

**Выводы**

Влияние щелевания почвы на динамику содержания нитратного азота в значительной степени зависит от складывающихся погодных условий вегетационного периода года и запасов влаги. Во влажные периоды ко времени посева яровой пшеницы по чистому химическому пару повышенное содержание нитратного азота отмечается только в местах прохода стойки щелевателя. Особенно заметно оно проявляется при щелевании почвы на глубину 0,8 м. Ко времени посева яровой пшеницы по содержанию нитратного азота в почве наблюдается преимущество на фоне щелевания глубиной 0,45 м по сравнению с обработкой на 0,80 м.

**Библиографический список**

1. Назарюк В.М. Почвенно-экологические основы оптимизации питания растений. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.
2. Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 364 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Здравков И.П. Режим нитратов в почве различных звеньев севооборота с черным и занятыми парами // Вопросы земледелия. – Кишинев, 1972. – С. 105-112.
5. Беляева О.Н. Система No-till и ее влияние на доступность азота почв и удобрений: обобщение опыта // Земледелие. – 2013 – № 7. – С. 16-18.

ний: обобщение опыта // Земледелие. – 2013 – № 7. – С. 16-18.

6. Яшутин Н.В., Дробышев А.П. Земледелие в Сибири. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2004. – 520 с.

7. Яшутин Н.В., Дробышев А.П., Хоменко А.И. Биоземледелие. Научные основы, инновационные технологии и машины. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. – 191 с.

**References**

1. Nazaryuk V.M. Pochvenno-ekologicheskie osnovy optimizatsii pitaniya rasteniy. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. – 257 s.
2. Nazaryuk V.M. Balans i transformatsiya azota v agroekosistemakh. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007. – 364 s.
3. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). – M.: Kolos, 1979. – 416 s.
4. Zdravkov I.P. Rezhim nitratov v pochve razlichnykh zvenev sevooborota s chernym i zanyatymi parami // Voprosy zemledeliya. – Kishinev, 1972. – S. 105-112.
5. Belyaeva O.N. Sistema No-till i ee vliyanie na dostupnost azota pochv i udobreniy: obobshchenie opyta / Zemledelie. – 2013. – № 7. – S. 16-18.
6. Yashutin N.V., Drobyshev A.P. Zemledelie v Sibiri. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2004. – 520 s.
7. Yashutin N.V., Drobyshev A.P., Khomenko A.I. Biozemledelie. Nauchnye osnovy, innovatsionnye tekhnologii i mashiny. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2008. – 191 s.



УДК 581.144:537.811:633.11

**О.М. Соболева**  
O.M. Soboleva

**БИОТРОПНЫЙ ХАРАКТЕР ВЛИЯНИЯ МОЩНОСТИ И ЭКСПОЗИЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ**

**BIOTROPIC NATURE OF INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC FIELD POWER AND EXPOSURE ON MORPHOMETRIC INDICES OF SEEDLINGS**

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, СВЧ, биотропность, биометрические показатели, проросток, всхожесть, мощность, экспозиция.

Изучено влияние разных режимов электромагнитного поля сверхвысокой частоты (следующих характеристик: частота 2,45 ГГц, экспозиция 1, 11 и 21 с, мощность 140, 420 и 700 Вт) на прорастание семян и развитие проростков тритикале

(×Triticosecale Wittm. ex A. Camus). Доказана биотропность мощности и экспозиции, проявляющаяся в изменении таких показателей, как всхожесть семян, число зародышевых корней, длина корней и ростка, сырая и сухая масса корней и ростка. Существенного повышения жизнеспособности зародыша семени, как и числа зародышевых корней, с помощью различных режимов СВЧ-обработки добиться не удалось. Наибольшая стимуляция ростовых процессов надземных и под-

земных органов проростка отмечается при 700 Вт. После СВЧ-обработки возрастает согласованность в развитии корней и ростков.

**Keywords:** *electromagnetic field, super-high-frequency (SHF), biotropism, biometric indices, seedlings, germination, power, exposure.*

The nature of the influence of different modes of SHF electromagnetic field on triticale seed development is shown. The following SHF electromagnetic field regimes were used: frequency – 2.45 GHz, exposure – 1, 11 and 21 s, power – 140, 420 and 700 W. The biotropism of power and exposure was

proved which was revealed by the change of such indices as seed germination and number of germinal roots, root length, seedling length, root wet weight and seedling wet weight. Comparison with the data obtained earlier for winter wheat seeds under the same conditions was made. No significant increase of seed germ viability as well as the number of germinal roots by the use of various regimes of SHF electromagnetic field treatment was achieved. The greatest stimulation of growth processes of aboveground and underground organs of seedling was achieved at 700 W. The consistency in the development of roots and shoots increased after SHF electromagnetic field treatment.

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

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

### Введение

Воздействие электромагнитных полей на биообъекты является интересной фундаментальной задачей, имеющей множество возможностей практического применения [1]. При этом в литературе отмечаются важность частоты как биотропного параметра электрофизического поля и неравнозначность влияния различных значений данного параметра на растительные объекты [2]. При этом под биотропностью понимается величина биологического эффекта, которая тесно увязана с конкретными характеристиками воздействующего на живой объект электромагнитного поля – частотой, экспозицией и другими его характеристиками [3]. По другим данным, биотропность – это сродство электрофизического поля и структур организма на информационно-волновом уровне [4].

Имеются сведения, что отдельные характеристики электромагнитных полей способны производить различное, иногда совершенно противоположное, действие на живые организмы, в том числе, на растительные. Влияние электромагнитных полей сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) связано с взаимодействием заряженных частиц и полярных молекул, которое приводит к их возбуждению, что, в свою очередь, сопровождается выделением тепла [5]. Биологический материал, помещенный в такое поле, поглощает некоторое количество энергии, которое зависит от диэлектрических свойств самого материала [6]. Очевидно, что от количества поглощенной энергии будет зависеть и эффект, вызываемый электромагнитным полем и регистрируемый с помощью различных инструментальных методов.

Так, на эффективность электрофизической обработки одномоментно влияет несколько внешних и внутренних факторов: исходная влажность семян, мощность электромагнитного поля [7], время обработки семенного материала, режим работы генератора [8], сезон, во время которого заложен эксперимент, и собственная активность биообъектов в данное время года [9]. При этом недостаточно работ, исследующих биотропные эффекты отдельных характеристик электромагнитных полей сверхвысокой частоты на биометрические показатели проростков злаковых культур.

В связи с вышесказанным поставлена цель – исследовать влияние мощности и экспозиции электромагнитного поля сверхвысокой частоты в качестве биотропного параметра при развитии прорастающего семени. В своей работе мы будем руководствоваться определением биотропности, данным в работе Н.С. Трибрат с соавторами [3].

### Материал и методы исследования

Объектом исследования служило зерно озимой тритикале (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) сорта Омская. Обработка семян перед проращиванием проводилась на СВЧ-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 – от 1 до 21 с с шагом опыта 10 с при комбинации с разной мощностью – от 140 до 700 Вт (шаг опыта составил 280 Вт). На фоне контроля (без облучения) изучали девять опытных вариантов с различной обработкой семян (с обозначением 140/1,

140/11 и т.д. до 700/21). После облучения семена проращивали в водной культуре на свету в чашках Петри на стерильной фильтровальной бумаге. Повторность опыта – трехкратная. Длительность эксперимента составляла 7 сут. Проводилось определение всхожести, длины и сырой массы зародышевых корней и ростка у проросших семян. Длина корней и ростка измерялась с точностью до 0,1 см. Длина корней определялась по максимально развитому корню. Сырая и сухая масса корней и ростков устанавливалась гравиметрическим методом с точностью до 0,001 г, по разнице показателей вычисляли процентное содержание воды в органах проростка.

Для выяснения влияния определенных режимов мощности и экспозиции ЭМП СВЧ на изучаемые показатели проростков данные обрабатывали методами параметрической статистики с использованием программы Microsoft Excel 2010. Итоговые значения, приводимые в тексте, представляют собой среднюю арифметическую величину ± основная ошибка средней арифметической величины.

### Результаты исследования и обсуждение

Анализ результатов проведенных опытов на семенах озимой тритикале показал, что всхожесть исходного зерна (контрольный вариант) составила 93,33%, обработка семян в условиях ЭМП СВЧ не оказала суще-

ственного влияния на режимах 140/1, 420/1, 700/11 и 700/21 (табл. 1). Этот показатель не отличался от контроля на опытном варианте 140/11 – отмечалось улучшение данного показателя до уровня 96,67%. Остальные изучаемые режимы неблагоприятно отражаются на жизнеспособности исследуемых семян. Всхожесть их сильно варьировала как по вариантам опыта, так и относительно контроля от 36,67% (420/21) до 90,00% (140/21). Следовательно, мощность ЭМП СВЧ и время его воздействия на семена не оказывают существенного влияния на всхожесть семян озимой тритикале. В отличие от озимой пшеницы, улучшившей всхожесть с контрольных значений 96,67 до 100% (при режимах 140/11 и 420/1) [10], озимая тритикале по данному параметру не проявляет такую высокую отзывчивость на ЭМП СВЧ. Влияние СВЧ-обработки на всхожесть семян мягкой пшеницы подтверждается и другими исследователями [1, 11]. Показано, что более жесткая обработка (1000 Вт и экспозиция 1 мин. 15 с) не приводит к значительному снижению всхожести семян этой культуры.

Таким образом, ЭМП СВЧ проявляет биотропность в отношении всхожести семян тритикале и пшеницы, как это было ранее установлено для низкоинтенсивного электромагнитного излучения [12].

Таблица 1

*Влияние мощности (Вт) и экспозиции СВЧ (сек.) на всхожесть, морфометрические показатели проростков и содержание в них воды*

Показатели	Режимы обработки									
	кон- троль	140/1	140/11	140/21	420/1	420/11	420/21	700/1	700/11	700/21
Всхожесть, %	93,33± 3,89	93,33± 4,01*	96,67± 4,77	90,00± 3,98*	93,33± 4,62*	73,33± 3,65	36,67± 1,97	80,00± 4,26	93,33± 4,04	93,33± 4,27
Число корней, шт.	4,68± 0,23	4,29± 0,25*	4,55± 0,22	4,58± 0,24*	4,54± 0,20	4,09± 0,35*	4,00± 0,49	4,88± 0,24	4,64± 0,20	4,86± 0,19
Длина корней, см	13,36± 0,65	14,29± 0,84	12,60± 0,56	14,21± 0,73	14,23± 0,74	13,62± 1,11	14,13± 1,95	14,58± 0,90	15,00± 0,60*	12,36± 0,58
Длина ростков, см	9,80± 0,63	9,63± 0,58	8,73± 0,49*	9,57± 0,52*	11,30± 0,60	10,30± 0,86*	10,71± 1,29	12,33± 0,61*	11,74± 0,50	9,17± 0,54
Сырая масса корней, г	0,094± 0,006	0,105± 0,008	0,101± 0,007	0,104± 0,008	0,101± 0,009	0,094± 0,011	0,096± 0,014	0,109± 0,008*	0,095± 0,007	0,103± 0,006
Сырая масса ростков, г	0,082± 0,004	0,082± 0,005	0,076± 0,005	0,081± 0,005*	0,094± 0,007	0,088± 0,009*	0,089± 0,013*	0,109± 0,007	0,086± 0,006	0,078± 0,005
Сухая масса корней, г	0,008	0,009	0,008	0,010	0,007	0,008	0,007	0,010	0,009	0,007
Сухая масса ростков, г	0,008	0,008	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009	0,013	0,009	0,006
Содержание воды в корнях, %	91,52± 5,01	91,45± 4,82	92,07± 4,63*	90,34± 4,51*	93,04± 4,99	91,50± 3,99*	92,73± 4,81	90,82± 4,75	90,56± 4,23	93,22± 4,97*
Содержание во- ды в ростках, %	90,22± 4,74	90,29± 3,88	89,47± 4,44*	88,88± 4,28	90,45± 4,53	89,75± 4,39*	89,94± 4,12	88,06± 3,67	89,48± 4,34	92,35± 4,81

Примечание. \*Достоверно при p<0,05.

Число зародышевых корней по вариантам опыта колебалось от 0 до 6 шт., при значении в контрольном образце 4,68 шт. Колебания по отдельным режимам незначительны – варьирование средних данных составляет от 4,00 шт. (420/21) до 4,88 шт. (700/1).

Сравнение режимов СВЧ-обработки показывает, что некоторые из них имеют характерные особенности. Установлено, что после обработки в условиях ЭМП СВЧ при режимах 140/1, 420/11 и 420/21 на 7-й день проращивания у некоторых семян отмечается отсутствие зародышевых корней, но при этом они считаются нормально развитыми, т.к. имеют росток. Минимальное количество корней (1 шт.) было зафиксировано во втором и третьем вариантах опыта (140/11, 140/21), максимальное – по всем режимам составило 6 шт.

Динамика изменения длины корней и ростков под влиянием СВЧ-обработки показывает их пропорциональное и плавное изменение по всем исследованным вариантам – разница между длиной корня и длиной ростка колеблется в незначительных пределах и составляет от 1,18 (700/1) до 1,48 раз (140/1 и 140/21); на контроле – 1,36 раз.

Существенным преимуществом по длине корней (15 см) характеризовались семена, обработанные в условиях ЭМП СВЧ – 700 Вт в течение 11 с (по восьмому варианту), по длине ростков (12,33 см) – 700 Вт в течение 1 с (по седьмому варианту). При этом абсолютные максимумы зафиксированы для режима 420/1 – 21,40 см (длина корней) и 17,30 см (длина ростка), минимальные значения без учета нулевых значений относятся к режимам 420/1 и 140/1 – длина корней и ростка составила 1,20 и 0,50 см соответственно.

Колебания между средними значениями сырой массы корней и ростков по всем вариантам незначительны. По отдельным вариантам разница между средними значениями достигает 1,32-1,33 раза (при режимах СВЧ-обработки 140/11 и 700/21), либо вообще исчезает (700/1). Сырая масса корней при всех режимах (кроме указанного исключения) превышает сырую массу ростка.

Для сырой массы корней диапазон составил 0,094-0,109 г, для сырой массы ростков – 0,076-0,109 г. При этом разница между абсолютными минимумами и мак-

симумами довольно значительна и составляет для корней следующие значения: от 0,003 г (контроль) до 0,239 г (420/1); для ростков – от 0,003 г (140/1) до 0,195 г (700/1).

Соотношения между средними значениями сухой массы корней и сухой массы ростка существенно различаются в зависимости от режима СВЧ-обработки. Выявлено, что на втором и восьмом вариантах опыта имеется соответствие этих показателей относительно контроля. На первом, третьем и девятом опытных вариантах установлено преобладание сухих веществ корневой системы над сухими веществами побегов в 1,11-1,67 раза. Превышение сухих веществ проростков над сухой массой подземных органов составило 1,13-1,30 раза при режимах 420/1, 420/11, 420/21, 700/1. Резкое, отличное от остальных вариантов, увеличение сухой массы ростков зафиксировано при СВЧ-обработке 700 Вт в течение 1 сек. Средняя масса сухих веществ с одного растения составила 0,013 г. Таким образом, содержание воды и сухих веществ в проростках определялось как мощностью ЭМП СВЧ, так и временем его воздействия, что подтверждается и другими исследователями [8].

Таким образом, биотропность ЭМП СВЧ в отношении морфометрических показателей корней и ростков тритикале проявляется подобно биотропности ЭМП ВЧ (высоко-частотных) для тех же показателей овощных культур [13].

Влияние ЭМП на общее содержание воды в корнях и ростках тритикале очевидно. Среднее содержание влаги в корнях колеблется по вариантам от 90,56% (700/11) до 93,22% (700/21), в ростках – от 88,06% (700/1) до 92,35% (700/21). Разница между минимумом и максимумом для корней составила 2,66%, для ростков – 4,29%.

Корреляционный анализ позволил выявить, что отдельные пары признаков по отдельным вариантам СВЧ-обработки проявляют разную степень сопряженности, иногда и незначительную, а в других случаях – весьма тесную (табл. 2). При этом обращает на себя внимание тот факт, что абсолютно все вычисленные коэффициенты корреляции имеют положительный знак, т.е. зависимость между признаками прямая.

*Коэффициенты корреляции между парами признаков по морфометрическим показателям проростков*

Пара признаков	Режимы обработки									
	кон- троль	140/1	140/11	140/21	420/1	420/11	420/21	700/1	700/11	700/21
Число корней – длина корней	0,463	0,569	0,369	0,191	0,405	<b>0,699</b>	<b>0,615</b>	<b>0,644</b>	0,289	0,520
Число корней – длина ростков	0,456	<b>0,690</b>	<b>0,610</b>	0,340	0,552	<b>0,722</b>	0,525	<b>0,776</b>	0,395	0,569
Число корней – сырая масса корней	0,584	<b>0,834</b>	0,554	0,439	<b>0,733</b>	<b>0,787</b>	<b>0,807</b>	<b>0,745</b>	<b>0,664</b>	<b>0,711</b>
Число корней – сырая масса ростков	0,582	<b>0,741</b>	0,537	0,462	<b>0,665</b>	<b>0,730</b>	0,592	<b>0,653</b>	<b>0,606</b>	<b>0,646</b>
Длина корней – длина ростков	<b>0,752</b>	<b>0,893</b>	<b>0,677</b>	<b>0,851</b>	<b>0,641</b>	<b>0,791</b>	<b>0,859</b>	<b>0,618</b>	<b>0,673</b>	0,539
Длина корней – сырая масса корней	<b>0,769</b>	<b>0,700</b>	<b>0,751</b>	<b>0,830</b>	<b>0,659</b>	<b>0,742</b>	<b>0,843</b>	<b>0,660</b>	<b>0,746</b>	<b>0,697</b>
Длина корней – сырая масса ростков	<b>0,741</b>	<b>0,827</b>	<b>0,698</b>	<b>0,741</b>	<b>0,628</b>	<b>0,714</b>	<b>0,856</b>	0,542	<b>0,713</b>	0,540
Длина ростков – сырая масса корней	0,494	<b>0,724</b>	<b>0,682</b>	<b>0,774</b>	<b>0,685</b>	<b>0,735</b>	<b>0,756</b>	<b>0,764</b>	<b>0,691</b>	<b>0,680</b>
Длина ростков – сырая масса ростков	<b>0,872</b>	<b>0,924</b>	<b>0,908</b>	<b>0,855</b>	<b>0,874</b>	<b>0,909</b>	<b>0,890</b>	<b>0,859</b>	<b>0,855</b>	<b>0,875</b>
Сырая масса корней – сырая масса ростков	<b>0,623</b>	<b>0,813</b>	<b>0,841</b>	<b>0,853</b>	<b>0,880</b>	<b>0,857</b>	<b>0,898</b>	<b>0,813</b>	<b>0,884</b>	<b>0,776</b>

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

Показано, что при воздействии СВЧ-поля возрастает число значимых взаимосвязей между парами признаков. Так, для необработанного зерна зафиксировано только пять коэффициентов корреляции с  $R \geq 0,600$ , причем все они средней силы. Наибольшим сходством по числу коэффициентов корреляции и парам признаков обладают режимы 140/11 и 140/21. Режим 700/21, хотя и приближается к контрольному варианту по числу значимых коэффициентов (шесть), но по большинству пар признаков не совпадает с ним. Самое большое число значимых коэффициентов (десять, т.е. по всем возможным парам признаков) зафиксировано для режима 420/11, чуть меньше (по девять) – для вариантов 140/1 и 700/1. На остальных опытных вариантах число значимых коэффициентов составляет 7-8.

Разброс коэффициентов по парам признаков тоже весьма неравномерный. Так, для пар число корней – длина корней и число корней – длина ростков установлено только 3-4 взаимосвязи средней силы, в то время как для пар длина корней – сырая масса корней, длина ростков – сырая масса ростков и сырая масса корней – сырая масса ростков таких связей уже десять (т.е. на всех режимах, включая и контрольный). Значение коэффициента, т.е. теснота взаимосвязи, может существенно меняться в зависимости от мощности и экспозиции обработки. Высокие коэффициенты корреляции ( $R=0,898$ ) отмечены на шестом опытном варианте (420/21), что сви-

детельствует о наличии высокой сопряженности.

Выявленная высокая сопряженность длины корней и их сырой массы свидетельствует о том, что все зародышевые корни тритикале развиваются примерно с одинаковой скоростью, и второстепенные корни ненамного уступают главному в длине.

### Закключение

Установлено, что биотропность мощности и экспозиции электромагнитного поля сверхвысокой частоты проявляет себя в разных показателях – от изменения всхожести до изменения интенсивности развития проростков, что на практике выражается в различии их биометрических показателей, а также степени обводненности.

Всхожесть по режимам изменяется незначительно, за исключением резкого ее уменьшения до 36,67% на шестом варианте 420/21. Существенного повышения жизнеспособности зародыша семени с помощью СВЧ-обработки добиться не удалось. Число корней, как и всхожесть, проявляет низкую биотропность на изучаемые параметры СВЧ; незначительное увеличение числа корней зарегистрировано при обработке зерна СВЧ-полем в режиме 700/1.

Показано, что длина корней и ростков увеличивается при воздействии режимов среднего и высокого уровней мощности (420 и 700 Вт), за исключением самого интенсивного варианта 700/21. Наибольшей стимуляции ростовых процессов ростка и

главного корня удалось добиться при обработке ЭМП СВЧ 700 Вт в течение 1 и 11 с соответственно. Для показателей сырая масса корней и ростков обнаруживается более однозначный режим – оба показателя достигают максимума при СВЧ-обработке на режиме 700/1. Повышенное содержание сухих веществ в корнях обнаружено в третьем и седьмом опытных вариантах 140/21 и 700/1, в ростках – в седьмом при 700/1. Таким образом, накопление сухой массы и воды обусловлено как мощностью ЭМП СВЧ, так и временем обработки.

В норме (на контрольном варианте) подавляющее большинство изучаемых морфометрических признаков (длина и сырая масса корней и ростков, а также число корней) либо слабо связаны между собой, либо проявляют связь средней силы. После СВЧ-обработки число значимых коэффициентов корреляции значительно увеличивается, т.е. возрастает согласованность в развитии корней и ростков.

#### Библиографический список

1. Dalmoro A., Barba A.A., Caputo S., Marra F., Lamberti G. Microwave technology applied in post-harvest treatments of cereals and legumes // *Chemical Engineering Transactions*. – 2015. – Vol. 44. – P. 13-18. DOI: 10.3303/CET1544003.
2. Беляченко Ю.А., Усанов А.Д., Тырнов 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.
3. Трибрат Н.С., Чуюн О.М., Раваева М.Ю. Влияние электромагнитных излучений различного диапазона на процессы микроциркуляции // *Уч. зап. Таврич. нац. ун-та им. В.И. Вернадского*. – Сер. «Биология, химия». – 2009. – Т. 22. – № 4. – С. 182-201.
4. Яшин С.А. Исследование биотропных свойств электромагнитных полей со специальными характеристиками и аппаратурная реализация волновой терапии в стоматологии: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тула, 2002. – 21 с.
5. Jalkanen K.J., Suhai S., Bohr H. Quantum molecular biological methods using density functional theory. In H.G. Bohr (Ed.), *Handbook of Molecular Biophysics. Methods and Applications* (pp. 7-66). Wiley-VCH, 2009.
6. Buffler CR. Microwave cooking and processing: engineering fundamentals for the

food scientist. New York: Van Nostrand Reinhold; 1993.

7. Ганеев И.Р., Файзрахманов Ш.Ф. Выявление зависимости кинетики сушки от мощности СВЧ-излучения // *Ремонт. Восстановление. Реновация: матер. II Всерос. науч.-практ. конф.* – Уфа: Башкирский ГАУ, 2011. – С. 95-96.

8. Ерохин А.И. Научно-теоретическое обоснование снижения пестицидной нагрузки на предпосевной обработке семян зернобобовых и крупяных культур: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – Орел, 2013. – 50 с.

9. Грецова Н.В., Шеин А.Г. Модель воздействия электромагнитного излучения низкой интенсивности на биологический триггер с учетом пассивного транспорта веществ через мембрану клетки // *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. – 2006. – № 4. – С. 4-14.

10. Соболева О.М. Особенности развития СВЧ-обработанного зерна озимой пшеницы на ранних этапах онтогенеза // *Актуальные проблемы сохранения и развития биологических ресурсов: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф.* – Екатеринбург: УрГАУ, 2015. – С. 430-433.

11. Ragma L., Mishra S., Ramachandran V., Bhatia M. Effects of low-power microwave fields on seed germination and growth rate // *Journal of Electromagnetic Analysis and Applications*. – 2011. – Vol. 3 (5). – P. 165-171. DOI: 10.4236/jemaa.2011.35027.

12. Radzevicius A., Sakalauskiene S., Dagys M., et al. The effect of strong microwave electric field radiation on: (1) vegetable seed germination and seedling growth rate // *Zemdirbyste-Agriculture*. – 2013. – Vol. 100 (2). – P. 179-184.

13. Ursache M., Mindru G., Creanga D.E., et al. The effects of high frequency electromagnetic waves on the vegetal organisms // *Rom. Journ. Phys.* – 2009. – Vol. 54 (1-2). – P. 133-145.

#### References

1. Dalmoro A., Barba A.A., Caputo S., Marra F., Lamberti G. Microwave technology applied in post-harvest treatments of cereals and legumes // *Chemical Engineering Transactions*. – 2015. – Vol. 44. – P. 13-18. DOI: 10.3303/CET1544003.
2. Belyachenko Yu.A., Usanov A.D., Tyrnov V.S., Usanov D.A. Vliyanie nizkочастотного магнитного polya na mitoticheskuyu aktivnost apikalnykh meristem kukuruzy //

- Vestnik Saratovskogo GAU im. N.I. Vavilova. – 2008. – № 1. – S. 5-6.
3. Tribat N.S., Chuyan O.M., Ravava M.Yu. Vliyaniye elektromagnitnykh izlucheniye razlichnogo diapazona na protsessy mikrotsirkulyatsii // Uch. zap. Tavrich. nats. un-ta im. V.I. Vernadskogo. Ser. «Biologiya, khimiya». – 2009. – T. 22. – № 4. – S. 182-201.
4. Yashin S.A. Issledovanie biotropnykh svoystv elektromagnitnykh poley so spetsialnymi kharakteristikami i apparaturnaya realizatsiya volnovoy terapii v stomatologii: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. – Tula, 2002. – 21 s.
5. Jalkanen K.J., Suhai S., Bohr H. Quantum molecular biological methods using density functional theory. In H.G. Bohr (Ed.), Handbook of Molecular Biophysics. Methods and Applications (pp. 7-66). Wiley-VCH. 2009.
6. Buffler CR. Microwave cooking and processing: engineering fundamentals for the food scientist. New York: Van Nostrand Reinhold; 1993.
7. Ganeev I.R., Fayzrakhmanov Sh.F. Vyavlenie zavisimosti kinetiki sushki ot moshchnosti SVCh izlucheniya // Remont. Vosstanovlenie. Renovatsiya: materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Ufa: Bashkirskiy GAU, 2011. – S. 95-96.
8. Erokhin A.I. Nauchno-teoreticheskoe obosnovanie snizheniya pestitsidnoy nagruzki na predposevnoy obrabotke semyan zernobobovykh i krupyanykh kultur: avtoref. dis. ... dokt. s.-kh. nauk. – Orel, 2013. – 50 s.
9. Gretsova N.V., Shein A.G. Model vozdeystviya elektromagnitnogo izlucheniya nizkoy intensivnosti na biologicheskiy trigger s uchetom passivnogo transporta veshchestv cherez membranu kletki // Biomeditsinskie tekhnologii i radioelektronika. – 2006. – № 4. – S. 4-14.
10. Soboleva O.M. Osobennosti razvitiya SVCh-obrabotannogo zerna ozimoy pshenitsy na rannikh etapakh ontogeneza // Aktualnye problemy sokhraneniya i razvitiya biologicheskikh resursov: sb. mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Ekaterinburg: UrGAU, 2015. – S. 430-433.
11. Raha L., Mishra S., Ramachandran V., Bhatia M. Effects of low-power microwave fields on seed germination and growth rate // Journal of Electromagnetic Analysis and Applications. – 2011. – Vol. 3 (5). – P. 165-171. DOI: 10.4236/jemaa.2011.35027.
12. Radzevicius A., Sakalauskiene S., Dagys M., et al. The effect of strong microwave electric field radiation on: (1) vegetable seed germination and seedling growth rate // Zemdirbyste-Agriculture. – 2013. – Vol. 100 (2). – P. 179-184.
13. Ursache M., Mindru G., Creanga D.E., et al. The effects of high frequency electromagnetic waves on the vegetal organisms // Rom. Journ. Phys. – 2009. – Vol. 54 (1-2). – P. 133-145.

