

УДК 633.11:631.811.98

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ПОЛЯ И ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ЗАРОДЫШЕЙ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

Соболева О.М., к.б.н., доцент, ФГБОУ ВПО «КемГСХИ»
Кондратенко Е.П., д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВПО «КемГСХИ»
Егорова И.В., аспирант, ТОО «КазИнКонсалт», Казахстан

Аннотация. В статье рассмотрен синергетический эффект, имеющий место при совместном влиянии электромагнитного поля сверхвысокой частоты и повышенной влажности семян пшеницы. Показано, что при оптимальных режимах обработки удается существенно повысить показатели жизнеспособности зародышей семени, а при чрезмерных нагрузках эти параметры ухудшаются.

Ключевые слова: электромагнитное поле, СВЧ, энергия прорастания, всхожесть, влажность семян, пшеница, синергизм.

Влияние электромагнитного поля (ЭМП) на объект выражается, в основном, в воздействии электромагнитных волн на дипольные молекулы воды. Поэтому можно предположить, что зерно различной влажности будет неодинаково реагировать на электромагнитную обработку. Поиск благоприятных режимов предпосевной обработки до сих пор актуален (Соболева и др., 2014), несмотря на довольно внушительную историю изучения эффектов ЭМП на растительные объекты.

Объектом исследований служили 6 районированных сортов яровой мягкой пшеницы разных групп спелости, выращиваемых на сортоспытательном участке Акмолинской области Республики Казахстан. К раннеспелой группе относится сорт Целина 50, к среднеспелой – сорта Астана, Акмола 2, Целинная 3С, к среднепоздней группе – сорта Карабалыкская 90, Целинная Юбилейная. В статье приведены усредненные показатели по всем шести сортам.

Обработка семян пшеницы электромагнитным полем сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) перед прорашиванием проводилась на установке Panasonic NN-SM330WZPE мощностью 1,2 кВт и частотой 2,45 ГГц. Опытные варианты подвергались воздействию ЭМП СВЧ в течение 5, 10 и 15 сек.; контрольный вариант не обрабатывался. Перед обработкой ЭМП СВЧ определялась влажность семян. Были сформированы две партии – сухого зерна (влажность 14%) и предварительно увлажненного (влажность 18%). После СВЧ-обработки семена закладывали в чашки Петри в четырехкратной повторности, помещали в термостат при оптимальной температуре 24-26°C для набухания и прорастания. Определение энергии прорастания проводилось на 3-й день, всхожести – на 7-й день.

В среднем количество проросших семян пшеницы после увлажнения и последующей 5, 10 и 15-ти секундной обработки представлено в таблицах 1 и 2.

Установлено, что спустя трое суток энергия прорастания сухих семян в опыте с экспозицией ЭМП СВЧ 5 сек. превышала контрольные значения на 4,28%, а увлажненных – на 5,5%, тогда как экспозиция 10 сек. снижала энергию прорастания сухих на 33,4%, а предварительно увлажненных семян на 24%,

экспозиция 15 сек. приводила к дальнейшему сокращению появления проросших сухих семян на 58,9%, а увлажненных на 65,3% (табл. 1).

Таблица 1.
Зависимость энергии прорастания (%) сухих семян пшеницы и предварительно увлажненных до 18% от времени обработки ЭМП СВЧ

Экспозиция, сек.	Энергия прорастания	
	сухих	увлажненных
5	94,9	97,6
10	60,6	70,2
15	37,4	32,1
контроль	91,0	92,5

Из таблицы 2 видно, что всхожесть сухих и предварительно увлажненных семян в зависимости от экспозиции изменялась от 41,2% до 95,3% и от 39,7% до 97,6% соответственно. Представляет интерес обработка ЭМП СВЧ предварительно увлажненных семян до 18%. В среднем по сортам всхожесть увеличивается с экспозицией обработки 5 и 10 сек. с 95,3% до 97,6% и с 65,1% до 73,2% соответственно. Установлено, что всхожесть предварительно увлажненных семян с экспозицией ЭМП СВЧ 15 сек. снижается с 41,2% (сухие) до 39,7% (увлажненные). В среднем величина эффекта воздействия ЭМП СВЧ с экспозицией 5 сек. по сравнению с контролем достигала у сухих семян 3,6%, предварительно увлажненных до 18% – 4,3%. Обнаружено, что эффективность процесса определяется не только временем воздействия на семена, но и предварительным увлажнением. Обработка ЭМП СВЧ увлажненных семян, возможно, ускоряет процесс обводнения семени, при этом происходит активация ферментов в зародыше и это приводит к увеличению всхожести.

Таблица 2.
Зависимость всхожести (%) сухих семян пшеницы и предварительно увлажненных до 18% от времени обработки ЭМП СВЧ

Экспозиция, сек.	Всхожесть	
	сухих	увлажненных
5	95,3	97,6
10	65,1	73,2
15	41,2	39,7
контроль	91,7	93,3

Отмечено, что воздействие ЭМП на семена пшеницы влажностью 18% в течение 5 сек. приводило к увеличению энергии прорастания по сравнению с необработанным зерном. Максимальная энергия роста была у сортов Целина 50 (99%) и Целинная Юбилейная (97,75%), остальные сорта показывают примерно одинаковый уровень дружности всходов – в среднем, 97%. Разница с контролем колеблется от 3,13% у сорта Целина 50 до 6,3% у сорта Астана.

Увеличение экспозиции до 10 сек. привело к снижению энергии прорастания, но сорта прореагировали на это воздействие с разной степенью интенсивности: наиболее резко уменьшилась энергия прорастания у сортов Астана и

Акмола 2 (в среднем, на 35%), наименьшая разница между экспозицией 5 и 10 сек. зафиксирована у сортов Карабалыкская 90 и Целина 50 (в среднем, составила 13%).

Увеличение продолжительности воздействия ЭМП до 15 сек. привело к еще более значительному уменьшению энергии прорастания. Минимальные значения изучаемого признака зафиксированы у сортов Акмола 2 и Целинная 3С (27,75%), максимальные – у Целинной Юбилейной (68,5%).

Предварительное увлажнение зерна до 18% перед обработкой ЭМП СВЧ привело, в целом, к более высоким значениям энергии прорастания, по сравнению с сухим зерном. Причина этого эффекта заключается в том, что вода, как полярный диэлектрик, обладает диэлектрической проницаемостью, обусловленной поляризацией двух типов – электронным смещением (без потерь) и ориентацией диполей (связанной с поглощением подводимой энергии). Каждый полярный диэлектрик имеет свою резонансную частоту, которая соответствует возникновению аномальной дисперсии, сопровождающейся сильным поглощением электрической энергии. В диапазоне частот 106-1010 Гц неполярные диэлектрики, например сухое зерно, ведут себя как прозрачная среда, т.е. не поглощают электрическую энергию. Таким образом, семена быстро впитывают воду и при помещении их в электромагнитное поле они поглощают основную часть энергии. Температура семян при этом повышается незначительно. При этом и контрольный вариант семян с влажностью 18% незначительно превышает данные контрольного варианта с влажностью 14%. Однако более существенная разница энергии прорастания между семенами разной влажности отмечается при СВЧ-обработке, что подтверждается литературными источниками (Тургунбаев, 2006; Вендин, 2013).

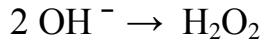
Анализ полученных данных позволяет утверждать, что на величину энергии прорастания и всхожести посевного материала однозначно влияет увлажнение в сторону увеличения значений, а вот продолжительность ЭМП воздействия оказывает более сложное влияние. При этом налицо сортовые особенности. Из сортов пшеницы выделяются два сорта: Целина 50 и Целинная Юбилейная, показавшие наибольшие всхожесть и энергию прорастания, как сухого, так и увлажненного зерна, при облучении в течение 5 сек.

Таким образом, при использовании семян на самых ранних стадиях обводнения действие ЭМП СВЧ уже не ограничивается влиянием на эндосперм, зародыш и связанную воду, а распространяется и на поступающую свободную воду. Различия сухих и увлажненных семян определяются присутствием в последних структурированной воды. Мишенью действия ЭМП в воздушно-сухих семенах, по мнению Л.М. Апашевой и др. (2006), выступают эндосперм, покоящийся зародыш и связанная вода, тогда как в увлажненных семенах воздействию ЭМП подвержены эндосперм, все еще покоящийся зародыш и вода, представленная в качественно ином состоянии. По нашему мнению, существенное различие, определяющее судьбу зародыша на начальных стадиях увлажнения, – это увеличивающаяся доля свободной воды.

В работе Б.Ю. Шорнинг с соавт. (2000) высказано предположение, что действие ЭМП на воду, контактирующую с кислородом, приводит к появлению

в ней перекиси водорода в результате образования по реакции гидратированного электрона.

Образование пероксида водорода в воде может быть обусловлено протеканием в ней реакции (Кудряшова, 1998):



Генерация пероксида водорода в воде при действии ЭМП была подтверждена Л.М. Апашевой (2006).

Известно, что перекиси и ионы кислорода являются активными формами кислорода. Они постоянно образуются в живой клетке как продукты нормального метаболизма кислорода, а также под действием ионизирующего излучения, электромагнитных полей и других факторов. Нормальные функции АФК заключаются в индукции иммунной системы и мобилизации систем ионного транспорта. Они способны регулировать рост и развитие растений, могут быть использованы клеткой при реализации программируемой клеточной смерти (H_2O_2 усиливает СН-индуцированный ..., 2006).

Таким образом, в условиях ЭМП СВЧ с экспозицией 5 сек. семена разных сортов пшеницы активно вовлекаются в адаптацию. ЭМП способно изменять проницаемость биологических мембран и активность некоторых ферментов. При этом незначительное варьирование параметров электромагнитного воздействия может привести к изменению не только интенсивности ответной реакции биологической системы и механизмов ее протекания, но и к ее инверсии (Бурлакова и др., 2004).

Список литературы

1. Апашева, Л.М. Влияние флюктуирующего электромагнитного поля на ранние стадии развития растений / Л.М. Апашева, А.В. Лобанов, Г.Г. Косимаров // Докл. РАН. – 2006. – Т. 406, №1. – С. 108-110.
2. Бурлакова Е.Б. Сверхслабые воздействия химических соединений и физических факторов на биологические системы / Е.Б. Бурлакова, А.А. Кондратов, Е.Л. Мальцева // Биофизика. – 2004. – Т. 49. – Вып. 3. – С. 551-564.
3. Вендин С.В. К решению задачи взаимодействия электромагнитной волны с многослойным сферическим диэлектрическим объектом // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород. – 2013. – №5. – С. 216-220.
4. Кудряшова В.А. Особенности взаимодействия КВЧ-излучения с водой и водными растворами / В.А. Кудряшова, В.А. Завизон, О.В. Бецкий // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1998. – №2. – С. 23-29.
5. Необходимость образования супероксида для развития этиолированных проростков пшеницы / Б.Ю. Шорнинг, Е.Г. Смирнова, Л.С. Ягужинский [и др.] // Биохимия. – 2000. – Т. 65. – № 12. – С. 1612-1617.
6. Соболева О.М. Поиск оптимального режима биофизического предпосевного воздействия на зерно / О.М. Соболева, Е.П. Кондратенко, И.В. Егорова // Энерго- и ресурсоэффективные технологии производства и хранение сельскохозяйственной продукции: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Молодых ученых, аспирантов и студентов. – Харьков, 2014. – С. 165-167.

7. Тургунбаев А. Исследование взаимодействия СВЧ-волны с влажным зерном / Ташкентский гос. техн. ун-т им. Беруни // Датчики и системы. – 2006. – С. 43-45.

8. H_2O_2 усиливает SN-индуцированный апоптоз в листьях гороха / В.Д. Са-муилов, Д.Б. Киселевский, С.В. Синицын [и др.] // Биохимия. – 2006. – Т. 71. – № 4. – С. 481-492.