

distinct populations were ascertained. For the first time quantitative content of flavonoids and phenol carbonic acids was measured in populations of the genus *Prunella* L. in the Middle Urals.

Key words: *Prunella*, morphological structure of the population, flavonoids, phenolic acids, Middle Ural.

Раст. ресурсы, вып. 2, 2013

ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА *MELISSA OFFICINALIS* (LAMIACEAE)

© Н. В. Пушкина^{1,*}, Ж. Э. Мазец^{**}, Е. В. Спиридович^{***}, В. А. Карнович^{*}

В статье рассматриваются особенности роста и развития проростков Melissa лекарственной *Melissa officinalis* L., выросших из семян,² подвергнутых различным режимам предпосевной микроволновой обработки. В ходе исследований выявлены сдвиги в накоплении основных фотосинтетических пигментов в ответ на обработку. Предполагается, что количественная и качественная трансформация аппарата фотосинтеза, происходящая под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного воздействия, является одной из сторон механизма взаимодействия волн СВЧ-диапазона с растительными объектами.

Ключевые слова: *Melissa officinalis*, семена, предпосевная обработка, микроволновое излучение, фотосинтетические пигменты.

Тема воздействия низкоинтенсивных электромагнитных волн на биологические объекты имеет фундаментальное значение для многих отраслей науки, но особенно актуальна в области применения этих волн в биологии и медицине. Выяснение механизмов взаимодействия данных волн с живыми организмами может быть осуществлено при объединении усилий специалистов разных областей знаний.

Данная тема имеет большой научный и практический интерес и при ее широком внедрении в агропромышленном комплексе может дать значительный экономический эффект. Возможные области применения низкоинтенсивных электромагнитных полей сверхвысокочастотного диапазона (ЭМП СВЧ) в агропромышленном комплексе обнаружены сравнительно недавно, и переход от экспериментальной проверки результатов к широкому хозяйственному применению еще не произошел. Использование воздействия микроволновых электромагнитных полей в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, медицине, фармакологии в настоящее время определено достаточно ясно. Экспериментально установлены режимы обработки, эффективные при решении ряда задач, к примеру, при дезинфекции семян, в различных биотехнологических процессах с участием микроорганизмов и т. д. (Тамбиев и др., 1986, 1987; Тамбиев, Кирикова, 1998). Реакция биологических объектов на воздействие низкоинтенсивных ЭМП СВЧ может происходить на различных структурных

¹ E-mail: nadyapushkina@inp.bsu.by

² Обрабатывались эремы (доли плода), далее — семена.

уровнях живого организма — от молекулярного и клеточного до организма в целом. Под воздействием ЭМП СВЧ в клетках биологических объектов могут дополнительно синтезироваться вещества, влияющие на иммунный статус биологического объекта. Воздействие низкоинтенсивного ЭМП СВЧ на семена сельскохозяйственных культур приводит к активации процессов биосинтеза и ускоренному делению клеток, а также к восстановлению связей и функций, нарушенных из-за болезней (Тамбиев, Кирикова, 2000). И. Ю. Петров с соавторами (1991) обнаружили стимулирующий эффект воздействия миллиметровых волн на семена салата (по сравнению с контролем их всхожесть увеличилась на 38, масса — на 36—41 %), томатов (всхожесть — на 38 %), укропа (всхожесть — на 35, масса — на 43 %).

Говоря об электромагнитном излучении (ЭМИ) СВЧ-диапазона, мы имеем ввиду частоты, расположенные в диапазоне от 1 до 100 ГГц (Бинги, 2003), в котором в настоящее время создана элементная база, достаточная для проведения широкомасштабных исследований по воздействию на живые клетки. На сегодня ясно, что ЭМИ СВЧ-диапазона является инструментом, способным воздействовать дистанционно на живые организмы как в целом, так и на уровне клетки или отдельных органов. Воздействие электромагнитных полей на биологические объекты может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия.

Как показали проведенные ранее исследования, физические способы предпосевной обработки семян могут рассматриваться в технологии промышленного возделывания как дополнение к традиционным химическим и биологическим методам обработки. В сельскохозяйственной практике используют различные способы предпосевной обработки семян: воздействие электрических, электростатических, магнитных полей; пониженных и переменных температур на таких культурах, как ячмень (Ниязов, 2001), яровая пшеница (Курочкина, 2009), фасоль (Вербицкая, 2001), люцерна (Чудин, 2008), сахарная свекла (Джамбазишвили, 1974). Результаты проведенных исследований дали значительный положительный эффект. Однако на лекарственных культурах такой физический метод предпосевной обработки, как электромагнитное излучение, до сих пор практически не изучался.

В области изучения целебных свойств лекарственных растений достигнуты большие успехи. Многие из лекарственных препаратов растительного происхождения являются исключительно ценными средствами, без которых невозможно было бы лечение ряда заболеваний. Кроме того, фитопрепараты имеют ряд преимуществ по сравнению с их синтетическими аналогами, так как они практически не оказывают побочных эффектов на организм человека. Однако эффективное производство лекарственного сырья требует использования современных экологически чистых технологий подготовки и хранения семенного фонда. Получение полноценного урожая во многом зависит от качества посевного материала, поэтому предпосевная обработка семян является одной из важных предпосылок рентабельного производства лекарственных культур.

Новые фундаментальные знания о механизмах, определяющих способность семян не терять физиологическое качество при действии неблагоприятных условий, позволяют в будущем разработать оригинальные способы их обработки. С этой целью используют различные физические способы обработки семян, среди которых, в частности, выделяют предпосевную микроволновую обработку.

В связи с этим целью данной работы явилось определение влияния предпосевной микроволновой обработки семян на всхожесть, энергию прорастания и накопление пигментов фотосинтетического аппарата в листьях мелиссы лекарственной *Melissa officinalis* L.

Для достижения поставленной цели необходимо было определить влияние предпосевного микроволнового излучения на всхожесть и энергию прорастания исследуемой культуры в зависимости от режима воздействия, установить влияние предпосевной обработки на морфометрические параметры на ранних этапах онтогенеза, показать влияние различающихся по интенсивности и времени воздействия режимов обработки на накопление основных фотосинтетических пигментов.

Мелисса лекарственная на протяжении двух тысячелетий успешно используется в народной и научной медицине многих стран мира. Препараты мелиссы лекарственной обладают антидепрессантными, иммуномодулирующими, противовирусными, антиаллергическими и антимикробными свойствами (Путырский, 2005); выраженный седативный эффект описан для цитронеллала, а спазмолитические свойства — для гераниола и цитронеллола. Фенилпропаноиды (розмариновая, кофейная, хлорогеновая и другие гидроксикоричные кислоты) следуют рассматривать как биологически активные соединения, ответственные за противовирусные, иммуномодулирующие, антигистаминные, антиоксидантные и антимикробные свойства субстанций данного растения (Дудченко и др., 1989).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили семена *M. officinalis* сорта «Заря». В естественных условиях Беларуси мелисса лекарственная не произрастает, поэтому особенно актуальным является изучение различных способов предпосевной обработки семян данного интродуцента, повышающих их всхожесть и устойчивость растений мелиссы к неблагоприятным факторам внешней среды.

Семена были обработаны низкоинтенсивным микроволновым излучением из расчета на объем на расчетной длине волны внешнего воздействия. Обработку проводили при мощности воздействия 10 мВт в различных частотных режимах: режим 1 — частота обработки 53.57—78.33 ГГц, время обработки 20 мин; режим 2 — частота обработки 64.0—66.0 ГГц, время воздействия 12 мин, режим 3 — частота обработки 64.0—66.0 ГГц, время обработки 8 мин.

Микроволновая обработка семян мелиссы лекарственной производилась в Институте ядерных проблем Белорусского государственного университета на лабораторной установке для обработки семян различных сельскохозяйственных культур в широком частотном диапазоне (от 37 до 78 ГГц) с плавной регулировкой мощности от 1 до 10 мВт. Установка содержала источник сигнала — генератор (сменный) качающей частоты, развязывающий вентиль (широкополосный), предназначенный для уменьшения влияния отражений в волноводном тракте на частоту СВЧ колебаний источника сигнала, аттенюатор, блок управления, рупорную антенну, емкость для размещения обрабатываемых семян (Karpovich et al., 2001).

Проращивание семян проводили в рулонах при температуре 18—20 °С по 30 семян для каждой экспозиции и контроля. Повторность опыта трехкратная. В ходе прорастания семян оценивали энергию прорастания и всхожесть контрольных и опытных образцов на 3, 5 и 10-й день онтогенеза. У 10-дневных проростков оценивали такие морфометрические показатели, как длина и масса корней и стеблей. Проросшими считались семена с зародышевым корешком более 0.5 см (Алексейчук, Ламан, 2005).

Для определения содержания основных пигментов фотосинтетического аппарата в листьях навеску растительного материала (листья 54-дневных растений, 100 мг) размельчали, помещали в маленькую ступку, добавляли на кон-

чике скальпеля немного $MgCO_3$, добавляли 4—5 мл 100%-ного ацетона и тщательно растирали. Полученную вытяжку сливали на стеклянный фильтр, вставленный в колбу Бунзена. При помощи насоса жидкость отсасывали. После этого в ступку добавляли еще немного ацетона, растирали, снова сливали на фильтр и отсасывали. Вытяжку переливали в мерную колбу, колбу Бунзена ополаскивали несколько раз небольшими порциями ацетона и доводили чистым ацетоном объем вытяжки в мерной колбе до метки. Полученная ацетоновая вытяжка содержала сумму зеленых и желтых пигментов.

Определение содержания основных пигментов фотосинтетического аппарата проводили в ацетоновом экстракте на спектрофотометре «Specord-50» (Германия) при соответствующих длинах волн (для хл *a* — 662 нм, для хл *b* — 644 нм, для каротиноидов — 440.5 нм), а затем вычисляли содержание пигментов в растительном материале (мг/г сырой массы) по следующим формулам (Шлык, 1971):

$$\begin{aligned}C_{\text{хл } a} &= 9.784 \cdot D_{662} - 0.990 \cdot D_{644}, \\C_{\text{хл } b} &= 21.426 \cdot D_{644} - 4.650 \cdot D_{662}, \\C_{\text{хл } a + \text{хл } b} &= 5.134 \cdot D_{662} + 20.436 \cdot D_{644}, \\C_{\text{кар}} &= 4.695 \cdot D_{440.5} - 0.268 \cdot C_{\text{хл } a + \text{хл } b},\end{aligned}$$

где $C_{\text{хл } a}$, $C_{\text{хл } b}$, $C_{\text{хл } a + \text{хл } b}$ и $C_{\text{кар}}$ — соответственно концентрации хлорофиллов *a*, *b*, их суммы и каротиноидов, мг/л; D — оптическая плотность при соответствующих длинах волн (662, 644, 440.5).

Полученные данные были статистически обработаны с помощью программы Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования установлено разное влияние предпосевной микроволновой обработки на семена *M. officinalis* в зависимости от режима воздействия. Анализ влияния ЭМИ в различных режимах на энергию прорастания семян показал, что все варианты микроволновой обработки активизировали появление дружных всходов по сравнению с контролем, но максимальный эффект был отмечен при воздействии в режиме 1 (рис. 1).

Всхожесть семян к седьмому дню онтогенеза была максимальной при предпосевной обработке в режиме 1 — 86 %, при воздействии в режиме 3 — 83 %, в режиме 2 — 80 % и минимальной — в контроле — 70 % (рис. 2). Таким образом, наиболее эффективно на показатели энергии прорастания и всхожести влияла предпосевная обработка семян Melissa в режиме 1.

К 10-му дню онтогенеза растения, выросшие из обработанных ЭМИ в режиме 1 семян, имеют по отношению к контролю длину корня — 105.7 %, длину стебля — 122; в режиме 2 — длину корня 110.5, стебля — 133.3; в режиме 3 — длину корня 108.4 и стебля — 127.7 % (рис. 3). То есть наиболее высокий стимулирующий эффект на морфометрические показатели надземной и подземной частей 10-дневных растений Melissa лекарственной оказало воздействие низкоинтенсивным электромагнитным излучением в режиме 2 (достоверно при $P \leq 0.05$).

Полученные данные свидетельствуют, что микроволновая обработка повышает энергию прорастания и процент всхожести семян, а также активизирует процессы роста надземной и подземной частей по отношению к контролю. Однако эффект воздействия ЭМИ на агрономические качества семян и на

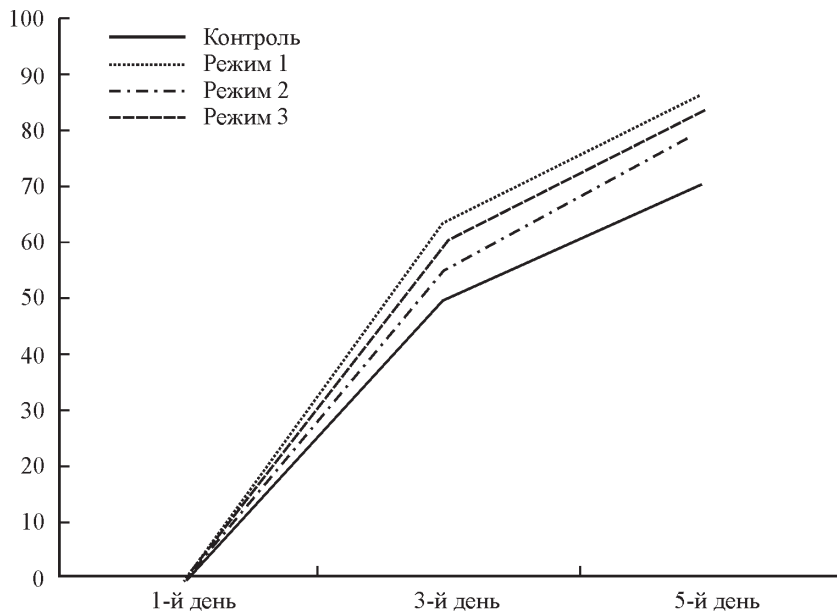


Рис. 1. Энергия прорастания семян *Melissa officinalis*.

Режим 1 — частота обработки 53.57—78.33 ГГц, время обработки 20 мин; режим 2 — частота обработки 64.0—66.0 ГГц, время воздействия 12 мин, режим 3 — частота обработки 64.0—66.0 ГГц, время обработки 8 мин. Мощность воздействия 10 мВт.
 По оси абсцисс — дни онтогенеза; по оси ординат — энергия прорастания, %.

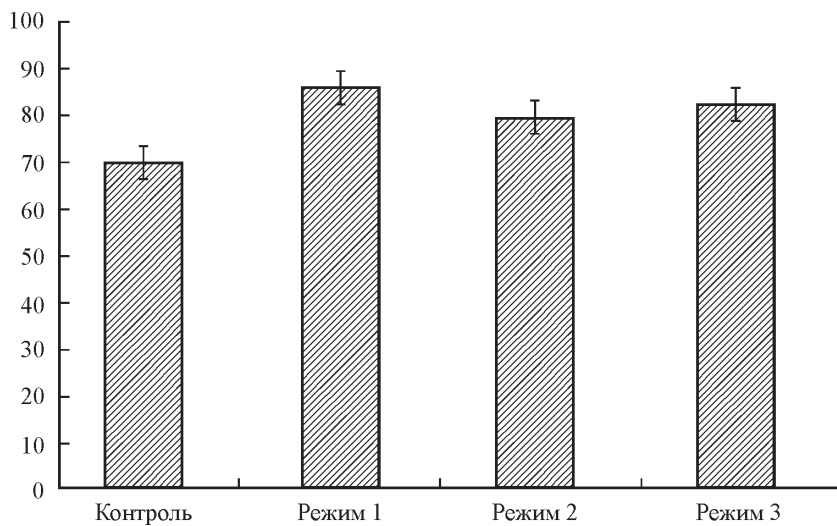


Рис. 2. Всхожесть семян *Melissa officinalis*, определяемая на 7-й день онтогенеза.

По оси абсцисс — варианты опыта; по оси ординат — всхожесть, %. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

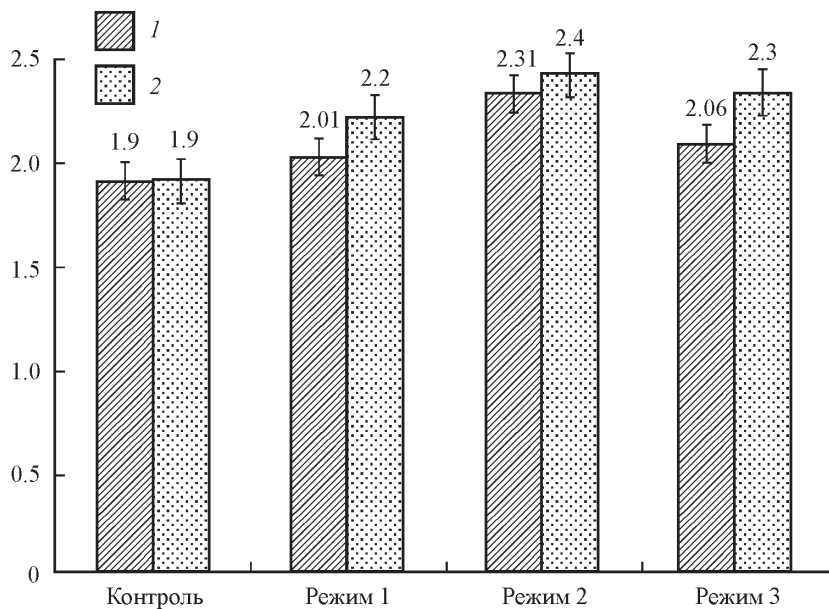


Рис. 3. Влияние микроволнового излучения на длину корней и стеблей проростков 10-дневных растений *Melissa officinalis*.

По оси абсцисс — варианты опыта. По оси ординат: 1 — длина корня, см; 2 — длина стебля, см. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

морфометрические параметры характеризуется высокой частотной селективностью.

Процессы роста и развития растений во многом определяются интенсивностью протекания процесса фотосинтеза, предоставляющего необходимые метаболиты для построения организма растения. Существующие теории описывают взаимосвязь роста и фотосинтеза с точки зрения продукционного процесса (Ничипорович, 1982; Андрианова, Тарчевский, 2000), с учетом фитогормональной активности (Кефели и др., 1985; Коф, Шарипов, 1985; Мокроносков, Гавриленко, 1992; Деева, 2008). В настоящее время предполагается, что экспрессия участков генома, ответственных за рост растений и синтез фитогормонов, не зависит от активности генов, кодирующих пигменты фотосинтетического аппарата; тогда как взаимосвязь процесса роста и фотосинтеза реализуется на более поздних этапах с участием регуляторных систем растительного организма (Калитухо, 1997). Как известно, в основе процесса фотосинтеза лежат пигменты, определяющие интенсивность протекания световых реакций и характер адапционных процессов растения. Пигментная система живых существ — звено, связывающее световые условия окружающей среды и организма.

В связи с этим листья Melissa лекарственной контрольных и опытных вариантов из вегетационных сосудов были взяты на анализ для выявления влияния различных режимов ЭМИ на накопление основных пигментов фотосинтетического аппарата.

В результате исследований установлено, что у растений *M. officinalis* содержание хлорофилла *a* возрастало при всех режимах предпосевной микроволновой обработки, но наиболее значительно — при воздействии в режимах 2 и 3 — свыше 28 % (рис. 4, 1).

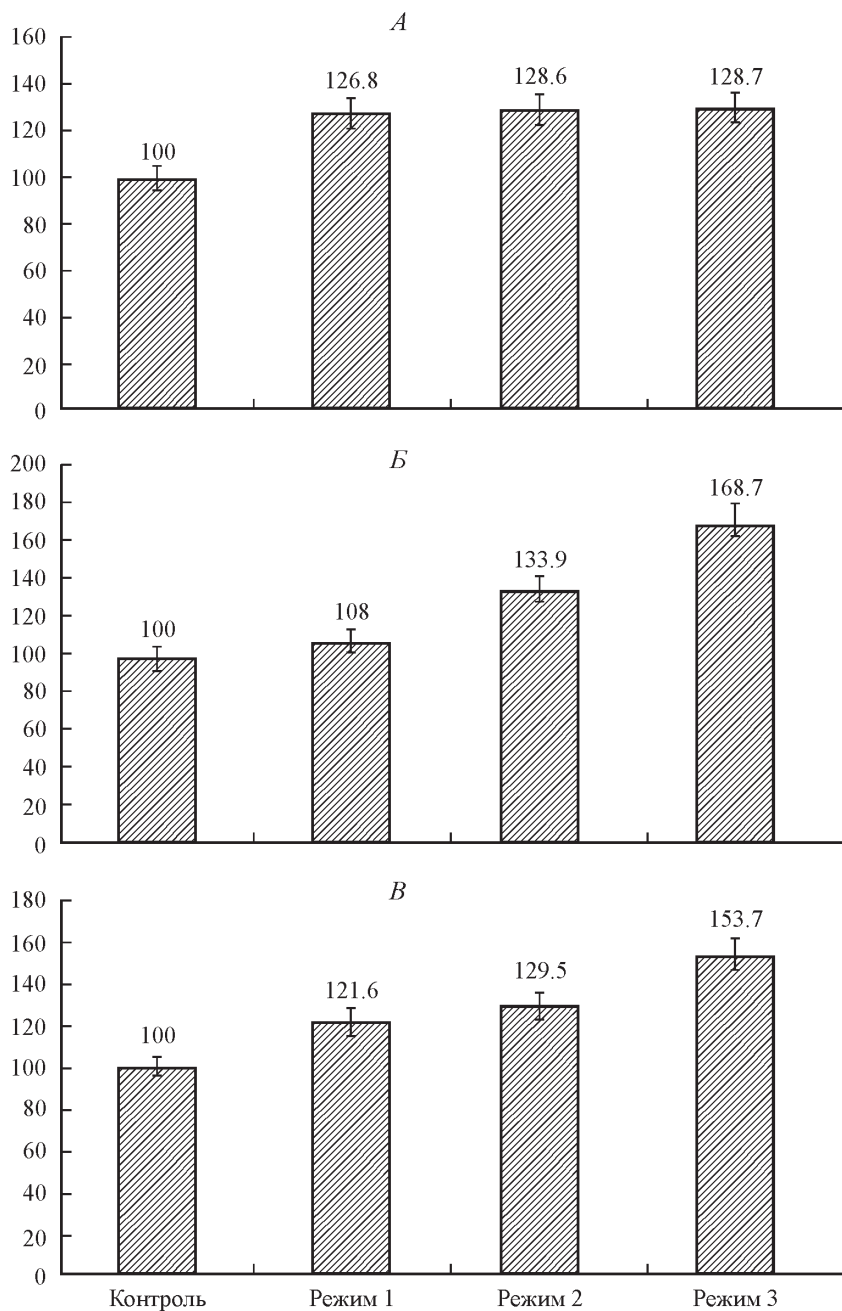


Рис. 4. Влияние предпосевной микроволновой обработки семян на содержание хлорофилла *a* (А), хлорофилла *b* (Б) и суммарное содержание хлорофиллов *a* + *b* (В) в листьях 54-дневных растений *Melissa officinalis*.

По оси абсцисс — варианты опыта. По оси ординат — содержание, % по отношению к контролю: А — 100 % = 2.94 мг/г сухой массы, Б — 100 % = 1.12, В — 100% = 4.06 мг/г сухой массы. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

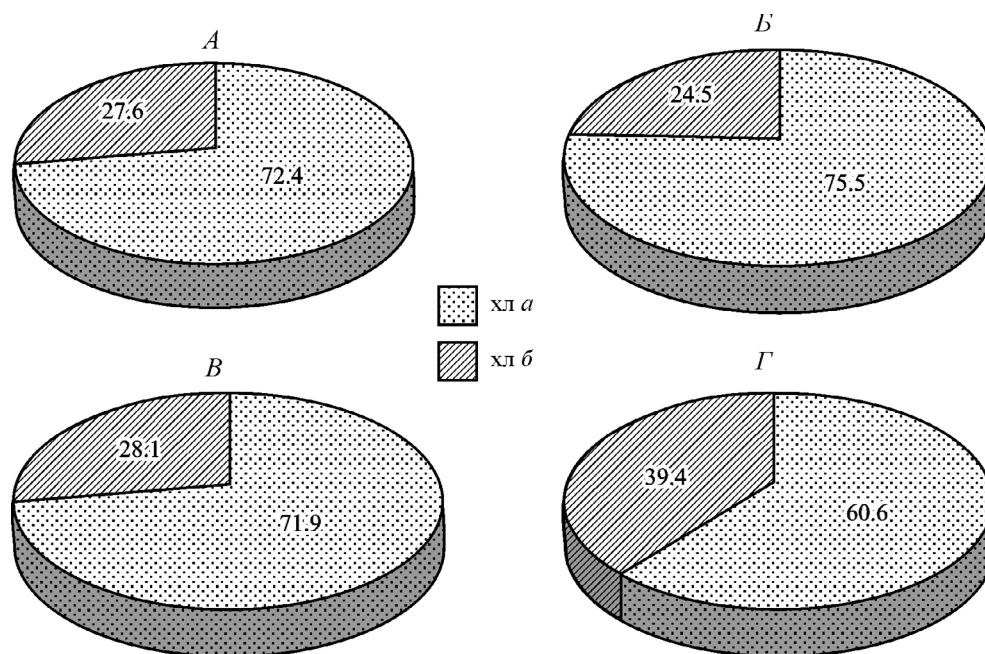


Рис. 5. Доля хлорофилла *a* (хл *a*) и хлорофилла *b* (хл *b*) от суммарного количества хлорофилла (хл *a* + *b*) в листьях 54-дневных растений *Melissa officinalis*.

А — контроль, Б — режим 1, В — режим 2, Г — режим 3 (см. подпись к рис. 1).

Под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного воздействия в различных режимах возрастало содержание хлорофилла *b* по сравнению с контролем от 8 при воздействии в режиме 1 до 68.7 % при обработке в режиме 3 (рис. 4, 2).

Суммарное содержание хлорофиллов *a* и *b* увеличилось при предпосевной обработке *M. officinalis* в режиме 1 на 21.6 %, в режиме 2 на 29.5, а в режиме 3 на 53.7 % (рис. 4, 3).

Воздействие ЭМИ в режиме 1 способствует увеличению доли хлорофилла *b* и снижению уровня хлорофилла *a* по сравнению с контролем, тогда как воздействие в режиме 3 вызывает резкое увеличение содержания хлорофилла *b* и при этом существенное снижение хлорофилла *a* в суммарном хлорофилловом фонде (рис. 5).

У растений *M. officinalis*, выросших из семян с предпосевной обработкой, содержание каротиноидов было достоверно выше, чем в контроле. Накопление каротиноидов в листьях возрастало от режима 1 (на 45.1 %) до режима 3 (на 72.3 %) (рис. 6).

Анализ данных, приведенных на рис. 4 и в таблице, позволяет говорить о том, что в результате предпосевого низкоинтенсивного микроволнового излучения происходят серьезные сдвиги в содержании пигментов в сторону увеличения компонентов светособирающего комплекса хлорофилла *b* и каротиноидов. А. А. Шлык (1965, 1975) установил, что субстратом для формирования хлорофилла *b* являются вновь образованные, так называемые «молодые» молекулы хлорофилла *a*. Образование хлорофилла *b*, также как и хлорофилла *a*, идет через стадию геранилгеранил—пирофосфата (Duggin, Philipson, 1982): хлорофиллид *a* → хлорофиллид *b* → хлорофилл *b*.

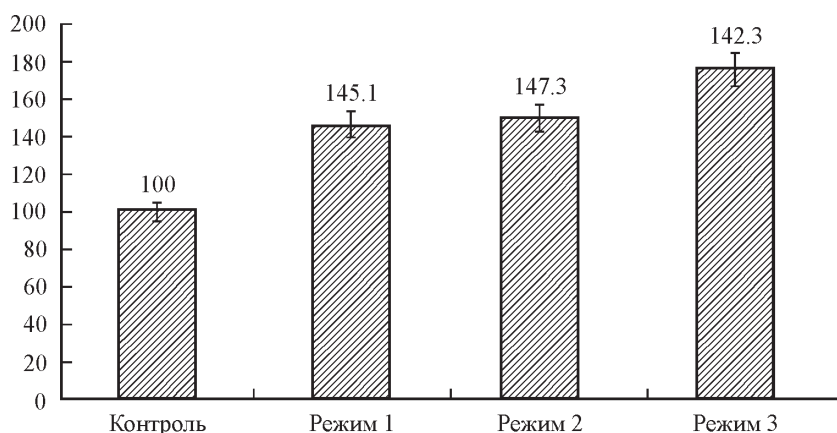


Рис. 6. Влияние предпосевной микроволновой обработки семян на содержание каротиноидов в листьях 54-дневных растений *Melissa officinalis*.

По оси абсцисс — варианты опыта; по оси ординат — содержание, % по отношению к контролю. 100% = 0.846 мг/г сухой массы. Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Наряду с прямой возможна и обратная реакция превращения хлорофилла *b* в хлорофилл *a* (Мокроносков, Гавриленко, 1992).

Свежеобразованные молекулы хлорофилла локализируются группами и в первое время энергетически изолированы от каротиноидов. Затем их локализация меняется, они отделяются от фермента, начинается перенос энергии от каротиноидов на хлорофилл. Образующийся хлорофилл *b* остается тесно связанным с молекулами хлорофилла *a*, что обеспечивает эффективную миграцию энергии хлорофилла *b* → хлорофилл *a*. В этом комплексе быстро накапливаются длинноволновые формы пигментов, необходимые для нормальных процессов энергетического взаимодействия и формирования фотосинтетических единиц и их реакционных центров (Мокроносков, Гавриленко, 1992).

Соотношение количества хлорофиллов *a* и *b* и количества хлорофиллов и каротиноидов в листьях 54-дневных растений *Melissa officinalis*, выросших из семян, подвергнутых предпосевной микроволновой обработке (мощность воздействия 10 мВт в различных частотных режимах)

Вариант опыта	хл <i>a</i> / хл <i>b</i>	Σхл <i>a</i> + <i>b</i> / Σкар
Контроль	2.6	4.7
Режим 1	3.1	4.0
Режим 2	2.5	4.3
Режим 3	3.0	4.4

Примечание. Режим 1 — частота обработки 53.57—78.33 ГГц, время обработки 20 мин; режим 2 — частота обработки 64.0—66.0 ГГц, время воздействия 12 мин; режим 3 — частота обработки 64.0—66.0 ГГц, время обработки 8 мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлен разнонаправленный характер действия низкоинтенсивного электромагнитного поля сверхвысокочастотного диапазона в различных режимах на семена Melissa лекарственной *Melissa officinalis* L. Установлено, что максимальный стимулирующий эффект на энергию прорастания и всхожесть семян отмечен при воздействии в режиме 1 — 86 % по сравнению с 70 % в контроле. Максимальное увеличение по отношению к контролю длины надземной (33.2 %) и подземной (10.5 %) частей проростков наблюдается при обработке семян в режиме 2. Этот же режим стимулирует накопление хорофилла *a* — свыше 28 % по сравнению с контролем. При обработке семян в режиме 3 в листьях Melissa лекарственной возрастает содержание хлорофилла *b* (на 68.7 %) и каротиноидов (на 72.3 %). В результате применения любого режима воздействия снижается отношение суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам, особенно существенно в случае режима 1 (14.9 % по сравнению с контролем).

Таким образом, предпосевная микроволновая обработка значительно увеличивает энергию прорастания и всхожесть семян исследуемой культуры, активизирует ростовые процессы, вызывает сдвиги в количественном содержании основных фотосинтетических пигментов, что определяет изменения в характере ростовых процессов Melissa лекарственной. Количественная и качественная трансформация аппарата фотосинтеза под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного воздействия, вероятно, одна из сторон механизма взаимодействия волн СВЧ-диапазона с растительными объектами. Улучшение агрономических качеств семян и активизация ростовых процессов Melissa лекарственной под влиянием СВЧ-излучения является свидетельством повышения потенциальных возможностей, заложенных в растительном генотипе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алексейчук Г. Н., Ламан Н. А. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. Минск, 2005.
- Андрианова Ю. Е., Тарчевский И. А. Хлорофилл и продуктивность растений. М., 2000.
- Бинги В. Н., Савин А. В. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173, № 3. С. 265—300.
- Вербицкая С. В. Предпосевная обработка семян фасоли озоном и магнитным полем: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2001.
- Деева В. П. Регуляторы роста растений. Минск, 2008.
- Джамбазишвили С. Н. Предпосевная обработка семян сахарной свеклы различными электрофизическими методами и их влияние на урожайность и качество корнеплодов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тбилиси, 1974.
- Дудченко Л. Г., Козьянов А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения. Минск, 1989.
- Калитуха Л. Н. Взаимосвязь формирования фотосинтетического аппарата и роста на ранних этапах развития растений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Минск, 1997.
- Кефели В. И., Протасова Н. Н., Коф Э. М., Ермаков И. П., Карпова Л. П., Сидорова К. К. Особенности роста листа и стебля у высокорослых и карликовых растений гороха, росших на свету разных интенсивностей // Рост растений и

- его регуляция (генетические и физиологические аспекты). Штиинца, 1985. С. 199—203.
- Коф Э. М., Шарипов Г. Д. Особенности роста и морфогенеза карликовых мутантов гороха // Рост растений и его регуляция (генетические и физиологические аспекты). 1985. С. 18—29.
- Курочкина О. А. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы ультрафиолетовыми лучами: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Курган, 2009.
- Мокронос А. Т., Гавриленко В. Ф. Фотосинтез. Физиолого-экологические и биохимические аспекты. М., 1992.
- Ниязов А. М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2001.
- Ничипорович А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // Физиология фотосинтеза. М., 1982. С. 7—33.
- Петров И. Ю., Морозова Э. В., Моисеева Т. В. Стимуляция процессов жизнедеятельности в растениях микроволновым облучением // Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине и биологии: Сб. докл. М., 1991. Т. 2. С. 502—504.
- Путырский И. Н., Прохоров В. Н. Лекарственные растения. Минск, 2005.
- Тамбиев А. Х., Кирикова Н. Н. Некоторые новые представления о причинах формирования стимулирующих эффектов КВЧ-излучения // Биомед. радиоэлектроника. 2000. № 1. С. 23—33.
- Тамбиев А. Х., Кирикова Н. Н., Яковлева М. Н., Мантрова Г. М., Гусев М. В. Стимуляция роста синезеленых водорослей при действии электромагнитного излучения ММ диапазона низкой интенсивности // Применение ММ излучения низкой интенсивности в биологии и медицине. М., 1986.
- Тамбиев А. Х., Кирикова Н. Н., Лапшин О. М., Яковлева М. Н., Мантрова Г. М. Изменение реакционной способности экзометаболитов синезеленой водоросли спирулины под действием ММ излучения // Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения. М., 1987.
- Тамбиев А. Х., Кирикова Н. Н. Действие КВЧ-излучения на метаболизм клеток цианобактерии *Spirulina platensis* и других фотосинтезирующих организмов // Биомед. радиоэлектроника. 1998. № 3. Р. 53—57.
- Чудин С. А. Предпосевная обработка семян люцерны с помощью оптического квантового генератора: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2008.
- Шлык А. А. Метаболизм хлорофилла в зеленом растении. Минск, 1965.
- Шлык А. А. Биосинтез и состояние хлорофилла в растениях. Минск, 1975.
- Шлык А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М., 1971. С. 145—170.
- Duggin M. J., Philipson W. R. Field measurement of reflectance: some major considerations // Appl. Opt. 1982. Vol. 21, N 15. P. 2833—2840.
- Karpovich V. A., Rodionova V. N., Slepyan G. Ya. Application of microwave energy in modern biotechnologies // The Fourth International Kharkov symposium «Physics and engineering of millimeter and sub-millimeter waves». Kharkov, 2001. P. 909—910.

* Институт ядерных проблем БГУ,

Поступило 06 III 2012

** Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,

*** Центральный ботанический сад НАН Беларуси
г. Минск

THE EFFECT OF MICROWAVE TREATMENT ON THE INITIAL STAGES
OF *MELISSA OFFICINALIS* (LAMIACEAE) ONTOGENESIS

N. V. Pushkina, J. E. Mazets, E. V. Spiridovich, V. A. Karpovich

SUMMARY

This paper is devoted to the features of growth and development *Melissa officinalis* L., subjected to various modes of microwave processing before sowing. The study revealed grate variations in the accumulation of photosynthetic pigments in response to treatment. It is assumed that the quantitative and qualitative changing of the photosynthetic apparatus under the influence of low-intensity electromagnetic treatment is a part of mechanism of interaction between the ultra-high frequency waves and plants.

Key words: preseeding treatment, microwave radiation, photosynthetic pigments, *Melissa officinalis*, seeds.
