



УДК 633.11:631.811.98

О.М. Соболева, Е.П. Кондратенко, С.Н. Витязь
O.M. Soboleva, Ye.P. Kondratenko, S.N. Vityaz

ЧАСТОТА И ЭКСПОЗИЦИЯ КАК БИОТРОПНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

FREQUENCY AND EXPOSURE AS BIOTROPIC PARAMETERS OF SUPER-HIGH-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, электромагнитное поле, СВЧ, предпосевная обработка, биометрические показатели, длина, сырая масса, всхожесть, проросток, первичные корни, развитие семени, биотропность.

В литературе отмечается важность частоты электрофизического поля как биотропного параметра; указывается на неравнозначность колебаний этого параметра для живых объектов. Показан биотропный эффект электромагнитного поля сверхвысокой частоты на развивающиеся из семени растения. В качестве объектов выбрана озимая мягкая пшеница сорта Новосибирская 2; изучены всхожесть, число корней, длина корней и длина ростка, сырая масса корней и сырая масса ростка. Рабочими режимами СВЧ-обработки были следующие: частота магнетрона – 2,45 ГГц, экспозиция – 1, 6, 11, 16 и 21 с, мощность – 140, 420 и 700 Вт. Различные сочетания мощности и экспозиции дали 15 опытных вариантов и 1 контрольный (без СВЧ-обработки). Анализ данных показал, что невозможно выбрать «идеальный» режим СВЧ-обработки, действующий положительно на все шесть изучаемых параметров прорастающих семян. Однако возможно выделить варианты, проявляющие максимальное стимулирующее действие хотя бы на пять исследуемых показателей: 140/6 и 420/1 (оказывают положительное влияние на все параметры, кроме числа корней). Пять изучаемых режимов воздействия СВЧ обладают более слабым биотропным действием на семена пшеницы и способны стимулировать лишь четыре показателя из шести: 140/16, 140/21, 420/16, 700/6 и 700/16. Вариационный анализ выявил, что по таким показателям, как число корней, длина корней и ростков коэффициенты вариации находятся на среднем или высоком уровне, в зависимости от режима СВЧ-обработки, для группы показателей сырая масса корней и ростков – на высоком. Сопряженность между длиной и массой определяется конкретным вариантом мощности и экспозиции СВЧ, однако направление взаимосвязи всегда только положительное.

Keywords: soft winter wheat, electromagnetic field, super-high-frequency (SHF), presowing treatment, biometric indices, length, wet weight, germination, seedling, primary roots, seed development, biotropic effects.

The literature highlights the importance of the frequency of electrophysical field as a biotropic parameter; the inequivalence of this parameter variation for biological objects is emphasized. Biotropic effect of SHF electromagnetic field on plants developing from seed is discussed. The research target was the winter soft wheat variety Novosibirskaya 2. The germination, number of roots, root length, seedling length, root wet weight and seedling wet weight were studied. The operational regimes of SHF treatment were as following: magnetron frequency – 2.45 GHz; exposure – 1, 6, 11, 16 and 21 s; power – 140, 420 and 700 W. Different combinations of power and exposure made 15 experimental variants and one control variant (without SHF treatment). It has been found it is impossible to choose the “ideal” regime of SHF treatment acting positively on all six studied parameters of germinating seeds. However it is possible to identify the variants having maximum stimulating effect at least on five studied parameters: 140/6 and 420/1 (a positive effect on all parameters but the number of roots). Five studied regimes of SHF treatment have weaker biotropic effect on wheat seeds and are able to stimulate only four of six indices: 140/16, 140/21, 420/16, 700/6 and 700/16. The analysis of variance has revealed that the coefficients of variation for such indices as the number of roots, root length and seedling length are at medium or high levels; for the group of indices as wet weight of roots and seedlings – at high level. The association between length and weight is determined by a specific variant of SHF power and exposure, and the direction of the relationship is always positive.

Соболева Ольга Михайловна, к.б.н., доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Кондратенко Екатерина Петровна, д.с.-х.н., проф., Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Витязь Светлана Николаевна, к.б.н., доцент, Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт. Тел.: (3842) 73-43-59. E-mail: svetlana_vityaz@mail.ru.

Soboleva Olga Mikhaylovna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Kondratenko Yekaterina Petrovna, Dr. Agr. Sci., Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: meer@yandex.ru.

Vityaz Svetlana Nikolayevna, Cand. Bio. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Institute. Ph.: (3842) 73-43-59. E-mail: svetlana_vityaz@mail.ru.

Введение

Изучение влияния электромагнитных полей сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) на растительные организмы давно находится в поле зрения ученых. Изучена ответная реакция фитообъектов, проявляющаяся в изменении интенсивности роста и развития [1], продуктивности [2], биохимического состава [3-4] и физиологической активности [5]. Однако до сих пор исследования касались лишь достаточно узкого набора изучаемых режимов ЭМП, в то время как многообразие реакций одних и тех же видов растений на воздействие указанного электрофизического фактора позволяет предположить такой же широкий спектр вариантов и режимов обработки, оказывающих по-настоящему значимое влияние на те или иные параметры изучаемых организмов.

Между тем отдельными учеными отмечается важность частоты как биотропного параметра электрофизического поля, так и биологическая неравнозначность различных значений этого параметра [6]. При этом под биотропностью понимается величина биологического эффекта, которая связана с параметрами электромагнитного поля – частотой, экспозицией и другими характеристиками [7].

Цель – исследовать влияние частоты и экспозиции электромагнитного поля сверхвысокой частоты в качестве биотропного параметра при развитии прорастающего семени.

Задачи: изучить всхожесть, биометрические показатели корней и ростков; провести корреляционный и вариационный анализы.

Объект и методы исследований

Объектом исследования служили семена озимой пшеницы сорта Новосибирская 2. Обработка семян перед проращиванием проводилась на установке LG MS-1948V (Ю. Корея). Характеристики прибора: максимальная мощность 700 Вт, частота магнетрона 2,45 ГГц. Опытные варианты подвергались воздействию ЭМП СВЧ в течение разной экспозиции – 1, 6, 11, 16 и 21 с (шаг опыта составил 5 с) при комбинации с разной мощностью – 140, 420 и 700 Вт (взяты минимальная, средняя и максимальная мощности из

числа возможных). Всего было 15 опытных вариантов и 1 контрольный вариант, который не обрабатывался ЭМП СВЧ. После облучения семена раскладывали по чашкам Петри со стерильной увлажненной фильтровальной бумагой и проращивали при комнатной температуре. Повторность опыта – трехкратная. Определение всхожести, длины и массы корней и ростка у проросших семян проводилось на 7-й день. Длина корней и ростка измерялась с точностью до 0,1 см. Длина корней определялась по максимально развитому корню.

Результаты исследований

Взятые для изучения семена получены в год исследования (2014) и прошли несколько месяцев покоя, поэтому уровень всхожести семян оказался довольно высоким. Показатель всхожести колебался при разных режимах воздействия ЭМП СВЧ от 90 до 100%; контрольный вариант имел всхожесть 96,6% (рис. 1). Режимы, оказавшие неблагоприятными для жизнеспособности зародыша семени, многочисленны – 9 из 15 опытных вариантов обнаруживают снижение всхожести по сравнению с контролем.

Семена, обработанные при режимах 420/11, 420/21 и 700/21, оказались идентичными необработанному зерну и имеют такую же всхожесть. Только три опытных варианта (140/6, 140/11 и 420/1) оказали стимулирующий эффект на прорастание семян – всхожесть превышает контрольные значения, причем при использовании двух из них удалось добиться прорастания всех заложенных для эксперимента семян. Таким образом, определенные режимы СВЧ-обработки повышают жизнеспособность зародыша семени пшеницы.

Как и ожидалось, наименее изменчивым из всех изучаемых показателей оказался параметр, характеризующий число зародышевых корней у прорастающего семени (рис. 2): в среднем, по всем вариантам значения колеблются от 3,38 шт. (700/21) до 4,44 шт. (140/16). Семена контрольного варианта прорастали в среднем четырьмя корнями (разброс значений от 3 до 5 шт.).

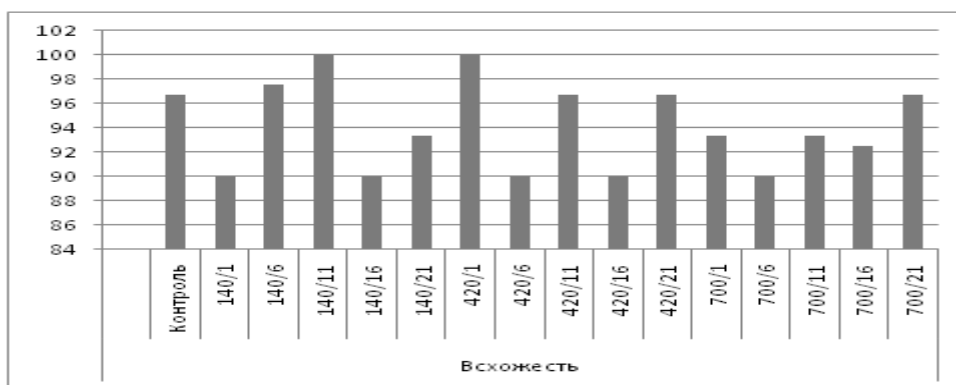


Рис. 1. Изменение всхожести семян под действием ЭМП СВЧ, %



Рис. 2. Изменение числа первичных корней под действием ЭМП СВЧ, шт.



Рис. 3. Изменение длины первичных корней и ростков под действием ЭМП СВЧ, см

Число корней увеличивается при обработке семян пшеницы при режимах 140/16, 140/21, 700/6 и 700/16 (диапазон минимального и максимального значений составляет 3-6 шт.). Отмечается отрицательная связь средней силы между всхожестью и числом корней – коэффициент корреляции составляет 0,605. Коэффициенты вариации обнаруживают среднюю изменчивость данного признака на шести режимах (140/16, 140/21, 420/11, 700/11, 700/16 и 700/21) – от 16,5 до 20,0%. Остальные варианты, включая контрольный, демонстрируют высо-

кий уровень вариальности – коэффициенты вариации колеблются от 20,4 до 35,8%. Наиболее высокой степенью изменчивости признака «число корней» обладают семена, выращенные после обработки ЭМП СВЧ мощностью 140 Вт и экспозицией 6 с ($V = 35,1\%$) и 420 Вт в течение 1 с ($V = 35,8\%$).

Многие изучаемые режимы оказались благоприятными для развития надземных и подземных органов будущего растения пшеницы, исключения составили лишь 3 варианта (140/1, 140/11 и 700/21). Наибольший тол-

чок развитию корней (свыше 15 см) дают многие опытные варианты обработки СВЧ – 140/6, 140/21, почти все варианты с мощностью 420 Вт (за исключением 420/21) и 700/6.

Разброс минимальных и максимальных значений длины корней составил от 0,3 см (140/11) до 21,7 см (420/6), длины ростков – от 0,4 см (420/1) до 16,9 см (140/16). Синхронность развития вегетативных органов у отдельных семян примерно равна – разница между максимальным и минимальным значением длины ростков для каждого из режимов остается примерно одинаковой и колеблется от 1,68 до 3,93 раз; длины корней – от 1,91 до 3,89 раз. Однако из этого ряда выбиваются несколько режимов с огромной разницей длины ростка по отдельным экземплярам – 11,63 раз (140/11), 12,31 (700/6) и, наконец, 34,25 раза (420/1); длины корней – 15,89 раз (140/1) и 47,00 раз (140/11).

Вариационный анализ также подтверждает данную тенденцию – большинство вычисленных коэффициентов вариации для параметра «длина ростка» имеют средний уровень – от 11,53 до 17,64% (9 режимов), часть – высокий. Высокая вариативность отмечается для вариантов обработки 140/1, 140/11, 140/16, 420/1, 420/21, 700/6, 700/21 – коэффициенты вариации находятся в пределах от 21,00 до 30,26%. Что касается изменчивости показателя длины корней, то тенденция сохраняется, при 9 режимах обработки зафиксирован средний уровень варьирования (от 14,85 до 19,97%), при 7 режимах – высокий (от 20,89 до 30,35%). При этом контрольный вариант демонстрирует, по сравнению с обработанными СВЧ вариантами, один из наиболее низких уровней изменчивости – коэффициенты вариации составили для длины корня 14,85%, для длины ростков – 14,07%.

В среднем, как хорошо видно из графика, длина корней развивающихся растений пше-

ницы превышает длину ростков, однако соотношение между этими показателями колеблется от 1,11 до 1,67.

Обращает на себя внимание тот факт, что внутри каждой изученной частоты имеются два пика, соответствующие максимальному развитию вегетативных органов молодых растений пшеницы. Особенно ярко эта тенденция проявилась у ростков – на всех трех частотах при экспозиции 6 и 16 с отмечается резкое увеличение длины фотосинтетических органов по сравнению с предыдущей экспозицией в 1,2-2,0 раза. Показатель длины корней почти синхронно следует за длиной ростков, за исключением частоты 420 Вт – резкий пик при режиме 420/16 отсутствует. Данная синхронность подтверждается и высоким уровнем сопряженности – коэффициент корреляции между длиной корня и длиной ростка значимый положительный и составляет 0,868.

Интересные результаты получены для такого показателя, как «сырая масса» (рис. 4). В отличие от сопряженных линейных характеристик развивающихся корней и ростков их масса не сохраняет постоянства соотношений. Так, отмечена примерно половина всех опытных вариантов, при которых масса надземных органов превышает (140/16, 140/21, 420/16) или практически равна массе подземных (140/6, 140/11, 420/6, 420/21). Однако чуть большее число изучаемых режимов, включая контроль, демонстрирует преобладание сырой массы корней над сырой массой ростков, соотношение их при этом – от 1,09 до 1,36.

Максимальная средняя масса развивающихся органов молодых растений пшеницы зафиксирована при режиме 700/6 и составляет для ростка 0,095 г, для корней – 0,087 г. Минимальные усредненные показатели отмечаются для режима 140/11 – соответственно, 0,047 и 0,043 г.

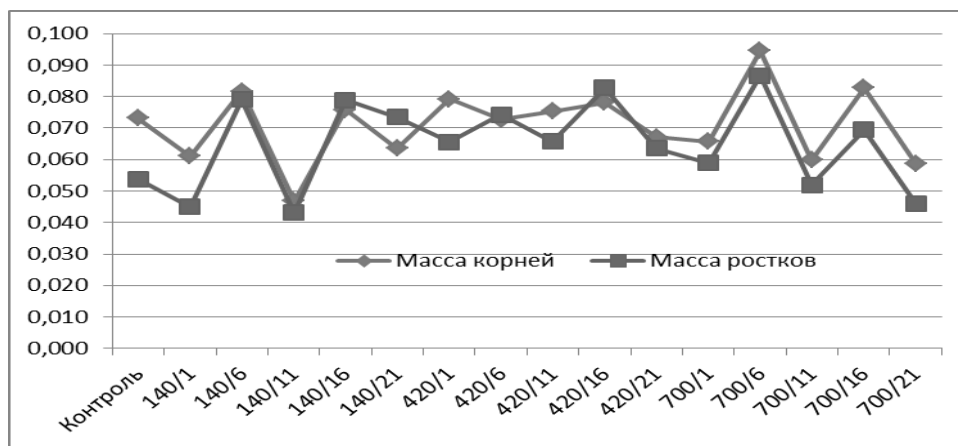


Рис. 4. Изменение сырой массы первичных корней и ростков под действием ЭМП СВЧ, г

Коэффициенты корреляции между длиной и сырой массой надземных и подземных органов растений пшеницы

	Контроль	140/1	140/6	140/11	140/16	140/21	420/1	420/6	420/11	420/16	420/21	700/1	700/6	700/11	700/16	700/21
Коэффициенты корреляции между длиной и сырой массой корней	0,487	0,760	0,531	0,708	0,479	0,313	0,862	0,693	0,673	0,501	0,766	0,447	0,622	0,629	0,412	0,710
Коэффициенты корреляции между длиной и сырой массой ростка	0,753	0,573	0,788	0,771	0,861	0,631	0,876	0,777	0,779	0,790	0,850	0,708	0,813	0,602	0,564	0,855

Примечание. Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляций ($r \geq 0,600$).

Колебания между минимально и максимально отмечаемой массой корней с одного растения (по всем режимам) довольно значительны и находятся в пределах от 0,005 (140/11) до 0,165 г (700/6), т.е. 33 раза. Что касается сравнения минимума и максимума для каждого варианта, то здесь разрыв не такой большой, но все же значительный – от 2,6 до 23,6 раза.

Колебания между минимально и максимально отмечаемой массой ростков с одного растения (по всем режимам) довольно значительны и находятся в пределах от 0,002 (140/11) до 0,128 г (700/6), т.е. разница между ними составляет 64 раза! Разрыв по отдельным режимам обработки между минимумом и максимумом укладывается в диапазон от 2,2 до 35,7 раз.

Коэффициенты вариации для показателя «сырая масса корней» по всем изученным вариантам (включая контрольный) находятся на высоком уровне, т.е. превышают отметку в 20% и колеблются от 24,7% (700/1) до 38,4% (140/11). Подобная тенденция характерна и для изменчивости сырой массы ростков – коэффициенты вариации составляют от 22,3% (420/11) до 37,2% (140/11).

Проведенный корреляционный анализ выявил, что такие показатели, как «длина» и «сырая масса» не всегда тесно связаны между собой (табл.). Что касается корневой системы, то данный факт объясняется методикой измерения – длина главного корня, взятая в качестве общей характеристики корней всего растения, конечно, не учитывает степени развития остальных первичных корней, развивающихся к моменту подсчета. Ситуация с корреляцией по росткам сложнее и объясняется, видимо, тем, что некоторые

растения формируют длинный, но тонкий росток, обладающий, соответственно, малой массой. Подобная картина наблюдалась нами при сильном поражении прорастающих семян грибной инфекцией (в других экспериментах). Видимо, похожие механизмы работают и при некоторых режимах СВЧ-обработки, таких как 140/1 и 700/16.

Выводы

Таким образом, результаты проведенного эксперимента не позволяют однозначно выбрать режим СВЧ-обработки, действующий комплексно на все шесть изучаемых параметров прорастающих семян озимой пшеницы. Однако представляется возможным выделить варианты, проявляющие максимальное стимулирующее действие хотя бы на пять исследуемых показателей. К таким режимам нами отнесены следующие: 140/6 и 420/1 (положительно сказываются на всех параметрах, кроме числа корней). Пять изучаемых режимов воздействия СВЧ обладают более слабым биотропным действием на семена пшеницы и способны стимулировать лишь четыре показателя из шести: 140/16, 140/21, 420/16, 700/6 и 700/16.

Вариационный анализ выявил, что по таким показателям, как число корней, длина корней и ростков коэффициенты вариации находятся на среднем или высоком уровнях, в зависимости от режима СВЧ-обработки, для группы показателей сырая масса корней и ростков – на высоком. Сопряженность между длиной и массой определяется конкретным вариантом мощности и экспозиции СВЧ, однако направление взаимосвязи всегда только положительное.

Библиографический список

1. Пенджиев А.М., Окдиров А.О., Хаджиев М.Х. Исследование электромагнитного воздействия на семена // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 7. – С. 18-19.
2. Головацкая И.Ф., Восканян О.А., Соловьев Ю.Л. и др. Морфофизиологические особенности роста и продуктивность растений пшеницы при обработке семян электромагнитными волнами сверхвысокой частоты // С.-х. биология. Серия Биол. раст. – 2004. – № 1. – С. 48-55.
3. Егорова И.В., Кондратенко Е.П., Соболева О.М., Вербицкая Н.В. Влияние обработок зерна пшеницы электромагнитным полем на содержание водорастворимых витаминов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – Режим доступа: URL: <http://www.science-education.ru/115-12084>.
4. Соболева О.М., Кондратенко Е.П., Егорова И.В., Еримбеккызы Д. Флуктуации белковости в зерне ячменя и пшеницы при воздействии электромагнитного поля // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – № 3. – 2014. – С. 19-24.
5. Особенности прямого и опосредственного воздействия электромагнитных полей низкой интенсивности на семена растений и микроорганизмы / О.И. Коваленко, Ф.В. Кивва, С.В. Калининченко и др. // Укр. радиофизика и электроника / Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины. – 2007. – Т. 12. – № 1. – С. 273-280.
6. Беяченко Ю.А., Усанов А.Д., Тыннов В.С., Усанов Д.А. Влияние низкочастотного магнитного поля на митотическую активность апикальных меристем кукурузы // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2008. – № 1. – С. 5-6.
7. Трибрат Н.С., Чуян О.М., Раваева М.Ю. Влияние электромагнитных излучений различного диапазона на процессы микроциркуляции // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22. – № 4. – С. 182-201.

References

1. Pendzhiev A.M., Okdirov A.O., Khadzhev M.Kh. Issledovanie elektromagnitnogo vozdeistviya na semena // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva. – 2008. – № 7. – S. 18-19.
2. Golovatskaya I.F., Voskanyan O.A., Solov'ev Yu.L. i dr. Morfofiziologicheskie osobennosti rosta i produktivnost' rastenii pshenitsy pri obrabotke semyan elektromagnitnymi volnami sverkhvysokoi chastoty // S.-kh. biologiya. Ser. Biol. rast. – 2004. – № 1. – S. 48-55.
3. Egorova I.V., Kondratenko E.P., Soboleva O.M., Verbitskaya N.V. Vliyanie obrabotok zerna pshenitsy elektromagnitnym polem na sodержanie vodorastvorimyykh vitaminov // Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. – 2014. – № 1. – Rezhim dostupa: URL: <http://www.science-education.ru/115-12084>.
4. Soboleva O.M., Kondratenko E.P., Egorova I.V., Erimbekkyzy D. Fluktuatsii belkovosti v zerne yachmenya i pshenitsy pri vozdeistvii elektromagnitnogo polya // Vestnik GAU Severnogo Zaural'ya. – 2014. – № 3. – S. 19-24.
5. Osobennosti pryamogo i oposredstvennogo vozdeistviya elektromagnitnykh polei nizkoi intensivnosti na semena rastenii i mikroorganizmy / O.I. Kovalenko, F.V. Kivva, S.V. Kalinichenko [i dr.]; Institut radiofiziki i elektroniki im. A.Ya. Usikova NAN Ukrainy // Ukr. Radiofizika i elektronika. – 2007. – T. 12. – № 1. – S. 273-280.
6. Belyachenko Yu.A., Usanov A.D., Tynnov V.S., Usanov D.A. Vliyanie nizkочастотного magnitnogo polya na mitoticheskuyu aktivnost' apikal'nykh meristem kukuruzy // Vestnik Saratovskogo GAU im. N.I. Vavilova. – 2008. – № 1. – S. 5-6.
7. Tribrat N.S., Chuyan O.M., Ravayeva M.Yu. Vliyanie elektromagnitnykh izlucheni razlichnogo diapazona na protsessy mikrotsirkulyatsii // Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta im. V.I. Vernad'skogo. Seriya «Biologiya, khimiya». – 2009. – T. 22. – № 4. – S. 182-201.

