ксенз, Н.С. Гукова // Сб. науч. тр. / Азово-Черномор. гос. агроинж. акад. – Зерноград, 2003. – Вып. 3. – С. 90–93.

16. Микроволновое оборудование и технологии предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур // БГУ. – Научно-техническая продукция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bsproduct.by/index.php/28.1037...0.0.0.html>. – Дата доступа: 26.02.2008.

17. Бородин, И.Ф. Анализ использования СВЧ-энергии в агропромышленном комплексе / И.Ф. Бородин // Использование СВЧ-энергии в сельскохозяйственном производстве. – ВНИПТИМЭСХ, зерноград, 1989. – С. 5–13.

*Поступила 06.04.2015*