

УДК 537.811.57

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ****Шашков Д.И., Алаа Хаммуд, Жиргулевич Д.К., Ильченко Г.П.***ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», Краснодар, e-mail: lis-mj23@mail.ru*

Проведены исследования влияния низкочастотного электромагнитного поля на живые системы. Показана взаимосвязь резонансной частоты ЭМП и энергии прорастания и всхожести семян. Показано, что воздействие ЭМП КНЧ на семена пшеницы с частотами, определенными по методике исследования резонансных частот биологических объектов, позволяет повысить их энергию прорастания и всхожесть.

Ключевые слова: ЭМП КНЧ, энергия прорастания, всхожесть**THE INFLUENCE LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS
ON LIVING SYSTEM****Shashkov D.I., Alaa Hammoud, Zhirgulevich D.K., Pchenko G.P.***Ministry of Education and Science of Russia, Kuban State University, Krasnodar, e-mail: lis-mj23@mail.ru*

We have done the investigations of the influence of low-frequency electromagnetic fields on living systems. The relationship of the resonance frequency of the electromagnetic field and germinating power and germination of seeds was shown. It is shown that impact of a low-frequency electromagnetic field on wheat seeds with the frequencies determined by a technique of research of resonant frequencies of biological objects allow to increase their germinating power and germination.

Keywords: low-frequency electromagnetic field, germinating power, germination

В последние годы в научной литературе все чаще появляются работы, свидетельствующие об эффектах воздействия магнитного и электрического полей низкочастотного диапазона на протекание процессов в биологических объектах. Магнитные и электрические поля низких частот с точки зрения классической физики малы для того, чтобы значительно повлиять на состояние живых систем, однако, практика опровергает это утверждение. Поэтому, все чаще при объяснении этих явлений привлекаются такие разделы математики и физики, как теория информации, теория вероятностей, квантовая механика и т.п. В настоящее время накопилось достаточно большое количество достоверных экспериментальных данных о нетепловых эффектах электромагнитных полей, о чрезвычайно высокой чувствительности к электромагнитным полям (в том числе слабым) живых организмов самых различных классов – от одноклеточных до человека [3]. Биологические исследования показали, что самые различные организмы чувствительны к постоянному магнитному полю и ЭМП различных частот, с энергией на десятки порядков ниже теоретически оцененной [4].

К сегодняшнему дню все большую актуальность приобретает вопрос о механизмах и результатах воздействия ЭМП на различные биологические объекты. К настоящему моменту проведены исследования на множестве различных биообъектов как животного, так и растительного мира [8]. Но наиболее до-

стоверные результаты могут быть достигнуты при изучении воздействия на простейшие формы организмов, а также на клеточные и субклеточные формирования. Множество исследований проведено по изучению эффектов нетеплового воздействия ЭМП на растительные объекты, среди которых присутствуют семена и корнеплоды различных сельскохозяйственных культур, в частности, семена пшеницы и сахарной свеклы, ее диффузионный и клеточный сок [7].

При рассмотрении вероятных механизмов воздействия ЭМП на биологические системы исходят из того, что одними из наиболее чувствительных к внешним воздействиям процессов являются переходы различных белков, в частности периферических, из связанного на мембранах состояния в водную среду [9]. Подобные однонаправленные процессы происходят на определенных стадиях выхода семян из состояния покоя. Такие переходы белков из-за роста числа степеней свободы для белковых групп в водной среде и соответственно энтропии системы должны быть связаны с малым изменением свободной энергии. Они могут быть вызваны чувствительными к влиянию ЭМП локальными изменениями рН или ионной силы, или концентрации ионов Ca^{2+} , причем данные моделирования показывают, что эффекты ЭМП в области низких частот (от 0,1 до 10^2 Гц) могут быть существенно усилены за счет нелинейных процессов в примембранном слое [5, 10].

Одной из возможных причин неадекватного ответа биологических объектов на действие слабого ЭМП низких частот может быть наличие собственных колебаний проводимости в воде, лежащих в этом диапазоне. Большинство биополимеров функционируют в водной среде, взаимодействие составляющих их мономеров определяет пространственную конфигурацию макромолекул. В связи с этим эффекты изменения структуры воды вблизи молекул растворенных веществ существенным образом должны отражаться на конфигурации макромолекул, в процессах активного транспорта крупных молекул через мембрану посредством пермеаз, а также пассивного транспорта ионов через мембрану [1, 6].

Поскольку предыдущие исследования показали возможность применения ЭМП КНЧ для увеличения энергии прорастания и всхожести семян различных сортов и культур, актуальным представляется изучение возможности применения ЭМП КНЧ для увеличения всхожести современных сортов пшеницы.

Материалы и методы исследования

Методика исследования воздействия электромагнитного поля на всхожесть семян пшеницы

В исследованиях использовали семена пшеницы сорта Крассар, предоставленные Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. В качестве измеряемых параметров использовали энергию прорастания и всхожесть семян. Отбор образцов осуществляли согласно ГОСТ 12036-85, выбирали семена, у которых отсутствовали механические повреждения, а размеры семян лежали в пределах 1,4 – 1,6 см. Отбраковывали семена, обладающие аномальной окраской, покрытые плесенью, с поврежденными семядолями, семена без зародыша, проросшие семена.

Определение энергии прорастания и всхожести семян пшеницы производили по ГОСТ 12038-84. Для экспериментов отбирали две пробы по 50 семян в каждом опыте.

Семена пшеницы проращивали в чашках Петри. Семена раскладывали на двух слоях увлажненной фильтровальной бумаги. Во всех опытах для увлажнения бумаги использовалась дистиллированная вода. Емкости с семенами помещали в термостат и содержали при постоянной температуре 25 °С (± 2 °С), с постоянной вентиляцией. Каждый день крышки чашек Петри приподнимали для вентиляции. Энергию прорастания семян пшеницы определяли на 3 сутки, а всхожесть на 7 сутки.

При этом день закладки семян на проращивание и день подсчета энергии прорастания или всхожести считаются за одни сутки. При учете энергии прорастания подсчитывали только нормально проросшие и загнившие семена, а при учете всхожести отдельно подсчитывали нормально проросшие, набухшее, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена. К числу нормально проросших семян относили семена, имеющие хорошо развитые и имеющие

здоровый вид корешки размером более длины семени и сформировавшийся росток, а также семена с небольшими поверхностными повреждениями органов проростков, которые не затрагивали проводящие ткани. К не проросшим семенам относили набухшие семена, которые к моменту учета всхожести не проросли, но имели здоровый вид, а также твердые семена, которые к установленному сроку не набухли и не изменили внешнего вида. Загнившие семена и семена с сильно поврежденными проростками относили к невсхожим.

Всхожесть и энергию прорастания семян вычисляли в процентах. При этом за результирующее значение принимали среднее арифметическое значение, полученное после определения исследуемых параметров в каждой опытной партии. Среднее арифметическое значение числа проросших, не проросших и невсхожих семян вычисляли до десятых долей процента, а затем результат округляли до целого числа.

Энергию прорастания и всхожесть семян определяли по формулам:

$$E = \frac{N_1}{N_0} 100\%, \quad (1)$$

$$V = \frac{N_1}{N_0} 100\% \quad (2)$$

где E – энергия прорастания, V – всхожесть, N_0 – общее число семян в пробе, N_1 – число проросших семян.

Результат воздействия ЭМП КНЧ оценивали в % по отношению к контролю.

Обработку исследуемых биологических объектов ЭМП производили в заземленной камере, которая была изготовлена из конструкционной стали толщиной 3 мм. Время, в течение которого проводили воздействие ЭМП на исследуемый объект, составляло 3 минуты.

Экстракты из семян пшеницы использовали для определения резонансных частот, для наиболее эффективного воздействия на всхожесть семян.

Для приготовления экстрактов из семян их взвешивали и использовали пробы по 7 г, используя метод [5].

Методика определения резонансных частот исследуемых систем

Для исследований экстракт из семян помещали в электроизмерительную ячейку с электродами, покрытыми платиновой чернью. Ячейку подключали к импедансметру [19]. Одновременно производили постоянный контроль температуры исследуемых экстрактов с помощью электронного термометра с точностью до 0,1 °С. Определения резонансных частот исследуемых систем проводили с помощью импедансметра ВМ 507.

На биологические жидкости оказывалось одновременное воздействие магнитным полем крайне низкочастотного диапазона (3 – 30 Гц) или сверхнизкочастотного диапазона (30 – 300 Гц) с напряженностью поля 1 – 150 А/м и переменным электрическим полем с частотой 1-100 Гц и напряженностью 0,05 – 50 мВ/м. При этом исследовали количество изменений в единицу времени сдвига фазы между напряжением, приложенным к ячейке и током, протекающим через нее.

Описанное воздействие на исследуемые объекты приводит к резонансному поглощению объектом электромагнитного поля, приводящему к изменениям физико-химических параметров биологических жидкостей

и систем, которые характеризуются тем, что в зависимости от частоты магнитного поля в исследуемой системе наблюдается изменение характера сдвига фаз.

В случае резонансного поглощения электромагнитного поля макромолекулами белков и другими органическими соединениями, происходит перераспределение температурных колебаний этих молекул, что вызывает мгновенное изменение распределения зарядов и изменение конформации макромолекул белков. Это приводит к изменению электрофизических свойств исследуемого раствора, что в свою очередь регистрируется как мгновенное изменение сдвига фазы между напряжением и слабым током, протекающим через ячейку. В результате, при определенных частотах магнитного поля наблюдали скачкообразный сдвиг фазы между током и напряжением. Поэтому проводили определение количества скачков фазы между током и напряжением за единицу времени, то есть – частоты изменения сдвига фазы. За временной отрезок, в течение которого учитывалось изменение сдвига фазы, были приняты 30 сек.

Электромагнитное поле создавалось с помощью катушки индуктивностью $L = 0,1$ Гн расположенной так, что силовые линии магнитного поля были перпендикулярны силовым линиям электрического поля создаваемого электродами ячейки. Ячейку с исследуемым раствором и катушку помещали в заземленную камеру для устранения радиопомех. Напряжение, приложенное к ячейке, не превышало 70 мВ. Частоту ЭМП изменяли с шагом в 1 Гц. После каждого изменения частоты ЭМП систему в течение 30 сек. подвергали релаксации.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты по изменению фазы между током и напряжением были проверены с помощью другой аппаратной базы. Для этого вместо импедансметра использовали селективный усилитель У2-8 и милливольтметр В 2-38, которые подключали к той же измерительной ячейке.

Результаты исследования растворов с помощью этих приборов оказались полностью аналогичными результатам, полученным с помощью фазового детектора.

Результаты определения резонансных частот для обработки семян пшеницы сорта Крассар при помощи методики измерения емкостной составляющей полного сопротивления экстракционного раствора под воздействием ЭМП КНЧ, представлены на рис. 1.

Как видно из рис. 1, для предпосевной обработки семян пшеницы сорта Крассар в стимулирующем режиме, могут быть использованы частоты 16, 19, 26 и 31 Гц. Результаты исследования энергии прорастания и всхожести пшеницы сорта Крассар представлены на рис. 2 и 3.

Анализ полученных зависимостей показывает, что наибольший эффект зависимости энергии прорастания семян пшеницы от частоты электромагнитного поля наблюдается на частоте $f = 31$ Гц, при этом опытное значение превосходила контроль на 15%, максимальная ошибка не превышала $\pm 6\%$ (при надежности $P = 0,95$).

Как видно из рис. 3, максимальная всхожесть семян наблюдается при воздействии ЭМП с частотой, характерной для максимума энергии прорастания (31 Гц). При воздействии ЭМП с этой частотой всхожесть опытных образцов превысила контроль также на 19%. Таким образом, экспериментально установлено, что наиболее подходящим режимом воздействия ЭМП КНЧ на семена пшеницы сорта Крассар является $f = 31$ Гц. При данных параметрах обработки наблюдается максимальная по сравнению с контролем всхожесть и энергия прорастания семян и отсутствие грибной микрофлоры.

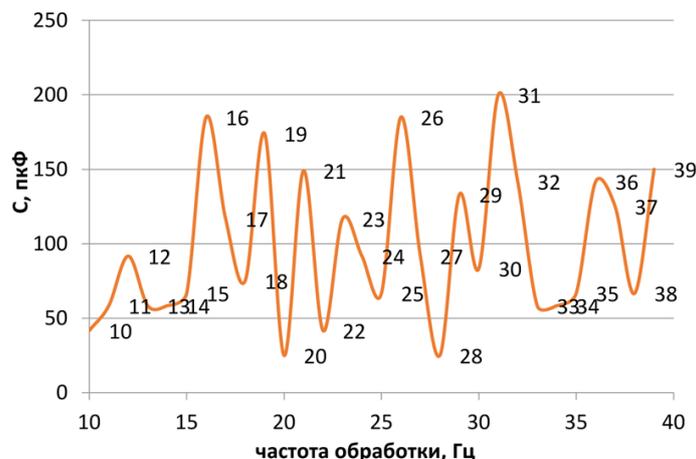


Рис. 1. Определение резонансных частот для обработки ЭМП КНЧ пшеницы сорта Крассар при $H = 130$ А/м

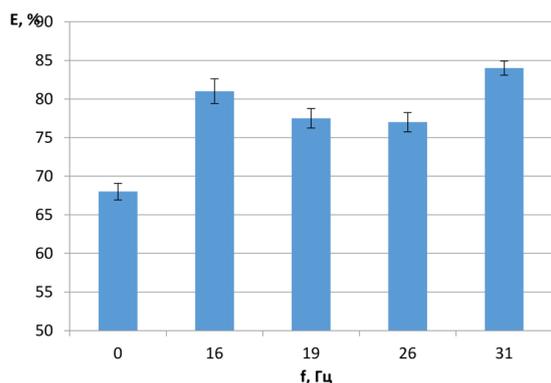


Рис. 2. Зависимость энергии прорастания семян пшеницы сорта Крассар от частоты ЭМП КНЧ, $t = 3$ минуты, $H = 130A/m$

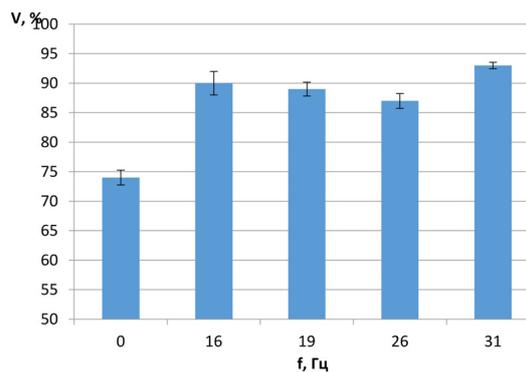


Рис. 3. Зависимость всхожести семян пшеницы сорта Крассар от частоты ЭМП КНЧ, $t = 3$ минуты, $H = 130A/m$

Заключение

В результате проведенных исследований видна связь изменения резонансной частоты ЭМП и энергии прорастания и всхожести семян. Изменение всхожести семян пшеницы и подсолнечника под действием магнитного поля можно объяснить тем, что вода в семенах изменяет свою структурную организацию, что вызывает изменения осмотического давления внутри клеток. В случае стимулирующего воздействия (приводящего к увеличению всхожести), осмотическое давление внутри клеток возрастает, что приводит к увеличению степени растяжения мембран и уменьшению связи периферических белков с мембраной. Происходит высвобождение большего количества белков, т.е. ускоряется процесс перехода белков из связанного состояния в растворенное, и запуска с их помощью дальнейших процессов, необходимых для прорастания семян. В случае же воздействия ЭМП, приводящего к уменьшению всхожести семян, происходит обратный процесс [1]. Плотность и вязкость воды увеличивается, осмотическое давление — уменьшается. В результате этого, вероятность высвобождения периферических белков, связанных с мембраной, уменьшается. В работах [2, 9] рассмотрена возможность влияния электрического и магнитного полей слабой интенсивности на переориентацию молекул воды в поверхностном слое мембран. В них высказывалось предположение о том, что при обработке биологического объекта ЭМП КНЧ первичным рецептором, воспринимающим воздействие поля, является молекула воды.

Таким образом, экспериментально определено, что воздействие ЭМП КНЧ на семена пшеницы с частотами, определен-

ными по методике исследования резонансных частот биологических объектов, позволяет повысить их энергию прорастания и всхожесть.

Список литературы

1. Аксенов С.И., Грунина Т.Ю., Горячев С.Н. О механизмах стимуляции и торможения при прорастании семян пшеницы в электромагнитном поле сверхнизкой частоты // Биофизика. — 2007. — Т. 52, Вып. 2. — С. 332–338.
2. Барышев М.Г., Васильев Н.С., Джимаков С.С. Влияние воды, обработанной ЭМП КНЧ на микроорганизмы *Saccharomyces cerevisiae* // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 2. — С. 22–25.
3. Барышев М.Г., Джимаков С.С., Кадамша А.М. Исследование влияния магнитообработанной воды на биологические объекты // Вестник РУДН. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 2. — С. 69–74.
4. Барышев М.Г., Джимаков С.С., Кадамша А.М. О влиянии магнитообработанной воды на биологические объекты // Современные наукоемкие технологии. — 2008. — № 2. — С. 80.
5. Барышев М.Г., Касьянов Г.И., Джимаков С.С. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на биологические системы // Известия вузов Пищевая технология. — 2007. — № 3. — С. 44–48.
6. Джимаков С.С. Исследование влияния магнитообработанной воды на биологические объекты: Автореф. дис. канд. биол. наук. — М., 2009. — 23 с.
7. Дроздов А.В., Нагорская Т.П., Масюкевич С.В. и др. Квантово-механические аспекты эффектов слабых магнитных полей на биологические объекты // Биофизика. — 2010. — Т. 55, № 4. — С. 740–749.
8. Пашков А.Н., Джимаков С.С., Мелихова А.И. и др. Влияние воды, обработанной низкочастотным электромагнитным полем, на развитие икры и рост молоди некоторых видов рыб // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. — 2013. — Т. 1, № 4. — С. 98–103.
9. Першин С.М. Влияние квантовых отличий орто и пара-спин-изомеров H_2O на свойства воды: биофизический аспект // Биофизика. — 2013. — Т. 58, № 5. — С. 910–918.
10. Barishev M.G., Dzhimak S.S., Kas'janov G.I., Shashkov D.I. The influence of low frequency electromagnetic field (LF EMF) on the agricultural crops seeds germination // Journal of Agricultural Science and Technology B. — 2012. — Vol. 2, № 3. — P. 385–390.