

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КАЧЕСТВО ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Ж.Э. Мазец*, Н.В. Пушкина*, С.Н. Сазонова*, Н.В. Сергеевко*,
Е.В. Спиридович**, В.Н. Родионова**

** Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка*

*** Центральный ботанический сад НАН Беларуси*

В настоящее время использование в современной медицине лекарств растительного происхождения имеет тенденцию к увеличению. Фитопрепараты имеют ряд преимуществ по сравнению с синтетическими средствами, традиционно используемыми в официальной медицине, так как препараты из лекарственных трав не обладают цитотоксичностью и практически не оказывают побочных эффектов на организм человека.

Однако производство лекарственного сырья требует использования современных технологий подготовки и хранения ее семенного фонда. Получение полноценного урожая во многом зависит от качества посевного материала, поэтому обработка семян перед посевом является одной из важных предпосылок рентабельного производства лекарственных культур.

Один из эффективных способов решения данной задачи – повышение качества посевного материала с помощью воздействия на семена физическими факторами. Для этого в сельскохозяйственной практике используют разнообразные приемы предпосевной обработки семян – обогрев, воздействие электрических, магнитных и других полей.

Электромагнитное воздействие (электромагнитное излучение миллиметрового диапазона) интенсивно изучается уже около четверти века на различных биологических объектах (от бактерий до тканей и органов человека). Достоинства применения микроволнового электромагнитного поля в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, медицине, фармакологии в настоящее время определены достаточно ясно. Эти физические методы характеризуются избирательностью преобразования электромагнитной энергии в тепловую, большой глубиной проникновения поля, эффективностью и экономичностью. В настоящее время экспериментально установлены режимы обработки, эффективные при решении ряда задач – к примеру, дезинфекции семян, стимуляции всхожести семян, подавление жизнедеятельности насекомых-вредителей и т.д. Также эксперимен-

тально доказано, что биологические объекты способны чутко реагировать на воздействие низкоинтенсивных внешних электромагнитных полей. Эта реакция может происходить на различных структурных уровнях живого организма – от молекулярного и клеточного до живого организма в целом. Под воздействием электромагнитного излучения (ЭМИ) сверхвысоких частот (СВЧ) диапазона в клетках биологических объектов могут дополнительно синтезироваться вещества, влияющие на иммунный статус биологического объекта. Воздействие ЭМИ СВЧ диапазона на семена сельскохозяйственных и лекарственных культур приводит к активации процессов биосинтеза и ускоренному делению клеток, а также к восстановлению связей и функций, нарушенных из-за болезней [1, 2].

Говоря о ЭМИ СВЧ диапазона, мы говорим о частотах расположенных в диапазоне от 1 до 100 ГГц, в котором в настоящее время создана элементная база достаточная для проведения широкомасштабных исследований по воздействию на живые биологические объекты. На сегодня ясно, что ЭМИ СВЧ диапазона являются инструментом способным воздействовать дистанционно на живые организмы, как в целом, так и на уровне клетки или отдельных органов [3].

Воздействие электромагнитных полей на биологические объекты может приводить к различным эффектам, проявление которых зависит в основном от частоты, мощности излучения и времени воздействия.

В связи с этим, целью данной работы было изучение влияния различных способов предпосевного электромагнитного излучения на накопление отдельных вторичных метаболитов и аскорбиновой кислоты, определяющих качество лекарственного сырья у мелиссы лекарственной (*Melissa officinalis*), алтея лекарственного (*Althaea officinalis* L.), календулы лекарственной (*Calendula officinalis*).

В естественных условиях в Беларуси мелисса лекарственная, алтей лекарственный и календула лекарственные не произрастают, что отражается на особенностях их выращивания в наших условиях.

Объектом исследования явилась мелисса лекарственная (*Melissa officinalis*) – многолетнее эфиромасличное травянистое растение. Мелисса лекарственная более 2000 лет успешно используется в народной и научной медицине многих стран мира. Содержание эфирного масла (ведущая группа биологически активных соединений) в надземных органах растения колеблется в пределах от 0,02 до 0,2% и лишь в некоторых случаях достигает 0,8%, причем количество масла определяется географическими и климатическими факторами [4].

Второй группой биологически активных соединений (БАС) являются фенолпропаноиды, среди которых наиболее характерной является розмариновая кислота. Среди фенольных веществ вклад в антиоксидантную активность могут вносить флавоноиды – апигенин, космосин, лютеолин, цинарозид, а также рамноцитрин (7-метоксикемпферол) и изокверцитрин (3-глюкозид кверцетина), рамназин (3,7 диметоксикемпферол). Кроме того, в сырье содержатся фенолкарбоновые кислоты – гентизиновая, салициловая, п-гидроксibenзойная, ванилиновая, сиреневая, протокатеховая кислоты, а также дубильные вещества и кумарины.

Витамины представлены следующими соединениями: В₁, В₂, С, β-каротин. В растении содержатся макроэлементы (калий, кальций, магний, железо) и микроэлементы (марганец, медь, цинк, молибден, хром, селен, никель, ванадий).

Мелисса лекарственная как седативное средство, обладает антидепрессивными, спазмолитическими, иммуномодулирующими, противовирусными, антиаллергическими и антимикробными свойствами [4].

Алтей лекарственный (*Althaea officinalis* L.) – многолетнее травянистое растение [4].

В фитохимическом аспекте наиболее хорошо изучены полисахариды корней алтея, поскольку указанное сырье относится к типичному лекарственному растительному сырью, содержащему слизь.

Важными в фитохимическом ракурсе являются работы по изучению флавоноидного состава травы алтея. Польские ученые из листьев алтея лекарственного выделили 3 кристаллических и хроматографически-гомогенных флавоноидных гликозида производных 8-гидроксилютеолина, которым дали название «гиполетины». В траве алтея также выявлены кумарины, среди которых идентифицирован скополетин. Корни алтея содержат незаменимые для человеческого организма аминокислоты, в частности от 0,8 до 2% аспарагина и до 4% бетаина [4].

Календула (*Calendula officinalis*) широко используется с лекарственной целью, как в народной, так и в традиционной медицине. В качестве сырья используются цветочные корзинки календулы, собранные после полного расцветания. Цветки календулы содержат около 3% каротиноидов (каротин, ликопин, виолаксантин, рубиксантин), флавоноиды (нарцисин, рамнетин, изорамнетин-3-триглюкозид, изоквертин и др.), эфирное масло (около 0,02%), сапонины, горькое вещество календен, смолистые (до 3,44%) и дубильные вещества, слизь (до 2,5%), камедь, органические кислоты (яблочная, салициловая, пентадициловая, меристиновая, лауриновая, пальмитриновая). В цветочных корзинках содержится до 2678 мг/100 г аскорбиновой кислоты. Также в цветочных корзинках содержатся ферменты – органические катализаторы и фитонциды (до 0,09%) [4].

Для исследований физического воздействия на семена календулы лекарственной было выбрано 4 вида обработок: плазменная (ВЧЕР с газовой температурой $T_g \sim 300\text{K}$) и электромагнитная (ЭМИ 1) обработки (мощностью $5 - 7 \mu\text{W}/\text{cm}^2$), а также электромагнитная обработка в расчете на объем семян (ЭМИ2) и электромагнитное излучение в миллиметровом диапазоне волн различных частотных режимов (ЭМИ 3): Режим 1 (58–60 ГГц); Режим 2 (62–64 ГГц) и Режим 3 (68 – 70,6 ГГц).

Предпосевная обработка семян плазменная и ЭМИ1 проводилась в Институте физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси (длительность обработки составляла 1, 2 и 3 мин) [5].

Воздействие ЭМИ 2 и ЭМИ 3 производилось в Институте ядерных проблем БГУ на лабораторной установке для микроволновой обработки семян различных сельскохозяйственных культур в широком частотном диапазоне (от 37 до 120 ГГц) с плавной регулировкой мощности от 1 до 10мВт. Установка содержала источник сигнала (сменный), 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 (рисунок 1).

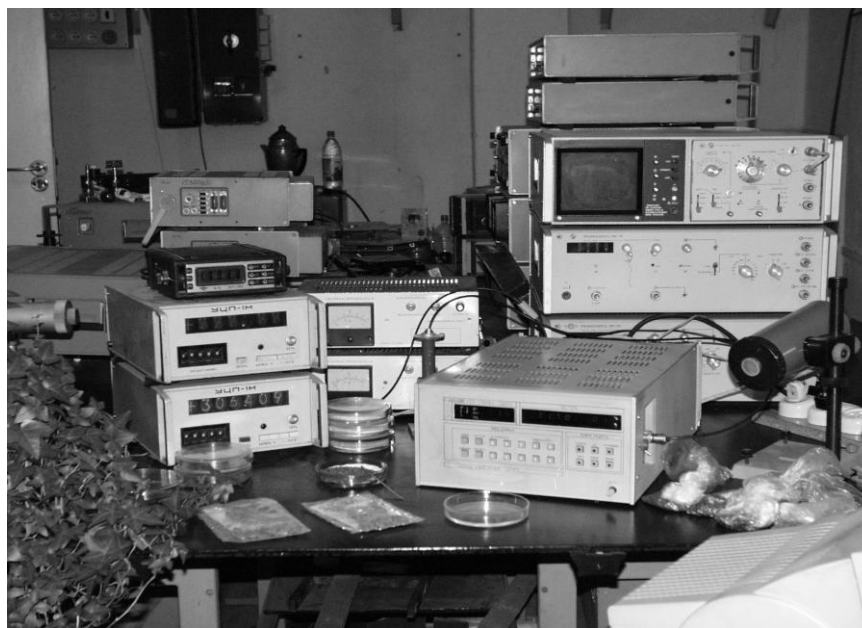


Рисунок 1 – Лабораторная установка для микроволновой предпосевной обработки семян (ЭМИ 2 и ЭМИ 3)

Кроме того, была проведена электромагнитная обработка (ЭМИ2) семян мелиссы и алтея из расчета на их объем на расчетной длине волны внешнего воздействия 5,6 миллиметра с экспозицией 7 минут в Институте ядерных проблем БГУ [6].

Методы исследования. Полевой мелкоделяночный опыт проводился на базе Центрального ботанического сада (ЦБС) НАН Беларуси в 2009 и 2010 гг.

Для биохимических исследований отбирали вегетативные органы алтея и мелиссы до фазы бутонизации и в фазу цветения на 2-й год вегетации из полевого мелкоделяночного опыта и соцветия

тия календулы 2009 и 2010 гг. Для исследования использовали заранее высушенное и измельченное сырье. Физиолого-биохимические исследования проводились на базе отдела биохимии и биотехнологии растений ЦБС НАН Беларуси и кафедры ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ им. М. Танка.

Определение фенольных веществ в растениях. Навеску растительного материала (1,0 г) растирали в ступке и экстрагировали многократно небольшими порциями 70 % спирта до обесцвечивания и доводили объем до метки. Полученный экстракт в дальнейшем использовали для определения суммарной фракции фенолов, флавоноидов, лейкоантоцианов и катехинов.

Далее брали 0,5 мл готового (исходного) экстракта и добавляли 1 мл реактива Фолин-Чокольтеу, 10 мл 10% Na_2CO_3 медленно доводили дистиллированной водой до метки 50 мл и взбалтывали. Через 30 мин измеряли общее количество фенольных соединений на ФЭКе с фильтром №9 ($\lambda=630$ нм), кювета 1 см [7].

Определение флавонолов. Из исходного экстракта для определения фенолов отбирали 10 мл, к которым добавляли 10 мл разбавленной в соотношении 1:4 соляной кислоты и 5 мл стандартного раствора формальдегида (8мг/мл). Колбу закрывали пробкой и оставляли на 24 часа при комнатной температуре. Через 24 часа проводили фильтрацию и определяли как общие фенольные соединения [7].

Определение лейкоантоцианов и катехинов. К исходному экстракту (0,5–1 мл) для определения фенолов в пробирки прибавляли по 5 мл 1% анилинового раствора в концентрированной HCl . Через 3 мин производили измерение на ФЭК-56 с фильтром №5 ($\lambda=490$ нм) в кювете 1 см [7].

Определение аскорбиновой кислоты. Навеску растительного материала (5,0 г) измельчали, заливали раствором соляной кислоты (20 см^3), а затем растирали до образования гомогенной массы. Полученную массу сливали из ступки в мерную колбу на 100 см^3 , ступку споласкивали несколько раз 1%-й щавелевой кислотой и сливали в ту же мерную колбу. Содержимое колбы доводили до метки 1%-й щавелевой кислотой и закрывали пробкой, сильно встряхивали и давали отстояться 5 мин. Затем содержимое колбы отфильтровывали в колбу.

Для титрования вытяжек из полученного фильтрата отбирали в пипетки две параллельные порции по $10 - 20 \text{ см}^3$, наливали в химический стаканчик объемом 50 см^3 и титровали раствором 2,6-дихлорфенолиндофенола до появления ясно розового окрашивания, не исчезающего в течение 0,5–1 мин [8]. Далее полученные данные рассчитывались по формуле (1).

$$x = \frac{100 \times V_a \times t \times V}{V_1 \times n}, \quad (1)$$

где

V_a – объем краски; t – объем титра;

V – общий объем вытяжки; V_1 – объем экстракта; n – навеска (г) [8].

Все биохимические анализы проводились 2–3-кратной биологической и 4–5-кратной аналитической повторностях. Полученные данные были статистически обработаны с помощью программы M. Excel.

Результаты и их обсуждение. В ходе полевых экспериментов установлено, что предпосевная обработка ЭМИ2 активизировала ростовые процессы Melissa лекарственной и алтея лекарственного. Выявлено, что предпосевная обработка ЭМИ 1 продолжительностью 2 минуты снижала полевую всхожесть календулы сорта Indian Prima. Отмечено, что ЭМИ 2 не влияет на всхожесть календулы сорта Indian Prima, но снижает всхожесть сорта Cabluna, а обработка ЭМИ 3 Режимы 1 (58–60 ГГц) и 2 (62–64 ГГц) календулы сорта Махровый-2000 увеличивала полевую всхожесть и активизировала ростовые процессы. Установлен избирательный характер действия ЭМИ 2 на разные сорта календулы.

Из контрольных и опытных растений Melissa и алтея второго года вегетации были взяты образцы для определения в них содержания фенольных веществ: общей фракции фенолов, флавонолов, катехинов и лейкоантоцианов, аскорбиновой кислоты. Эти же метаболиты определялись в сухих соцветиях календулы 2009 и 2010 годов вегетации, так именно из них выделяется основное лекарственное сырье.

Соединения фенольной природы относятся к веществам, широко используемым в фармакологии, определяющие лекарственные свойства растительного сырья. Фармакологическая ценность фенольных веществ обуславливается их антиоксидантными и антирадикальными свойствами. Фенольные соединения способны нейтрализовывать свободные радикалы, а их антиоксидантные свойства выше таковых для витаминов С и Е в 4–5 раз. Они также влияют на хелатную активность металлов.

Фенольные соединения широко распространены в растительном мире и являются наиболее часто встречаемыми продуктами метаболизма растений. Они играют активную роль в самых различных физиологических процессах — фотосинтезе, дыхании, росте, защитных реакциях растительного организма. Фенольные вещества или полифенолы включают в себя множество классов веществ – фенолокислоты, окрашенные антоцианы, простые и сложные флавоноиды. Все фенольные соединения содержат ароматическое ядро с одной или несколькими гидроксильными группами [9].

Флавоноиды – наиболее многочисленная группа как водорастворимых, так и липофильных природных фенольных соединений. Представляют собой гетероциклические кислородсодержащие соединения преимущественно желтого, оранжевого, красного цвета. Они принимают участие в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в растительных тканях, защищают растительные ткани от избыточной радиации.

В зависимости от степени окисления трехуглеродного участка флавоноиды разделяют на флавоны, катехины, лейкоантоцианы, флавонолы, изофлавонолы и другие соединения. Из флавонолов также синтезируются танины. Наибольший фармакологический интерес представляют флавоны, флавононы, флавонолы. В разных сочетаниях и количествах флавоноиды присутствуют почти во всех растениях. Лечебный эффект, как правило, обусловлен их суммой, так как действие отдельных компонентов менее результативно.

Катехины и лейкоантоцианы – бесцветные кристаллические вещества, часто обладают горьковато-вяжущим вкусом, хорошо растворимы в воде и спирте. Катехины относят к веществам, обладающим Р-витаминной активностью. Лекарственные препараты и биологически активные добавки, содержащие катехины и другие биофлавоноиды, широко используют при лечении заболеваний, связанных с нарушениями функций капилляров, отёках сосудистого происхождения и т.п. [10, 11].

Аскорбиновая кислота (витамин С) – органическое соединение, родственное глюкозе, является одним из основных питательных веществ в человеческом рационе, которое необходимо для нормального функционирования соединительной и костной ткани. Выполняет биологические функции восстановителя и кофермента некоторых метаболических процессов, рассматривается в качестве антиоксиданта. Наиболее адекватным синергистом и практически повсеместным спутником витамина С служит система физиологически активных фенольных соединений. Данные соединения образуют буферную окислительно-восстановительную систему. В них содержится большое количество веществ, которые составляют биологическую антиоксидантную систему. Содержание аскорбиновой кислоты в растении определяет его лекарственные свойства и зависит от вида растения. Однако накопление витамина С в лекарственном сырье в растениях одного вида может колебаться в зависимости от внешнего воздействия на растения и периода роста. Поэтому содержание аскорбиновой кислоты может являться маркером стресса у растений [12].

Листья мелиссы и алтея контрольных и опытных вариантов до фазы бутонизации анализировались по содержанию соединений фенольной природы: фенолов, флавонолов, лейкоантоцианов и катехинов, а также аскорбиновой кислоты.

В результате исследований выявлено, что у обработанных растений *Melissa officinalis* (L.) общее содержание фенольных веществ увеличилось на 240,1 мг% или на 8,1% относительно контроля (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние ЭМИ2 обработки на содержание соединений фенольной природы в листьях *Melissa officinalis* (L.) до фазы бутонизации

Вариант	Содержание веществ мг% на сухое вещество		
	Фенольные соединения	Флавонолы	катехины + лейкоантоцианы
Контроль	2968,7±148,43	0,017±0,000667	82,81±4,14
ЭМИ2	3208,8±160,44	0,016±0,000667	88,13±4,41

Обнаружены следовые количества флавонолов в контрольном (0,017 мг%) и опытном образцах (0,116 мг %).

Установлено, что в контрольном образце содержится 82,81 мг % катехинов + лейкоантоцианов, а в опытном – 88,13 мг %, что на 6,4% больше, чем в контроле (таблица 1).

В результате исследований установлено, что в фазу цветения в листьях контрольных образцов *Melissa officinalis* (L.) содержится 2604,9 мг% фенольных соединений, а в опытном 3865 мг%, т.е. общее содержание фенольных веществ увеличилось на 1260,1 мг% или на 48,3 % относительно контроля (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние ЭМИ2 обработки на содержание соединений фенольной природы в листьях *Melissa officinalis* (L.) в период цветения

Вариант	Содержание веществ мг% на сухое вещество		
	Фенольные соединения	Флавонолы	катехины + лейкоантоцианы
Контроль	2604,9±130,24	3,45±0,28	149±2,6
ЭМИ2	3865,0±193,25	4,25±0,34	164,8±3,06

Установлен рост накопления флавоноидов на 23% в опытных образцах листьев мелиссы в период цветения по сравнению с контрольными.

В ходе опыта выявлено увеличение на 14,8% суммарной фракции катехинов и лейкоантоцианов в листьях мелиссы в период цветения после ЭМИ2 воздействия (таблица 2).

В ходе опыта отмечено увеличение на 51,8 % содержания фенольных веществ в листьях *Althaea officinalis* по сравнению с контролем (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние ЭМИ2 обработки на содержание соединений фенольной природы в листьях *Althaea officinalis* (L.) до фазы бутонизации

Вариант	Содержание веществ мг% на сухое вещество	
	Фенольные соединения	Флавонолы
Контроль	475,00±23,75	0,05±0,0025
ЭМИ2	721,25±36,00	0,04±0,0025

Что же касается содержания флавонолов, то в листьях *Althaea officinalis* (L.) обнаружены только следовые количества данных веществ (0,05 мг%). Важно подчеркнуть, что в листьях до периода бутонизации не выявлена суммарная фракция катехинов и лейкоантоцианов.

Установлено, что ЭМИ2 практически не влиял на накопление соединений фенольной природы, флавонолов и суммарной фракции катехинов и лейкоантоцианов в листьях *Althaea officinalis* (L.) в фазу цветения (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние ЭМИ2 обработки на содержание соединений фенольной природы в листьях *Althaea officinalis* (L.) в период цветения

Вариант	Содержание веществ мг% на сухое вещество		
	Фенольные соединения	Флавонолы	катехины + лейкоантоцианы
Контроль	264±2,66	44±0,66	43,5±0,67
ЭМИ 2	272±2,20	46±0,67	42,3±0,66

Кроме того, были проведены биохимические исследования по количественному содержанию аскорбиновой кислоты в листьях алтея и Melissa.

В результате исследования установлено увеличение накопления аскорбиновой кислоты в листьях алтея лекарственного под влиянием ЭМИ2 на 72,2% по сравнению с контролем, тогда как у Melissa лекарственной ЭМИ2 воздействие не влияло содержание витамина С (таблица 5).

Из полученных данных можно сделать вывод, что электромагнитная обработка положительно влияет не только на ростовые процессы Melissa лекарственной и алтея лекарственного, но усиливает или практически не влияет на накопление веществ фенольной природы (фенольных соединений, флавонолов, катехинов, лейкоантоцианов) и аскорбиновой кислоты в листьях Melissa и алтея. В период цветения в листьях Melissa лекарственной значительно увеличивается количественное содержание фенольных соединений, флавонолов, суммарной фракции катехинов и лейкоантоцианов и не изменяется содержание аскорбиновой кислоты. В листьях алтея лекарственного в этот период происходят следующие изменения: возрастает количество фенольных соединений, флавонолов, аскорбиновой кислоты, и незначительно снижается содержание суммарной фракции катехинов и лейкоантоцианов.

Таблица 5 – Влияние ЭМИ 2 обработки на содержание аскорбиновой кислоты в листьях *Althaea officinalis* (L.) и *Melissa officinalis* (L.) в период цветения

Вариант	Содержание веществ мг % на сухое вещество		
	Контроль	ЭМИ 2	% к контролю
Алтей лекарственный	270±6,6	465±10	172,2
Melissa лекарственная	40±0,5	40±0,5	100

В результате исследования установлен неоднозначный характер влияния различных видов плазменных и микроволновых (электромагнитных) воздействий на накопление вторичных метаболитов в лекарственном сырье календулы лекарственной (*Calendula officinalis*). Было выявлено, что наибольшее количество фенольных соединений содержится в растениях прошедших плазменную обработку. В опытных растениях содержание данных веществ превышает контрольные результаты 2,5 раза. Стимулирующий эффект наблюдается и при обработке ЭМИ1 (2009 год). ЭМИ2 снижала содержание фенольных соединений в опытных образцах сортов *Indian Prima*, *Cabluna* (2010 год), ЭМИ3 Режим 1 и Режим 2 на сорте Махровый-2000 (2010 год) также понижали накопление фенольных соединений. Установлено, что Режим 3 ЭМИ3 на сорте Махровый-2000 (2010 год) увеличивал содержание фенольных соединений по сравнению с контролем и другими режимами (рисунок 2).

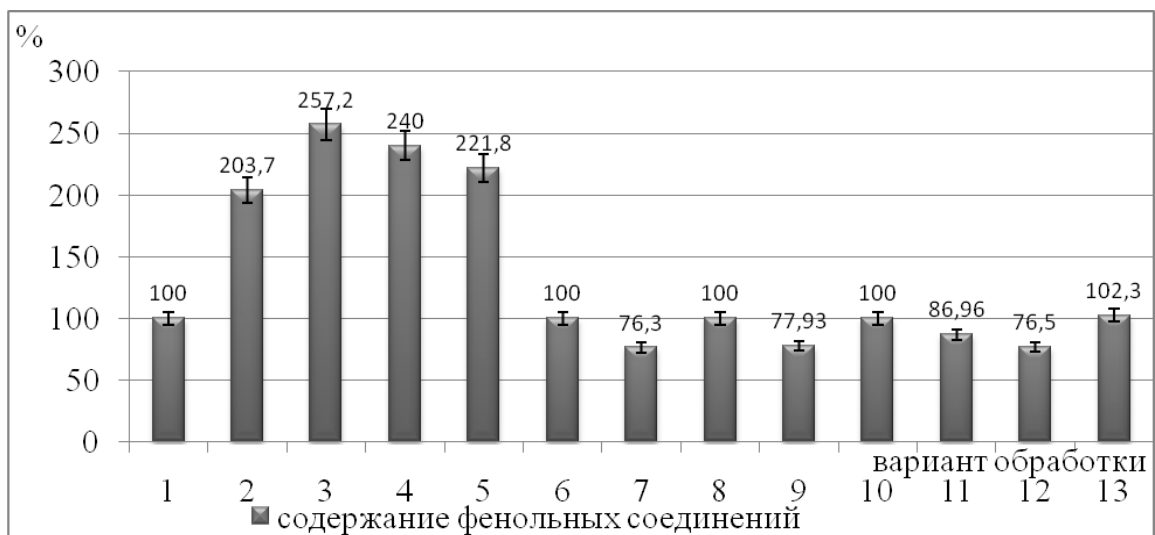


Рисунок 2 – Влияние различных предпосевных обработок на накопление фенольных соединений в календуле лекарственной

- 1 – контроль с. *Indian Prima* (2009 год); 2 – ЭМИ1 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 3 – плазменная обработка Режим 1 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 4 – плазменная обработка Режим 2 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 5 – плазменная обработка Режим 3 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 6 – контроль с. *Indian Prima* (2010 год); 7 – ЭМИ2 с. *Indian Prima* (2010 год);
- 8 – контроль с. *Cabluna* (2010 год); 9 – ЭМИ2 с. *Cabluna* (2010 год);
- 10 – контроль с. Махровый-2000 (2010 год),
- 11 – Режим 1 ЭМИ3 с. Махровый (2010 год);
- 12 – Режим 2 ЭМИ3 с. Махровый-2000 (2010 год);
- 13 – Режим 3 ЭМИ3 с. Махровый 2000 (2010 год).

Исследование содержания флавоноидов в соцветиях календулы, подвергнутых различным режимам предпосевной обработки, подтвердили стимулирующий эффект плазменного и ЭМИ 1 воздействия в образцах сорта *Indian Prima* (2009 год). Обработка ЭМИ 2 угнетала накопление флавоноидов в соцветиях календулы сортов *Indian Prima*, *Cabluna* (2010 год). Сорт Махровый отличался от других сортов более высоким содержанием флавоноидов как в контроле, так и при обработке (наилучший результат имеет Режим 2 обработки ЭМИ3) (рисунок 3).

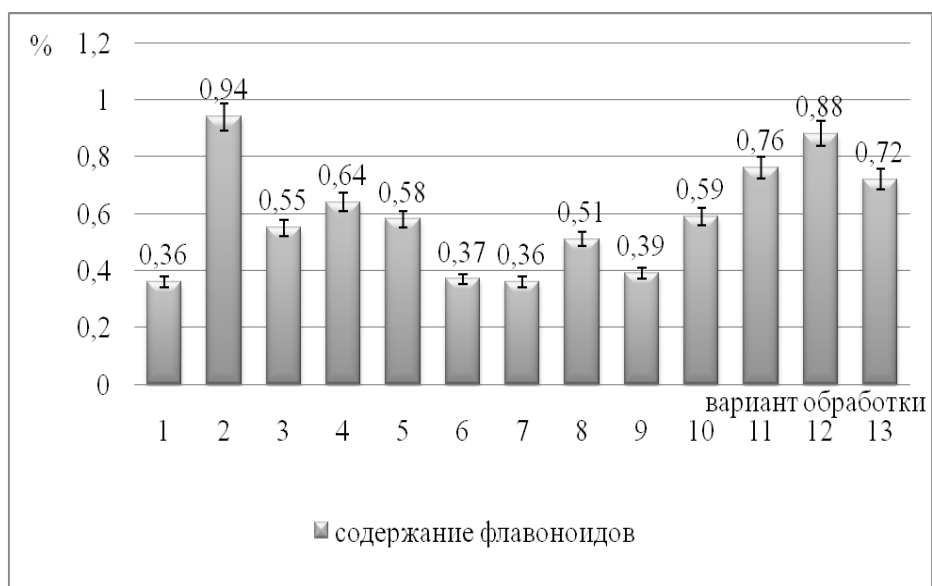


Рисунок 3 – Влияние различных предпосевных обработок на накопление флавоноидов в календуле лекарственной

- 1 – контроль с. *Indian Prima* (2009 год); 2 – ЭМИ1 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 3 – плазменная обработка Режим 1 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 4 – плазменная обработка Режим 2 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 5 – плазменная обработка Режим 3 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 6 – контроль с. *Indian Prima* (2010 год); 7 – ЭМИ2 с. *Indian Prima* (2010 год);
- 8 – контроль с. *Cabluna* (2010 год); 9 – ЭМИ2 с. *Cabluna* (2010 год);
- 10 – контроль с. Махровый-2000 (2010 год),
- 11 – режим 1 ЭМИЗ с. Махровый (2010 год);
- 12 – режим 2 ЭМИЗ с. Махровый-2000 (2010 год);
- 13 – режим 3 ЭМИЗ с. Махровый 2000 (2010 год).

В результате анализа данных пришли к выводу о том, что разница в содержании фенольных соединений в соцветиях календулы в полевых опытах 2009 и 2010 годов может быть обусловлена:

– разностью климатических показателей (лето 2010 года было жарким и сухим, процессы роста отставали от процесса развития, поэтому основное количество вторичных метаболитов накапливалось в зеленой масса растения, а не в соцветиях);

– отличие в почве опытного поля (опыт 2009 года закладывался на участке находившемся под паром, 2010 г – в севообороте с другими культурами, а значит был обеднен определенным рядом минеральных и органических веществ необходимых календуле) и др.

Таким образом, наиболее высокое содержание соединений фенольной природы было отмечено при обработке плазмой, ЭМИ 3 Режимами 2 и 3 календулы сорта Махровый-2000. Установлен избирательный характер действия ЭМИ2 на разные сорта календулы.

В ходе исследований установлено, что предпосевная обработка ЭМИ 1 продолжительностью 2 минуты и плазменная обработка всех экспозиций повышали содержание аскорбиновой кислоты в соцветиях календулы лекарственной в 2009 году, причем самый высокий стимулирующий эффект был выявлен при обработке плазмой продолжительностью воздействия 2 минуты (рисунок 4).

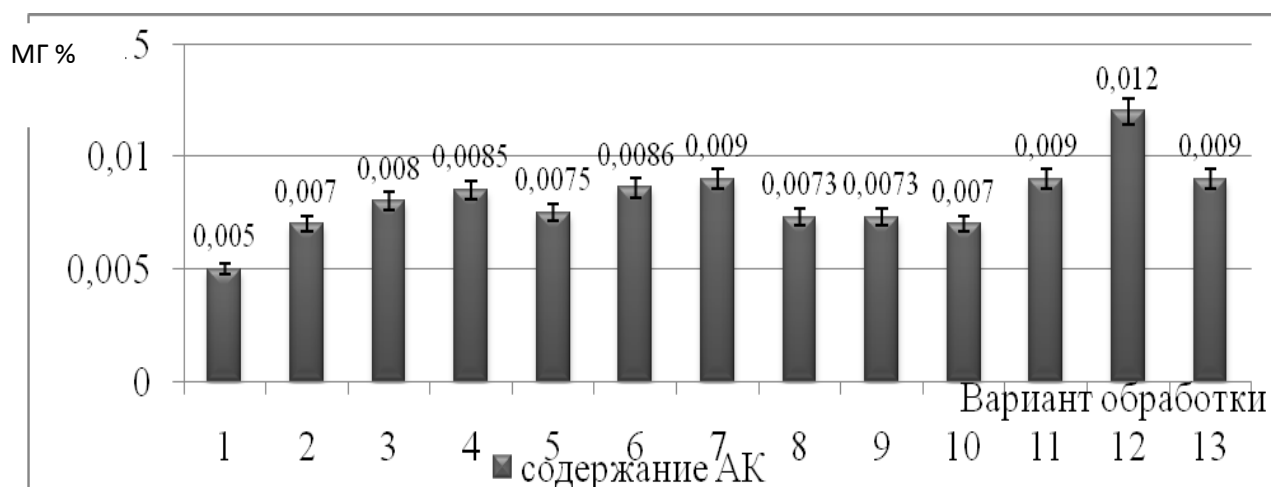


Рисунок 4 – Особенности накопления аскорбиновой кислоты (АК) в соцветиях *Calendula officinalis*, подвергнутой предпосевному воздействию

- 1 – контроль с. *Indian Prima* (2009 год); 2 – ЭМИ1 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 3 – плазменная обработка Режим 1 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 4 – плазменная обработка Режим 2 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 5 – плазменная обработка Режим 3 с. *Indian Prima* (2009 год);
- 6 – контроль с. *Indian Prima* (2010 год); 7 – ЭМИ2 с. *Indian Prima* (2010 год);
- 8 – контроль с. *Cabluna* (2010 год); 9 – ЭМИ2 с. *Cabluna* (2010 год);
- 10 – контроль с. Махровый-2000 (2010 год),
- 11 – режим 1 ЭМИЗ с. Махровый (2010 год);
- 12 – режим 2 ЭМИЗ с. Махровый-2000 (2010 год);
- 13 – режим 3 ЭМИЗ с. Махровый 2000 (2010 год).

Но поскольку другие исследуемые параметры (всхожесть, энергия прорастания, длина растений) угнетались, была предпринята попытка изменить режим обработки. В связи с этим семена

сорта *Indian Prima* были подвергнуты воздействию ЭМИ 2 и ЭМИ 3. Это воздействие дало позитивный результат по всем исследуемым параметрам, в том числе и по содержанию витамина С, которое превзошло показатели 2009 г. на сорте *Indian Prima* и *Махровый-2000*. Максимальное количество аскорбиновой кислоты обнаружено в соцветиях сорта *Махровый -2000* обработанного ЭМИЗ Режим 2 (62-64 ГГц).

Оценивая влияние ЭМИ2 на сорт календулы *Cabluna* выявлено, что растения опыта и контроля имеют одинаковое количество аскорбиновой кислоты.

Таким образом, наиболее позитивный результат увеличения содержания витамина С и других исследуемых параметров был получен при обработке ЭМИЗ режимами 1 и 2 календулы сорта *Махровый-2000*.

Подводя итог проведенным биохимическим исследованиям можно утверждать, что предпосевная электромагнитная обработка семян *Melissa officinalis* (L.), *Althaea officinalis* (L.) и *Calendula officinalis* не снижает фармакологического качества лекарственного сырья на уровне отдельных соединений фенольной природы и аскорбиновой кислоты и может быть использована для промышленного выращивания исследуемых лекарственных культур.

Литература

1. Tambiev, A.N. Stimulation of growth of cyanobacteria by millimeter electromagnetic radiation of low intensiveness / A.N. Tambiev // Trade Exhibition Microbe-86. XIX Intern. Congr. Microbiol., September 7-13: Abstr. - Manchester, England, 1986.
2. Бинги, В.Н., Савин, А.В. Успехи физических наук / В.Н. Бинги, А.В. Савин // – 2003. Т.173. №3. – С.265-300.
3. Бабенко, А.А. СВЧ импульсная предпосевная обработка семян.: дис. канд биол.наук 05.20.02. – М., 1993. – 180 с.
4. Лекарственные растения / авторы-сост. И.Н. Путырский, В.Н. Прохоров. – 2-е изд., стереотип. – Мн.: Книжный Дом, 2008.
5. Филатова, И.И. Повышение продуктивности посадочного материала ботанических коллекционных фондов методами плазменно-микроволнового воздействия/ И.И.Филатова [и др.] // Теор. и прикладные аспекты биохимии и биотехнологии растений: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 50-летию отдела биохимии и биотехнологии растений, Минск, 14-16 мая 2008г. – С.517-521.
6. Karpovich, V.A., Rodionova, V.N., Slepian, G.Ya. Application of microwave energy in modern biotechnologies / V.A. Karpovich, V.N. Rodionova, G.Ya. Slepian. // The Fourth International Kharkov Symposium “Physics and engineering of millimeter and sub-millimeter waves”: Symposium Proceedings/ National Academy of Sciences of Ukraine. – Kharkov, 2001. – P.909 – 910.
7. Сейдер, А.И. Виноделие и виноградарство СССР./ А.И. Сайдер, Е.Н. Даутунашвили – № 6.– 1972. – С. 31-34
8. Ермакова, А.И. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермакова. – Ленинград: ВО «Агроиздат», 1987. – С. 331
9. Manthey, J.A. Flavonoids in Cell Function / J.A. Manthey, B.S. Buslig. – Berlin: Springer, 2002. – P. 108–110.
10. Запрометов, М. Н., Основы биохимии фенольных соединений/ М.Н.Запрометов – М., 1964.- 138 с.
11. Кунаева, Р. М. Гидролитические и окислительные ферменты обмена фенольных соединений растений /Р. М. Кунаева. – Алма-Ата, 1986. – 160 с.
12. Филипцова, Г.Г. Основы биохимии растений: Курс лекций/ Г.Г. Филипцова, И.И. Смолич.– Минск: БГУ, 2004.– 136 с.