

УДК 537.86.029

КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВ

О.В. Никишина¹, Г.А. Морозов²

¹ Государственное автономное образовательное учреждение «Лицей Иннополис»
Российская Федерация, 420500, г. Иннополис, Квантовый бульвар, 1

² Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ
Российская Федерация, 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Аннотация. В статье представлен обзор применения микроволновых технологий в области земледелия для рекультивации почв. Предложена оптимальная частота воздействия на среду. Показано воздействие СВЧ-диапазона на биологические объекты и воздействие КВЧ-диапазона на живые системы. Рассмотрены комбинированные методы воздействия на почву.

Ключевые слова: микроволновые технологии, рекультивация почвы, СВЧ-диапазон, КВЧ-диапазон, комбинированные микроволновые технологии, азотфиксирующие бактерии, сельское хозяйство, инактивация организмов, обеззараживание, стимуляция.

Введение

Техногенная нагрузка на почву, интенсивность которой имеет тенденцию к возрастанию, оказывает негативное влияние на функционирование агроэкосистем. Одним из ведущих факторов, ухудшающих агроэкологические свойства почв, является их загрязнение различными ксенобиотиками. Интенсификация сельскохозяйственного производства предполагает широкое применение пестицидов, что увеличивает опасность загрязнения продуктов растениеводства [1]. Отказ от применения минеральных удобрений и переход к биологизации и использованию микроорганизмов в земледелии становится все более перспективным направлением в последние годы. В результате многочисленных экспериментов с микроорганизмами было установлено, что живые объекты обладают повышенной чувствительностью к воздействию слабых электромагнитных полей в миллиметровом диапазоне длин волн [2].

Методы исследований

Использование способности электромагнитного поля (ЭМП) диапазона от 300 МГц до 300 ГГц изменять физические свойства веществ или влиять на жизненные функции биологических объектов получило название микроволновых технологий (МВТ). Основными достоинствами технологических процессов, реализующих МВТ, по сравнению с традиционными, являются: экологическая чистота, значительное сокращение времени получения конечного продукта, сокращение энергетических и экономических затрат.

В настоящее время, использование микроволновых технологий в промышленности и сельском хозяйстве рассматривается как одно из наиболее перспективных. Это определяется, по крайней мере, двумя обстоятельствами. Во-первых, это особенности нагрева материалов ЭМП сверхвысоких частот [3]:

- нагрев обусловлен выделением тепла в объеме обрабатываемого материала под действием ЭМП;
- имеются широкие возможности управления нагревом, как путем изменения частоты колебаний, так и за счет управления возбуждением рабочих камер;

- возможность селективного воздействия на неоднородные материалы, а именно более интенсивного нагрева частей с большим удельным поглощением;
- нагрев является практически безынерционным, так как выделение тепла прекращается немедленно с прекращением электромагнитного воздействия.

Во-вторых, воздействие ЭМП приводит в ряде случаев к результатам, неэквивалентным нагреву объекта до той же температуры традиционными средствами. В особенности это относится к биологическим объектам. Воздействие ЭМП сопровождается широким спектром эффектов в зависимости от диапазона частот, интенсивности, длительности воздействия и параметров модуляции. При высокой интенсивности ЭМП, как правило, наблюдаются эффекты угнетения, вплоть до гибели биологических объектов. При умеренных и низких интенсивностях в ряде случаев наблюдаются эффекты стимулирующего характера, приводящие к ускорению развития, повышению иммунных функций организмов и др. Преимущественно, сказанное относится к воздействию ЭМП миллиметрового диапазона длин волн на широкий круг биологических объектов – от растений и микроорганизмов до высших животных и человека.

Основные направления использования ЭМП СВЧ- и КВЧ-диапазонов целесообразно классифицировать по признакам, связанным с длительностью и интенсивностью воздействия. К первой группе следует отнести различные варианты сушки организмов. Для этих процессов характерны высокая интенсивность ЭМП и продолжительность воздействия, приводящие к существенному нагреву обрабатываемого материала и теплообмену с окружающей средой. Для ряда из них характерно также изменение фазового состояния обрабатываемых веществ, сопровождающееся существенным изменением электрических и теплофизических параметров материала. Наконец, в процессах микроволновой сушки различных материалов происходят не только изменения электрофизических параметров, но и массы обрабатываемого материала по мере потери влаги [4].

Применение МВТ, представляющих наибольший интерес, относится к микроволновой обработке в открытом пространстве. Примерами могут служить обеззараживание тепличных грунтов, уничтожение семян сорной растительности, уничтожение грибов в деревянных конструкциях, размораживание грунтов при вскрышных работах. Основное преимущество обработки почвы – подавление жизнедеятельности семян сорняков, находящихся в слое заделки семян культурных растений. Этому направлению борьбы с сорняками придаётся большое значение. Сущность метода заключается в облучении поверхности почвы потоком электромагнитных волн СВЧ – диапазона в предпосевной период. Эффективность данного метода не вызывает сомнения у большинства исследователей. Концентрируя энергию непосредственно в объёме почвы по следу излучателя и преобразуя её в тепло (за счёт диэлектрических потерь), можно за короткий промежуток времени (несколько секунд) прогреть почву до температуры 338 – 343К, необходимой для достижения угнетения роста семян нежелательной растительности. Впервые в полевых условиях установлена принципиальная возможность уничтожения семян сорняков и их проростков. В ряде опытов при уничтожении сорняков отмечено повышение урожайности возделываемых культур от 30 до 65% по сравнению с ручной прополкой и применением химических средств. Прибавку урожая объясняют отрицательным действием СВЧ-облучения на развитие в почве нематод (количество которых уменьшается по сравнению с ручной прополкой почти в 6 раз), фитопатогенных грибов, личинок насекомых [4].

Важным является определение влияния СВЧ – поля на полезную микрофлору почвы и её химический состав. Исследования показали, что почвенные грибки, азотфиксирующие и нитрифицирующие бактерии рода *Azotobacter* устойчивы к СВЧ полю. СВЧ – облучение вначале задерживает активность полезных бактерий, а уже на 7 – 10 день после обработки на глубине до 10см их численность не только восстанавливалась, но и увеличивалась. Следовательно, обработка почвы СВЧ – излучением может быть использована для борьбы с

сорняками, бактериальной и грибковой микрофлорами без ущерба для почвенных микроорганизмов и почвы [5]. Данный вид воздействия относят к высокоинтенсивным микроволновым технологиям.

Другую большую группу включают приложения, составляющие класс низкоинтенсивных микроволновых технологий. Для этих процессов характерны весьма низкие уровни интенсивности электромагнитных воздействий, не приводящие к существенному нагреву обрабатываемых материалов. Примерами такого рода могут служить различные варианты использования стимулирующих эффектов воздействия ЭМП КВЧ-диапазона на биологические объекты. Кроме того, к этому классу можно отнести процессы кратковременной микроволновой обработки ЭМП умеренной и даже, в ряде случаев, высокой интенсивности. Общим для процессов этого класса является то, что процессы теплопередачи и теплообмена с окружающей средой здесь уже не играют существенной роли, а электрофизические параметры в процессе обработки практически остаются постоянными. Таким образом, при анализе процессов этого класса нет необходимости совместного рассмотрения электродинамических и теплофизических процессов. Важным следствием является еще и то, что для осуществления низкоинтенсивного технологического процесса необходимо создавать однородные в объеме материала ЭМП [6]. Это обстоятельство, с одной стороны, значительно облегчает анализ и последующую оптимизацию процессов в рабочих камерах установок по сравнению с аналогичными задачами для высокоинтенсивных технологий. С другой стороны, явление теплопередачи при длительном воздействии ЭМП способствует выравниванию распределений тепловых полей, что несколько облегчает задачу проектировщика. При кратковременных воздействиях наличие областей с недостаточной или чрезмерной интенсивностью поля означает, что в указанных частях материала электромагнитное воздействие либо не даст желаемого эффекта, либо приведет к ухудшению свойств. Таким образом, для низкоинтенсивных микроволновых технологий характерны достаточно жесткие требования к степени однородности используемых электромагнитных полей [4]. Установлено, что существуют резонансные частоты, на которых живые организмы взаимодействуют с низкоинтенсивными ЭМП КВЧ-диапазона, причем, это взаимодействие наиболее эффективно при очень низких уровнях мощности (порядка 10 мВт/см и менее). Было высказано предположение, что низкоинтенсивные ЭМП КВЧ-диапазона воздействуют на проницаемость мембран клеток, ускоряя метаболизм. Благодаря изменению мощности и времени воздействия ЭМП на биологические объекты, появилась возможность управления их жизнедеятельностью на клеточном уровне. Поскольку подобные уровни мощности не оказывают теплового воздействия на биологические системы (нагрев менее 0,1 °C), то и механизм биологической активности будет не энергетическим, а информационным (энтропийным). В этом случае говорят [7] об управляющем или информационном воздействии ЭМП.

Одной из перспективных областей приложения методов микроволновой обработки почв является стимуляция различных микроорганизмов. Воздействия данных частот можно рекомендовать для активации почвенных бактерий, таких как симбиотические клубеньковые бактерии и несимбиотические азотфиксаторы, оказывающих благотворное влияние на почву, рост и урожайность растений, биосинтез биологически активных веществ, стимуляцию ризосферных микробов, продуцирующих фитопатогенные ингибиторы, и повышение биологической азотфиксации [8].

Микроволновые технологические процессы (МВТП), для которых придание заданных свойств обрабатываемому объекту достигается путем воздействия на них только ЭМП СВЧ- и КВЧ-диапазонов, будем называть унитарным. МВТП, для которых придание заданных свойств обрабатываемому объекту достигается путем воздействия на них как ЭМП, так и других физических факторов, называют комбинированным. Для них характерно совместное использование воздействий ЭМП и других физических факторов, например, конвективного нагрева, ИК - нагрева, пониженного давления и др. В ряде технологических процессов

именно совместное использование нескольких физических воздействий позволяет производить обработку наиболее эффективным образом, обеспечивая тем самым наилучшие технико-экономические показатели процесса обработки почв [9-10].

Выводы

Рассмотрены методы воздействия микроволновых технологий на почву. Показано их воздействие на биологические системы и возможное применение их в сельском хозяйстве для обработки почв. Необходимы более детальные научно-исследовательские работы, направленные на изучение режима микроволновой обработки, исходя из параметров исходного продукта, требуемого качества обработки и затрат электромагнитной энергии, определение требований к параметрам, характеризующим допустимую неоднородность электромагнитного поля в объеме обрабатываемого материала. В зависимости от конкретной задачи в их число входят: длительность воздействия, интенсивность поля, температура нагрева и др. Соответственно обработка ЭМП СВЧ-диапазона должна обеспечить нагрев до определенной температуры, причем недостаточная его величина не обеспечивает требуемого качества, а избыточная – ведет к утрате некоторых свойств обрабатываемого материала. Обработка 2-го типа наиболее соответствует использованию специфических стимулирующих эффектов воздействия ЭМП КВЧ-диапазона на биологические объекты, а также, с некоторыми оговорками, задачам инактивации микроорганизмов при СВЧ-воздействии. При этом за исключением частоты колебаний и времени обработки все параметры электромагнитного воздействия существенно зависят от размеров, формы рабочей камеры, ее загрузки, электрофизических параметров материала и свойств устройств, возбуждающих ЭМП. Рекомендовано более детальное изучение применения комбинированных методов ЭМП для сельского хозяйства.

Список литературы

1. Логинов, О.Н. Новые микробиологические препараты для сельского хозяйства и восстановления окружающей среды: специальность 03.00.23 «Биотехнология»: диссертация на соискание степени доктора биологических наук / О.Н. Логинов; Институт биологии Уфимского научного центра РАН. - Уфа, 2004. - 296 с.
2. Абдуллаева, А.З. Биологические эффекты низкоинтенсивных электромагнитных излучений КВЧ диапазона / А.З. Абдуллаева, Г.А. Морозов // Прикладная электродинамика, фотоника и живые системы. Дополнительные материалы: в сб. Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Казань: КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, 2015. - С. 12-13.
3. Бородин, И. Ф. Применение СВЧ-энергии в сельском хозяйстве / И.Ф. Бородин, Г.А. Шарков, А.Д. Гарин - М.: ВНИИТЭИагропром, 1987. - 56 с.
4. Морозов, Г. А. Низкоинтенсивные микроволновые технологии. Методы и аппаратура / Г.А. Морозов, О. Г. Морозов, Ю. Е. Седельников и др. – М.: Радио и связь, 2003 – 128 с.
5. Полевик, Н.Д. Методы и средства борьбы с сорной растительностью с использованием импульсных СВЧ-излучений: специальность 05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /Н.Д. Полевик. – Челябинск, 2007. – 344 с. – Место защиты: Челяб. гос. агроинженер. ун-т.
6. Каданер, Я. Д. Применение микроволнового нагрева в кулинарии (обзор). - М.: НИИОП, 1969. - Вып.2. - 54 с.

7. Бецкой, О. В. Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии/ О.В. Бецкой, Н.Д. Девятков, В.В. Кислов // Биомедицинская радиоэлектроника. -1998. - №4.- С.13-19.
8. Hajnal-Jafari T., Latković D., Durić S., Mrkovački N., Najdenovska O. The use of Azotobacter in organic maize production // Research Journal of Agricultural Science. - 2012. - 44 (2). - P. 28–32.
9. Jangue's Thuery. Microwaves: Industrial, Scientific and Medical Applications / Edited by Edward H. Grant. - Artech House, Boston. London, 1992.
10. Рогов, И. А., Некрутман С. В. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов. - М.: Агропромиздат, 1986. - 351 с.

COMBINED SOIL TREATMENT METHODS

O.V. Nikishina¹, G.A. Morozov²

¹State Autonomous Educational Institution "Lyceum Innopolis"
1, Quantum boulevard, Innopolis, 420500, Russian Federation

²Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev
10, st. K. Marx, Kazan, 420111, Russian Federation

Annotation. The article presents an overview of the use of microwave technologies in the field of agriculture for soil reclamation. The optimal frequency of impact on the environment is proposed. The impact of the microwave range on biological objects and the impact of the EHF range on living systems are shown. The combined methods of impact on the soil are considered.

Key words: microwave technologies, soil reclamation, microwave range, EHF range, combined microwave technologies, nitrogen-fixing bacteria, agriculture, inactivation of organisms, disinfection, stimulation.

Дата отправки статьи в редакцию 23.06.2022 г.