

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.А. Алексенко

*В работе рассмотрен ряд вопросов по выявлению наилучшего способа предпосевной обработки сельскохозяйственной продукции. Проведен анализ существующих способов обработки. Рекомендована реализация сверхвысокочастотной обработки семян для сельскохозяйственных культур Алтайского края.*

*Ключевые слова: электромагнитное поле высокой частоты, диэлектрик, сверхвысокочастотная энергия, бактерицидный облучатель, микроволновая обработка.*

### **Обработка семян зерновых культур электромагнитным полем высокой частоты.**

Многими исследованиями установлено, что сушка и предпосевная обработка семян зерновых культур электромагнитным полем высокой частоты (ЭМПВЧ) метрового диапазона дает существенный результат. Данный метод имеет преимущества перед другими физическими методами. При этом обеспечивается одновременное и равномерное повышение температуры по всему объему однородного материала [1].

При неоднородном составе семян отдельные компоненты нагреваются пропорционально их электрофизическим параметрам. Это явление можно использовать для избирательного воздействия. Теплопроводность и размер семян не влияют на скорость нагрева. В процессе воздействия влажностное и температурное поля направлены в одну сторону, что улучшает жизнеспособность семян.

Можно сравнительно быстро и просто осуществлять регулирование и контроль за режимом обработки, проводить автоматизацию процесса воздействия. Исследователями [1] для предпосевной обработки семян овощных культур была использована модернизированная высокочастотная установка ЛД1-4. Ее потребляемая мощность 9 кВА, частота электромагнитного поля 40,68 МГц.

Для производственных условий используется вертикальная рабочая камера, где с помощью фторопластовой пластины регулируется толщина слоя семян при различных межэлектродных расстояниях. Регулируемые параметры в этом случае: толщина слоя, воздушный зазор и общее межэлектродное расстояние (до 110 мм).

В свою очередь, устройство для предпосевной обработки – это рабочий конденсатор, помещенный в экранирующую камеру. Состоит он из двух параллельных металлических

пластин размерами 280×300 мм, одна из которых соединена с корпусом, а другая – с генератором (при помощи латунной шины). Экранирующая камера служит для защиты устройства от радиопомех и выполнена из металлических листов, сваренных сплошным швом. Для ограничения конденсатора, а также для регулирования толщины слоя семян в пределах от 20 до 110 мм использована фторопластовая пластина. Она обладает сравнительно термостойким электроизоляционным свойством, низким коэффициентом теплопроводности, малой диэлектрической проницаемостью и не оказывает влияния на качество семян.

Предпосевную обработку семян овощных культур в ЭМПВЧ можно рассматривать как агроприем, направленный на повышение всхожести, урожайности и улучшение качества овощей. Среднедневная выработка установки – 30 ц. Этого достаточно, чтобы обеспечить обработанными семенами овощных культур целый регион [2].

По результатам полевых опытов установлено, что предпосевная обработка семян в ЭМПВЧ способствует увеличению урожая капусты в среднем на 22 %, редиса – 25...30 % [1]. Анализ структуры урожая капусты показал, что повышение уровня происходит за счет увеличения количества и массы стандартных кочанов. Урожай редиса увеличивается в основном за счет повышения числа вызревших корнеплодов к моменту уборки и в меньшей степени – за счет увеличения массы корнеплода.

Для характеристики качества продукции проводили биохимическую оценку урожая. Известно, что сухое вещество, сахар, а также азотистые вещества играют большую роль в оценке качества овощей. Исследования показали, что содержание сухого вещества в кочанах белокочанной капусты Белорусская 455

на 5 %, а в корнеплодах редиса Вюрцбургский – на 8 % выше, чем в урожае, полученном от необработанных семян. При этом содержание сахара в кочанах повысилось в среднем на 4 %, корнеплодах – на 5 %.

Химическим анализом кочанов капусты установлено положительное влияние режимов обработки семян капусты и редиса на содержание одного из важнейших показателей качества продукции – белка. Содержание сырого протеина в кочанах возросло на 24,4 %, корнеплодах – 22,0 %. Метод обработки семян в ЭМПВЧ ценен не только тем, что повышается урожай, но и тем, что улучшается качество получаемой продукции.

#### **Технология обработки семян при помощи сверхвысокочастотного электромагнитного поля.**

Технология обработки при помощи сверхвысокочастотного электромагнитного поля (СВЧ) применяется для нагрева, сушки, размораживания и обеззараживания сельскохозяйственных продуктов пшеницы, ячменя, сои и др. [1]. Данная технология имеет целый ряд положительных качеств, поэтому широко используется на перерабатывающих предприятиях. Главными достоинствами СВЧ-обработки является значительная экономия времени, так как процесс обработки происходит очень быстро. Кроме того, такая технология позволяет сберечь в сырье все питательные вещества, витамины и минералы, что при другой обработке добиться сложно. Нагрев зерна происходит за счет поглощения продуктом энергии волн сверхвысокой частоты. Данный метод обработки зерна отличается от традиционных видов тепловой обработки сельскохозяйственных культур тем, что нагрев продукта происходит от поверхности вглубь зерна, что не позволяет быстро и равномерно нагреть зерно. А это приводит к подгоранию снаружи и растрескиванию зерен.

При СВЧ-обработке высокочастотные волны проникают по всему объему сырья, нагревая его равномерно и быстро. Причем, различные вещества при такой обработке реагируют по-разному. Вещества плохо проводящие электрические волны и сухие, не содержащие влаги, не нагреваются, а вещества содержащие воду могут при обработке полностью освободиться от влаги, при этом выделяя большое количество тепловой энергии. Такие свойства метода СВЧ-обработки позволяют применять его для сушки зерна, сена, соломы и других агропродуктов.

Другое преимущество метода СВЧ-обработки – это наиболее полное сохранение

структуры исходного сырья, питательных веществ и возможность полностью контролировать процесс обработки, так как параметры обработки обусловлены влажностью и температурой сырья, а эти параметры можно менять практически без ограничений [3].

Принцип работы такого метода заключается в следующих этапах: исходный материал при помощи транспортной ленты с определенной скоростью подается в сушильную камеру, где при помощи питателя-дозатора устанавливается определенная толщина обрабатываемого сырья; внутри камеры находится СВЧ-установка (наиболее распространенная УСТ-50), которая воздействует на движущийся в камере продукт; высвобожденная влага в виде пара выводится встроенным вытяжным вентилятором. Скорость движения транспортной ленты выбирается в зависимости от структуры сырья и его влажности.

При медленном движении ленты под воздействием тепловой энергии сырье может возгораться, но увеличивается влагоотдача, что способствует большей эффективности сушки. При более высокой скорости движения транспортной ленты сырье находится в сушильной камере меньшее количество времени, что приводит к малой влагоотдаче, однако возгорание не наблюдается. Скорость регулируется опытным путем, что позволяет добиться более качественной обработки.

СВЧ-обработка часто применяется для приготовления посевного материала. После такой обработки всхожесть семян увеличивается. Это обусловлено тем, что нагревание зерна происходит изнутри наружу равномерно по всему объему. Затем при охлаждении наружной поверхности температура внутри зерен становится выше чем снаружи, что стимулирует перенос жидкости (из-за перепада температур) и, вместе с тем, перераспределение питательных веществ в сторону зародыша зерна, что приводит к лучшей прорастаемости семян. Кроме того, под воздействием высокой температуры ослабевает активность, и даже полностью останавливается, плесневых грибов и других веществ антипитательной направленности.

#### **Комбинированная сушка зерна и семян с помощью сверхвысокочастотной энергии.**

Сушка зерна и семян в сельхозпроизводстве является одной из наиболее ответственных сложных и энергоемких операций. Только она обеспечивает возможность дальнейшего длительного хранения этой продук-

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ции и поэтому необходимость в ней возникает у всех производителей зерна.

В мире, как и в нашей стране, более 80 % зерна, подлежащего сушке, обрабатывают конвективным способом (продувом зерна подогретым воздухом) в установках шахтного типа. В качестве топлива в них, как правило, используют природный газ или светлые виды жидкого нефтяного топлива (дизельное, соляровое масло, керосин). Среднестатистический тепловой баланс зерносушилок распределяется следующим образом: 40 % теплоты, подведенной к сушилке, расходуется на испарение влаги из материала, 20 % – на нагрев материала, 30 % – потери тепла с уходящим агентом суши; 10 % – потери тепла конструкцией сушилки. В этом балансе лишь затраты теплоты на испарение влаги относятся к полезным.

Теоретически необходимое количество теплоты на испарение 1 кг влаги в обычных условиях конвективной сушки составляет около 2200 кДж. В традиционных зарубежных и отечественных шахтных сушильных установках они составляют 5000-6000 кДж на 1 кг испаренной влаги. Кроме неэффективных энергетических показателей, большинство применяемых сегодня зерносушилок не обеспечивают должное качество просушенному продукту из-за пересушивания и растрескивания поверхностных слоев зерна и семян, большой неравномерности и инертности их нагрева.

Удаление влаги из влажного зерна при конвективной сушке состоит из процесса движения влаги из внутренних слоев тела к наружным и миграции влаги от его наружных слоев в окружающую среду [4].

Повысить эффективность сушки зерна можно, интенсифицировав внутренний массоперенос. Сделать это можно, используя особенности воздействия СВЧ-энергии. Принципиальная схема разработанного с учетом этих положений процесса комбинированной конвективно-высокочастотной сушки изображается следующим образом (рисунок 1).

При реализации разработанного способа комбинированной сушки особое значение имеет выбор параметров процесса с учетом того, что зерно и семена являются биологически активными объектами [5]. Учеными были проведены специальные исследования изменения биологических и биохимических свойств зерна и семян при различных режимах их обработки в ЭМП СВЧ. Именно они позволили определить рациональные параметры процесса, обеспечивающие снижение

его удельной энергоемкости и высокие показатели качества.



Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса сушки зерна с использованием СВЧ-энергии

Технологический процесс комбинированной сушки зерна с использованием СВЧ-энергии был проведен в двух установках конвейерного и шахтного типа путем доработки существующих типовых конструкций. Такое техническое решение представляет наибольший практический интерес, так как полная замена уже существующих и выпущенных промышленностью установок на совершенно новые является долгосрочной задачей, решаемой поэтапно [6].

Сравнительные испытания конвейерной установки по сравнению с известной конвективной зерносушилкой конвейерного типа Т-685 (Германия) при производительности разработанной установки 0,98-1,12 т/ч обеспечило снижение удельных затрат энергии до 4200-4380 кДж или на 29,4-32,3 %.

Разработанный процесс комбинированной сушки зерна с использованием СВЧ-энергии также был реализован в установках шахтного типа путем установки специального блока СВЧ-обработки на подающих в сушилку транспортерах (I вариант) и непосредственно в рабочей камере (II вариант).

Обобщенный анализ полученных результатов испытаний показывает, что по сравнению с традиционным конвективным процессом сушки разработанный комбинированный процесс сушки с использованием СВЧ-энергии обеспечивает:

- 1) интенсификацию влагоудаления на 5,3-13,2 %;
- 2) снижение удельных затрат энергии на 9,1-32,3 %;
- 3) уменьшение микротравмирования зерна за счет более «мягкого» режима сушки на 2,6-6,2 %;

4) повышение посевных свойств семян сельскохозяйственных культур на 5-6 %.

**Действие электромагнитных полей на сахарную свеклу и ее диффузный клеточный сок.**

Исследования по экстрагированию сахарозы из свекловичной стружки в электрическом поле начали проводить еще в начале 80-х годов.

Использование гранулированных материалов позволяет улучшить характеристики диффузионного сока, так как гранулированные материалы в электрическом поле способны удерживать из растворов коллоидно-дисперсные частицы, высокомолекулярные и цветные вещества. Суть процесса электрофильтрации заключается в том, что при пропускании сахарного раствора через слой гранулированной загрузки (силикагель, обожженная глина, керамзит и т. п.) в постоянном электрическом поле происходит коагуляция и удержание дисперсной фазы на поверхности гранул, что обусловлено возникновением сил поляризационного взаимодействия между самими частицами и поверхностью гранул фильтрующего слоя.

М. П. Купчиком, А. Б. Матвиенко, В. В. Манком установлена принципиальная возможность получения диффузионного сока высокой доброкачественности, пригодного для выработки стандартного сахара-песка при незначительном расходе вспомогательных материалов.

Выяснено также, что электрическое поле ускоряет процесс переноса сахарозы из объема капиллярно-пористого тела к поверхности раздела фаз и массообменные процессы на границе раздела капиллярно-пористое тело – жидкость.

Этот процесс используется для предварительной обработки сокоотрующей смеси электрическим полем перед основным противоточным процессом экстрагирования, так как обеспечивает необратимую электрокоагуляцию веществ коллоидной дисперсности и высокомолекулярных соединений в свекловичном соке и тканях свеклы, что позволяет затем вести дальнейшую диффузию без наложения электрического поля. Энергетические затраты на реализацию способа компенсируются снижением расхода электроэнергии на получение извести и сатурационного газа.

Важными техническими параметрами, влияющими на процесс электрофильтрации, являются концентрация сахарозы и температура. С изменением этих параметров, в первую очередь, изменяется вязкость растворов.

С увеличением вязкости, вследствие уменьшения подвижности ионов электролитов, уменьшается электропроводность растворов. Создаются предпосылки для увеличения напряженности электрического поля и уменьшается опасность разогрева очищаемой дисперсии и уменьшения эффекта электрофильтрации.

Проведенные электронно-микроскопические исследования ультраструктуры тонoplastа и других клеточных мембран после воздействия на них тепловой обработки и электрического поля показали, что при экстрагировании сахарозы из ткани корнеплода водой при температуре 25 °С повреждаются все клеточные вакуоли и образуется гомогенный клеточный матрикс [7]. В некоторых случаях этот матрикс может концентрироваться в отдельных участках клетки. С увеличением температуры до 75 °С разрушаются структуры клетки, образуются отдельные мелкие структуры неправильной формы, а также осмиофильные конгломераты.

При действии тепловой обработки и электрического поля, вызывающих повреждение клетки, в первую очередь подвергается деструкции плазмалемма, поскольку она является той частью клетки, которая воспринимает любые внешние воздействия. Деструкция же плазмалеммы резко изменяет давление в клетке, в результате чего происходит распад ее содержимого [8].

Усиление агрегации внутриклеточного содержимого клетки сахарной свеклы при воздействии электрического поля автор связывает с тем, что происходит поляризация обладающих электрическим зарядом компонентов мембран.

Образование крупных конгломератов способствует тому, что, обладая меньшей подвижностью, они удерживаются в клетке, не препятствуя выходу из нее сахарозы. Эти выводы подтверждаются исследованиями обессахаренной свекловичной стружки. Количество сухих веществ увеличивается с повышением напряженности поля в основном за счет несахаров белково-пектинового комплекса, веществ коллоидной дисперсности и связанной с ними золы свекловичного сока, которые подвергаются электрокоагуляции и электроудерживанию в клетке растительной ткани.

Содержание сахара в жоме при воздействии электрического фактора уменьшается, что вызвано ростом массопереноса в капиллярно-пористой среде за счет электроосмотических явлений.

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Таким образом, в процессе экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки в электрическом поле, существенно изменяющем ультраструктуру растительной клетки, возникает ряд структурно-функциональных процессов, приводящих к увеличению количества остаточных несахаров в свекловичном жоме, что обеспечивает повышение качества диффузионного сока и уменьшение потерь сахара в жоме.

Исследования, проведенные учеными на модельных системах растительной клетки, показали, что удерживание на поверхности растительной клетки коагулировавшихся частиц из диффузионного сока является следствием электростатического осаждения зольей. Коагулировавшиеся частицы диффузионного сока белкового характера, поляризуясь в электростатическом поле, несут в основном отрицательный заряд. Экспозиция диффузионного сока в электростатическом поле, после которой происходит процесс электродерживания молекул высокомолекулярных соединений диффузионного сока на поверхности свекловичной стружки, зависит от напряженности поля, температуры, pH среды. При напряженности 30-40 В/см, температуре среды 50-60 °С и pH от 6,5 до 3,5 экспозиция составляет 35-40 мин.

Согласно данным, приведенным Бажалом И. Г., электрохимический способ диффузии дает возможность получать диффузионный сок, чистота которого выше на 3-6 %, эффект очистки составляет 40-60 %, цветность ниже на 50-60 % по сравнению с традиционным способом. Также микробиологическими исследованиями установлено обеззараживающее действие электрического поля на диффузионный сок. Так, при напряженности электрического поля 7,5-10 В/см термофильные и мезофильные микроорганизмы угнетаются до 90 %, слизееобразующие мезофилы до 80 % [1]. Ощутимого влияния на плесневые грибы не установлено. Был сделан вывод, что на качественные показатели диффузионного сока больше влияет напряженность электрического поля и меньше температура. Наиболее целесообразно, по нашему мнению, проводить электродиффузию при температурах 50-60 °С и напряженности поля 7,5-10 В/см.

В результате проведенного обзора литературы показано, что биосистемы как растительного, так и животного происхождения чрезвычайно чувствительны к воздействиям, оказываемым на них ЭМП, генерируемыми различными искусственными источниками

ЭМП, такими как провода осветительной сети, линии электропередачи и т. д. [9]. Так же, согласно литературным данным, экранирование биосистем растительного происхождения от естественного геомагнитного фона отрицательно сказывается на физиологических процессах, протекающие в биосистемах.

М. Г. Барышевым на примере семян подсолнечника и корнеплодов сахарной свеклы установлено, что помещение этих биосистем в экранированные камеры приводит к ингибированию физиологических процессов, протекающих в этих биосистемах [8]. Так же в результате многочисленных опытов установлено, что электромагнитное поле диапазонов КНЧ и СНЧ с индукцией, лежащей в диапазоне 2-20 мТл, способно оказывать существенное влияние на биосистемы, приводя к ускорению или замедлению процессов роста семян и другим эффектам. Первичным фактором, от которого зависит результат воздействия, является частота МП или модулирующая частота АМ и ЧМ ЭМП.

Обзор литературных данных позволяет прийти к выводу, что основные закономерности магнитобиологических эффектов, наблюдаемых нами в широкой гамме растительных биосистем, будут наблюдаться и у биосистем животного происхождения, в том числе и у человека, поэтому возникает необходимость пересмотра некоторых созданных ранее подходов к разработке экологических нормативных актов, регулирующих электромагнитную совместимость приборов и оборудования, а также распространение и генерирование ЭМП и их воздействие на человека и окружающую среду [10].

### Выводы

1. Стимулирующий эффект предпосевной обработки микроволновым электромагнитным полем и электромагнитным полем высокой частоты может быть объяснен механическим улучшением гидравлических характеристик капилляров клеточных стенок.

2. Рост температуры в живой клетке в случае МВ-нагрева ведет к росту давления. Из объема клетки через поры в таком случае будет выталкиваться избыточная масса вещества с высокой скоростью, приводя к повреждению мембраны.

3. Существуют оптимальные режимы микроволновой обработки, обеспечивающие биостимуляцию семян за счет улучшения транспортных характеристик без повреждения клеточных структур.

4. Особое значение имеет выбор параметров процесса с учетом того, что зерно и

## АЛЕКСЕНКО А.А.

семена являются биологически активными объектами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров, И.Ю. Стимуляция процессов жизнедеятельности в растениях микроволновым излучением [Текст] / И.Ю. Петров, Э.В. Морозова, Т.В. Моисеева. – М., 1991. – Ч. 2. – С. 502-504.
2. Касьянов, Г. И. Перспективы использования ЭМП НЧ в экстракционных технологиях [Электронный ресурс] / Г.И. Касьянов. – Режим доступа: <http://krkgi.ru/glav/co2tech/extraction.htm>. – Загл. с экрана.
3. Бецкий, О. В. Миллиметровые волны и живые системы [Текст] / О.В. Бецкий, В.В. Кислов, Н.Н. Лебедева. – М.: Сайнс-пресс, 2004. – 272 с.
4. Биогенный магнетит и магнитотрецепция. Новое о биомagnetизме: В 2-х т. Т. 1: Пер. с англ. [Текст] / Под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б.Мак-Фаддена. – М.: Мир, 1989. – 353 с.
5. Шестопалова, Н.Г. Модификация синхронизирующего первые митозы эффекта радиоволн ММ-диапазона разными температурными режимами проращивания облученных семян [Текст] / Н.Г. Шестопалова, Б.И. Макаренко, Л.Н. Головина, Ю.П. Тимошенко, Т.И. Баева, Л.В. Винокурова, В.С. Мирошниченко // Сб. докладов 10 Российского симпозиума. – М., 1995. – С. 236.

6. Поморцева, Т.И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции [Текст] / Т.И. Поморцева. – М., 2001.

7. Биогенный магнетит и магнитотрецепция. Новое о биомagnetизме: В 2-х т. Т. 2: Пер. с англ. [Текст] / Под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б.Мак-Фаддена. – М.: Мир, 1989. – 525 с.

8. Отурина, И.П. Воздействие электромагнитных излучений КВЧ на процессы жизнедеятельности культурных растений [Текст] / И.П. Отурина, М.Н. Чмилль // Сб. докладов 11 Российского симпозиума. – М., 1997. – С. 222-223.

9. Аникин, В.В. Обследование состояния энтомофауны в зоне влияния ЛЭП-500 [Текст] / В. В. Аникин, Г.В. Шляхтин и др. // Электромагнитная безопасность. Проблемы и пути решения: материалы научно-практической конференции. – Саратов: Изд-во СГУ, 2000. – С. 3-6.

10. Алексенко, А.А. Экологически чистые волновые электротехнологии в сельском хозяйстве [Текст] / А. А. Алексенко // Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Рубцовск: РИИ (филиал) АлтГТУ, 2011. – 4 с.

*Алексенко А.А., аспирант, кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий», АлтГТУ им. И.И. Ползунова, тел.: 8(38557) 4-30-95, E-mail: [alyona-aleksandrovna@mail.ru](mailto:alyona-aleksandrovna@mail.ru)*