

УДК 582.661.46:537.5

*Е.Г. Голубовская,
магистрант кафедры общей биологии и ботаники БГПУ;*

*Ж.Э. Мазец,
кандидат биологических наук, доцент
кафедры общей биологии и ботаники БГПУ;*

*Н.В. Пушкина,
сотрудник лаборатории радиофизических исследований
НИИ ЯП БГУ;*

*В.А. Карпович,
кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией
радиофизических исследований НИИ ЯП БГУ*

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА *LAMIACEAE* LINDL. НА НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА

Введение. В настоящее время в Беларуси ощущается дефицит доступных для населения профилактических и лечебных средств природного происхождения. Широкий спектр заболеваний вследствие загрязнения экологической среды отходами промышленного и сельскохозяйственного производства, а также аварии на Чернобыльской АЭС обуславливает особую актуальность использования высоковитаминных препаратов и пищевых добавок растительного происхождения, обладающих широким адаптогенным и иммуномоделирующим действием. Однако их производство в республике имеет весьма ограниченный характер из-за отсутствия достаточного количества исходного сырья, что усиливает зависимость Беларуси от импортных поставок готовых лекарственных форм и субстанций для фармацевтической отрасли [1]. В связи с этим повышение урожайности лекарственных культур за счет использования современных экологически безопасных и экономически выгодных технологий возделывания является весьма актуальным направлением современных исследований.

Улучшение посевных качеств семян, то есть повышение их энергии прорастания и всхожести, дает возможность сократить норму высева и получить прибавку урожая, позволив не только сократить затраты на производство семян, но и значительно увеличить конечную прибыль [2]. Вследствие этого важное место в системе экологических мероприятий, направленных на получение высоких урожаев, принадлежит предпосевной обработке семян [3].

Известны различные способы предпосевной обработки семян: химические, биологические и физические. Однако использование протравителей – экологически небезопасный прием в отношении здоровья человека и состояния окружающей среды. Кроме того, химические препараты, как правило, являются предметом импорта и требуют валютных затрат, что приводит к повышению себестоимости выращиваемых культур. Электромагнитная обработка семенного материала может рассматриваться в технологии промышленного воздействия на лекарственные культуры как альтернатива традиционным химическим и биологическим методам предпосевной обработки семян, поскольку она является экологически более безопасным методом и не требует значительных материальных затрат [4].

Несмотря на то, что электромагнитное излучение СВЧ-диапазона (ЭМИ) интенсивно исследуется в последние 25–30 лет на различных биологических объектах (от бактерий до тканей и органов человека), многое остается еще не изученным [4]. На данный момент в нашей стране проводятся исследования, направленные на отбор наиболее оптимальных режимов электромагнитного воздействия для повышения агрономического качества семян большинства сельскохозяйственных культур. Однако для большинства лекарственных растений таких данных нет не только в нашей стране, но и за рубежом. В связи с этим в республике ведется работа, связанная с изысканием возможности повышения качества семенного материала и неснижения качества фитосырья, в том числе и из лекарственных растений семейства *Lamiaceae Lindl.*

Полученные в ходе исследования результаты по частотно-селективному отклику лекарственных растений семейства *Lamiaceae Lindl.* на различные виды электромагнитного воздействия позволят отобрать наиболее оптимальные режимы воздействия, повышающие энергию прорастания и всхожесть данных культур в условиях Республики Беларусь, а значит, будут способствовать увеличению сырьевой базы для фармацевтической промышленности. Это, вероятно, поможет государству избавиться от импортной зависимости.

В связи с этим целью данной работы было исследование влияния различных режимов низкоинтенсивного электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на посевные качества семян, морфометрические параметры растений и содержание фотосинтетических пигментов в листьях лекарственных культур семейства *Lamiaceae Lindl.* в лабораторных условиях.

Задачи исследования:

– оценить влияние различных режимов низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) на энергию прорастания и всхожесть семян иссопа лекарственного (*Hyssopus officinalis L.*) и многоколосника морщинистого *Agastache rugosa (Fisch. et Mey.) O. Kuntze;*

– изучить влияние ЭМИ на интенсивность ростовых процессов изучаемых культур на ранних этапах развития;

– проанализировать влияние ЭМИ на накопление основных фотосинтетических пигментов у изучаемых растений.

Суть данного воздействия заключается в том, что семена обрабатываются внешним источником электромагнитного излучения волн различной частоты, мощности и времени воздействия, при этом растительные объекты определенным образом реагируют на специфическую для них резонансную частоту. Такой подход устраняет необходимость повторной (часто неоднократно) электромагнитной обработки посевов [4].

Объекты и методы исследования.

Объектами для изучения были выбраны семена *Hyssopus officinalis L.* (иссопа лекарственного) и *Agastache rugosa (Fisch. et Mey.) O. Kuntze* (многоколосника морщинистого). Иссоп лекарственный и многоколосник морщинистый входят в фармакопеи многих стран и применяются как антисептическое, отхаркивающее, жаропонижающее, спазмолитическое, мочегонное, противоглистное, противоревматическое, успокоительное средство, широко применяется также в парфюмерной

и пищевой промышленности. Для медицинских целей используются листья и облиственные верхушки побегов растений [5–6].

Для исследования были отобраны сорта «Лазурит» *Hyssopus officinalis L.* и «Коралл» *Agastache rugosa (Fisch. et Mey.) O. Kuntze* из коллекции ГНУ «Центральный Ботанический сад НАН Беларуси».

В ходе экспериментов выявлялось влияние электромагнитного поля сверхвысокочастотного диапазона из расчета на объем семян. Обработка семян производилась в НИИ ядерных проблем БГУ в трех режимах: Режим 1 (частота обработки 54–78 ГГц, время обработки 20 минут); Режим 2 (частота обработки 64–66 ГГц, время обработки 12 минут); Режим 3 (частота обработки 64–66 ГГц, время обработки 8 минут).

Исследования проводились на базе агробиостанции «Зеленое» (БГПУ) и ЦБС НАН Беларуси в условиях лабораторных опытов.

Лабораторный эксперимент был заложен в трехкратной повторности для каждого сорта и режима обработки. Семена проращивали в растильнях на увлажненной фильтровальной бумаге при температуре 20–21 °С. Каждая партия контрольных и опытных образцов содержала по 50 семян. В ходе опыта оценивались энергия прорастания и всхожесть семян, а также морфометрические параметры исследуемых растений и уровень фотосинтетических пигментов в листьях растений на ранних этапах онтогенеза [7]. Полученные результаты обрабатывались с помощью статистического пакета программ M. Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате опытов был установлен избирательный характер действия ЭМИ СВЧ-диапазона в двух частотных режимах на энергию прорастания, всхожесть, морфометрические показатели растений и содержание фотосинтетических пигментов в листьях исследуемых растений.

Критерии оценки выбирались не случайно, так как по энергии прорастания и всхожести судят о степени пригодности семян к посеву. Энергия прорастания семян тесно связана с их полевой всхожестью, предопределяет интенсивность роста, развития растений и их продуктивность и является надежным критерием их жизнеспособности в процессе длительного хранения.

В результате опытов было установлено положительное влияние изучаемых режимов обработки на энергию прорастания и всхожесть семян *Hyssopus officinalis L.* и *Agastache rugosa (Fisch. et Mey.) O. Kuntze*. Так, установ-

лено, что Режим 1 на 47 % увеличивал всхожесть иссопа, тогда как Режимы 2 и 3 стимулировали данный показатель несколько меньше – на 19 и 9 % соответственно. Лабораторная всхожесть семян многоколосника увеличивалась по отношению к контрольным образцам только при обработке семян Режимом 1 (на 8 %), в остальных режимах обработки всхожесть семян была ниже всхожести семян контрольных образцов [8].

Оценка морфометрических характеристик – длины проростков и корней – *Hyssopus officinalis* L. показала, что у 11-дневных проростков длина корней и проростков несколько больше по отношению к контрольным образцам у растений, обработанных Режимом 2 (на 4 % и 9 % соответственно), у 17- и 21-дневных проростков – Режимами 1 и 2 (таблица 1).

При воздействии Режимом 1 наиболее существенно увеличивалась масса корней растений иссопа по отношению к контрольным образцам 11-, 17- и 21-дневных проростков (на 32 %, 18 % и 38 % соответственно). Что касается проростков, то их масса изменялась незначительно относительно контроля (таблица 2).

Наиболее высокий стимулирующий эффект на длину корней 11-дневных растений

Agastache rugosa (Fisch. et Mey.) O. Kuntze наблюдался при обработке растений Режимом 3 (на 8 % по отношению к контрольным образцам), но к 21 дню отмечалось резкое снижение этого показателя. Наиболее высокий стимулирующий эффект на длину корней 21-дневных растений наблюдался при обработке растений Режимом 2 (на 29 % по отношению к контрольным образцам). В ходе исследования было выявлено, что Режим 3 является достаточно стрессогенным, что отражается в торможении роста проростков относительно контроля на протяжении исследования. Адаптация растений к воздействию Режимы 2 идет волнообразно, но достоверно не отличается от контрольных значений (рисунок 1).

При анализе влияния изучаемых режимов на массу корней и проростков многоколосника установлено, что наиболее существенные различия наблюдались к 21 дню, когда отмечался наиболее высокий стимулирующий эффект на массу корней при обработке растений Режимом 2 (на 61 %), а на массу проростков – при обработке растений Режимом 3 (на 46 %) по отношению к контрольным образцам (рисунок 2).

Таблица 1 – Влияние предпосевной обработки семян ЭМИ СВЧ на длину корней и проростков 11-, 17- и 21-дневных растений *Hyssopus officinalis* L.

| Вариант | Длина корней, мм | | | Длина проростков, мм | | |
|----------|------------------|------------|------------|----------------------|------------|------------|
| | 11 день | 17 день | 21 день | 11 день | 17 день | 21 день |
| Контроль | 21,82±6,96 | 20,03±5,62 | 20,81±5,39 | 19,94±4,53 | 34,62±6,45 | 36,15±8,13 |
| Режим 1 | 18,42±6,63 | 22,04±7,35 | 25,96±8,60 | 17,75±5,53 | 34,15±5,21 | 47,92±6,84 |
| Режим 2 | 22,63±6,88 | 23,22±7,38 | 21,00±7,58 | 21,67±2,99 | 33,99±5,55 | 49,00±9,40 |
| Режим 3 | 20,13±6,90 | 18,71±3,14 | 20,42±6,67 | 18,71±5,41 | 33,20±7,58 | 42,42±8,57 |

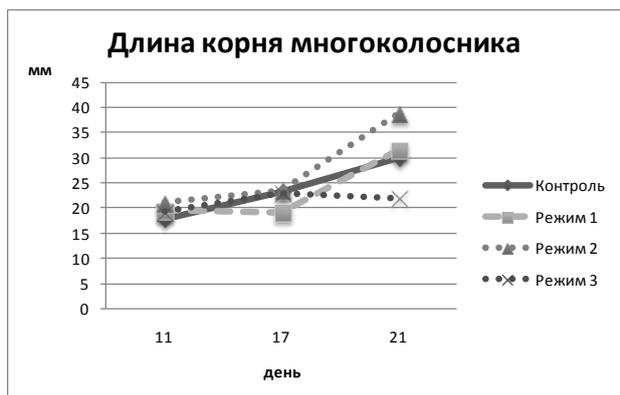
Примечание. Различия между средними значениями статистически не достоверны при $p \leq 0,05$.

Таблица 2 – Влияние предпосевной обработки семян ЭМИ СВЧ на массу корней и проростков 11-, 17- и 21-дневных растений *Hyssopus officinalis* L.

| Вариант | Масса корней, мг | | | Масса проростков, мг | | |
|----------|------------------|-----------|-----------|----------------------|------------|------------|
| | 11 день | 17 день | 21 день | 11 день | 17 день | 21 день |
| Контроль | 3,41±1,70 | 4,49±0,34 | 2,88±1,14 | 7,59±2,09 | 9,07±1,368 | 10,27±2,91 |
| Режим 1 | 4,67±1,97 | 5,31±1,75 | 4,33±1,91 | 6,50±1,09 | 10,01±1,78 | 11,06±2,94 |
| Режим 2 | 4,07±1,91 | 4,55±1,13 | 3,36±1,80 | 8,43±2,68 | 8,07±1,14 | 11,36±2,25 |
| Режим 3 | 3,67±1,84 | 4,91±1,89 | 2,45±1,27 | 7,79±2,29 | 7,44±0,64 | 10,47±2,80 |

Примечание. Различия между средними значениями статистически не достоверны при $p \leq 0,05$.

А



Б

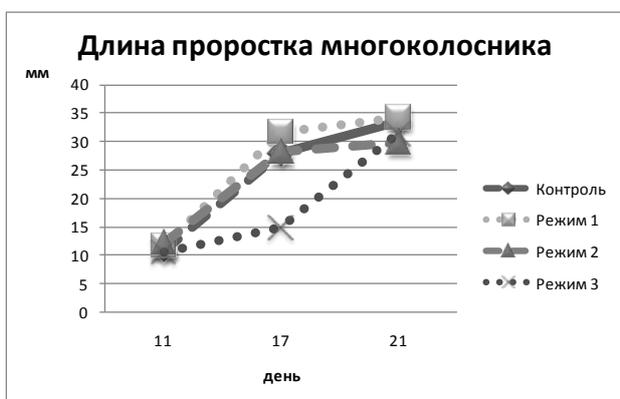


Рисунок 1 – Влияние предпосевной обработки семян ЭПИ СВЧ на длину корней (А) и проростков (Б) *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze

А



Б

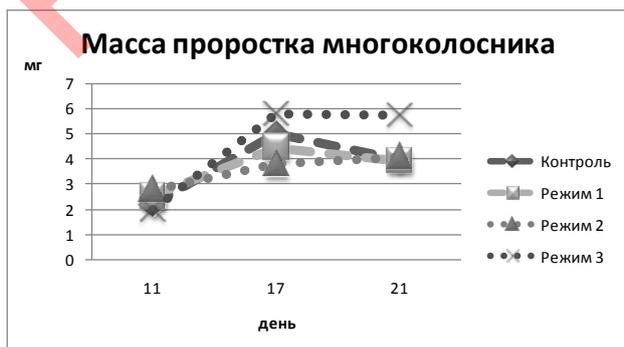


Рисунок 2 – Влияние предпосевной обработки семян ЭПИ СВЧ на массу корней (А) и проростков (Б) *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze

Характер ростовых процессов во многом зависит от интенсивности протекания процесса фотосинтеза, который в свою очередь определяется сформированностью аппарата фотосинтеза и уровнем фотосинтетических пигментов.

В результате анализа влияния ЭМИ СВЧ на накопление основных фотосинтетических пигментов в листьях растений *Hyssopus officinalis* L. было установлено, что обработка семян иссопа Режимом 2 и 1 привела к существенному увеличению уровня хлорофилла а и каротиноидов, а также к снижению содержания хлорофилла b по сравнению с контролем. Отмечено, что обработка семян иссопа Режимом 3 вызвала существенное увеличение уровня хлорофилла b и торможение накопления хлорофилла а и каротиноидов (рисунок 3).

Такой же результат наблюдался и у растений *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze. Содержание фотосинтетических пигментов по сравнению с контролем в листьях 11- и 17-дневных проростков наиболее интенсивно увеличивалось при обработке семян многоколосника Режимом 1, а в листьях 21-дневных проростков – при обработке се-

мян многоколосника Режимом 2 (данные не приводятся).

Наиболее высокие значения соотношения суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам ($\Sigma\text{хл-ов/кар.}$) по отношению к контрольным образцам в листьях 11-дневных проростков иссопа лекарственного наблюдалось у растений, прошедших предпосевную обработку Режимом 1, а у 21-дневных – Режимом 3. Анализ подобной реакции пигментного пула растений *Hyssopus officinalis* L. позволяет сказать, что на начальных этапах онтогенеза вплоть до 17 дня идет адаптация к стрессогенному воздействию ЭМИ. Однако к 21 дню отмечается увеличение соотношения суммарной фракции $\Sigma\text{хл-ов/кар.}$, сопровождающееся активизацией ростовых процессов, особенно в случае Режимом 2 (таблица 3).

В листьях 11-дневных проростков многоколосника морщинистого соотношения суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам было максимальным у растений, прошедших предпосевную обработку Режимом 3, в листьях 17-дневных проростков – в случае Режимом 1, а в листьях 21-дневных проростков – у растений, обработанных Режимом 2 (таблица 3).

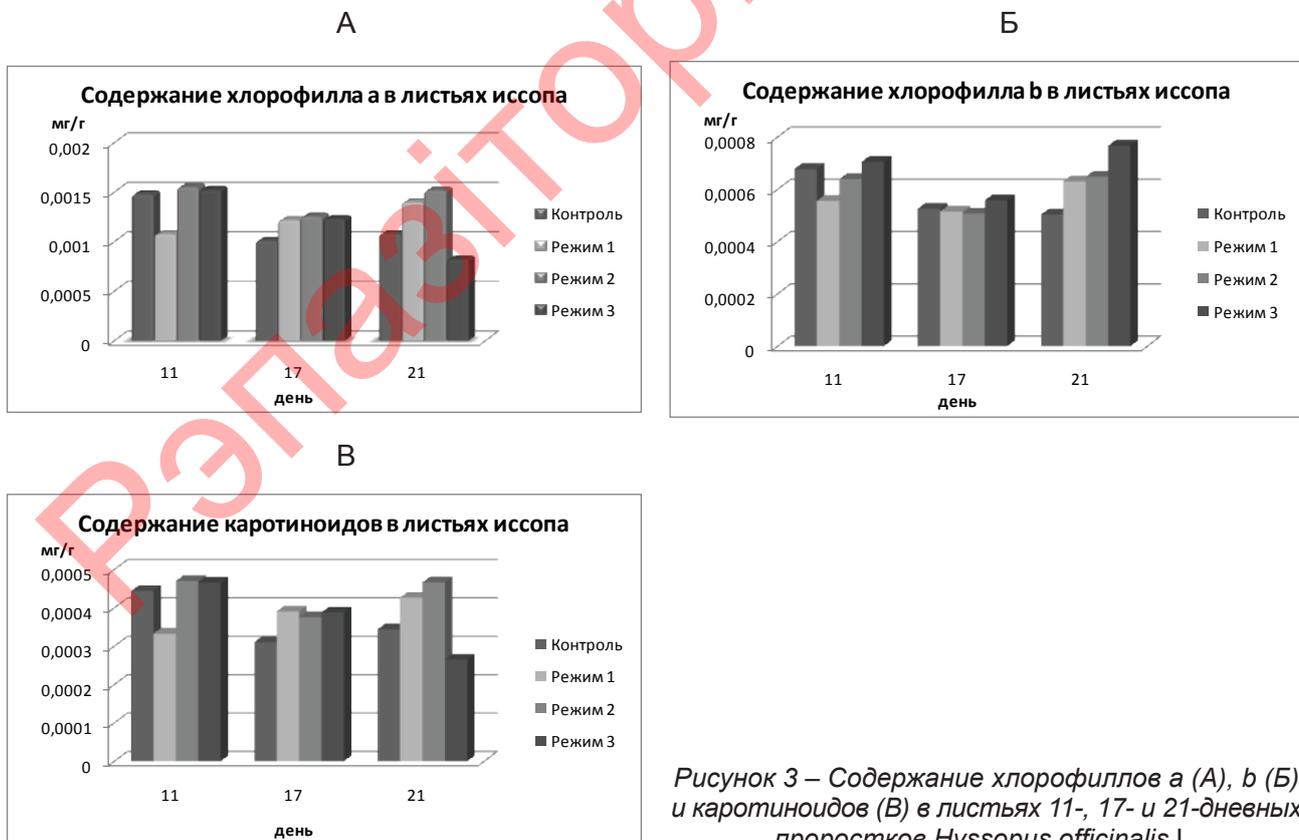


Рисунок 3 – Содержание хлорофиллов а (А), b (Б) и каротиноидов (В) в листьях 11-, 17- и 21-дневных проростков *Hyssopus officinalis* L.

Таблица 3 – Соотношение суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам (Σхл-ов/кар) в листьях *Hyssopus officinalis* L. и *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze

| Вариант | <i>Hyssopus officinalis</i> | | | <i>Agastache rugosa</i> | | |
|----------|-----------------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|
| | 11 день | 17 день | 21 день | 11 день | 17 день | 21 день |
| Контроль | 4,855 | 4,936 | 4,594 | 4,841 | 7,173 | 5,060 |
| Режим 1 | 4,903 | 4,426 | 4,752 | 4,838 | 8,627 | 5,081 |
| Режим 2 | 4,651 | 4,683 | 4,638 | 4,887 | 4,713 | 8,100 |
| Режим 3 | 4,783 | 4,598 | 5,987 | 6,187 | 4,523 | 4,669 |

В ходе сопоставления характера ростовых процессов и соотношения Σхл-ов/кар выявлена специфическая реакция растений *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze на низкоинтенсивное ЭМИ. Установлено, что в данном случае наиболее стрессогенным был Режим 3, а наименее – Режим 2. Однако в случае Режима 3 происходила активация ростовых процессов относительно контроля.

Итак, предпосевная электромагнитная обработка семян *Hyssopus officinalis* L. и *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze вызывает сдвиги в количественном содержании основных фотосинтетических пигментов, что, вероятно, определяет изменения в характере ростовых процессов этих растений. Количественная и качественная трансформация аппарата фотосинтеза под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного воздействия, вероятно, – одна из сторон механизма взаимодействия волн СВЧ-диапазона с растительными объектами.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что наиболее позитивный результат на агрономические качества семян, рост и развитие *Hyssopus officinalis* L. и *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze на начальных этапах онтогенеза был получен при обработке семян Режимами 1 и 2 низкоинтенсивного электромагнитного излучения. Соотношение суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам в листьях растений *Hyssopus officinalis* L. и *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze является достоверным маркером стрессовой реакции. Из этого следует, что растения *Hyssopus officinalis* L. и *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze, прошедшие обработку Режимами 1 и 2, наиболее стрессоустойчивы на ранних этапах онтогенеза. Это, вероятно, обуславливает их адаптивные свойства на более поздних этапах развития. Специфическая реакция изучаемых растений на низкоинтенсивное ЭМИ, скорее всего, вызвана особенностями их эндогенных ритмов.

Результаты исследований позволяют заключить, что предпосевная обработка низкоин-

тенсивным микроволновым излучением, производимая в НИИ ядерных проблем БГУ, является эффективным средством повышения агрономических качеств семян *Hyssopus officinalis* L. и *Agastache rugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze и может быть рекомендована в практике растениеводства. Это позволит экономить финансовые средства за счет снижения объемов закупки элитных семян, а также отсутствия необходимости применения традиционных химических и биологических методов их предпосевной подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоэкологические особенности выращивания пряно-ароматических лекарственных растений / А.А. Аутко [и др.] – Минск: Тоник, 2003. – 160 с.
2. Ламан, Н.А. Физиологические основы и технологии предпосевной обработки семян: ретроспективный анализ, достижения и перспективы / Н.А. Ламан // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы V Междунар. науч. конф., г. Минск, 28–30 нояб. 2007 г. / Ин-т экспериментальной ботаники НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2007. – С. 1.
3. Ниязов, А.М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / А.М. Ниязов; Ижев. гос. сельскохозяй. акад. – М., 2001. – 18 с.
4. Влияние плазменно-радиоволновой обработки на агрономические качества семян / Е.А. Городецкая [и др.] // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 75-летию со дня образования ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск, 12–15 июня 2007 г. – Т. 1. – С. 143–145.
5. Лавренева, Г.В. Лекарственные травы: Травы, дарующие здоровье: в 2 кн. / Г.В. Лавренева. – Минск: ТЕРРА, 1996. – Кн. 2. – С. 33–34.
6. <http://supersadovod.ru/preanie-travi/pryanyie-yasnotkovyie/lofant/>
7. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по физиологии растений: учеб.-метод. пособие / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина. – М.: Высш. шк. – 1975. – 322 с.
8. Голубовская, Е.Г. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения на физиолого-биохимические показатели *Hyssopus officinalis* и *Monarda fistulosa* L. / Е.Г. Голубовская [и др.] // Лекарственные растения:

фундаментальные и прикладные проблемы: материалы I Междунар. науч. конф. (21–22 мая 2013 г., г. Новосибирск) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – С. 35–37.

SUMMARY

*The article is devoted to the peculiarities of the electromagnetic field influence in the microwave range on agronomic quality of seeds, morphometric parameters of plants and the content of photosynthetic pigments in the leaves of plants *Hyssopus officinalis* L.*

*variety «Lapis» and *Agastacherugosa* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze variety «Coral». A selective effect of different modes of pre-sowing action on the tested plants seeds was revealed. Specific reaction of plants to low-intensity electromagnetic radiation was identified in the comparison of the growth processes nature to the ratio of the total fraction of chlorophylls to carotenoids.*

Поступила в редакцию 09.08.2013 г.

Репозіторій БДПУ