



ISSN 1818-8575

1/2012

ВЕСЦІ БДПУ

РЕГІОНАЛЬНИЙ БДПУ



Серія 3

ФІЗИКА

МАТЭМАТЫКА

ІНФАРМАТЫКА

БІЯЛОГІЯ

ГЕАГРАФІЯ

С.Н. Сазонова, магистрант кафедры ботаники
и основ сельского хозяйства БГПУ;

Ж.Э. Мазец, кандидат биологических наук,
доцент кафедры ботаники и основ сельского хозяйства БГПУ;

Е.В. Спиридович, кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник отдела биохимии
и биотехнологии растений ЦБС НАН Беларуси;

В.Н. Родионова, кандидат физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник НИИ ЯП БГУ

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО И ПЛАЗМЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ *CALENDULA OFFICINALES L.*

Введение. Широкое использование лекарственных растений в качестве сырья для изготовления экологически чистых и безопасных фитопрепаратов является весьма актуальным направлением современных исследований. Однако использование лекарственных трав требует современных технологий подготовки и хранения их семенного фонда. Основная проблема заключается в подготовке к высеву долго хранившихся семян, требующих предварительной обработки для инициирования их «пробуждения» и повышения энергии прорастания.

Известны различные способы предпосевной обработки семян: химические, биологические и физические. Однако применение химической обработки пагубно влияет на окружающую среду и несколько снижает качество лекарственного сырья. Выяснилось, что применение химической обработки может вызывать ускорение прорастания семян, роста и развития растений, повышение урожайности, но часто параллельно образуются безвредные для растений, но опасные для человека метаболиты, что особенно недопустимо для лекарственных растений. К тому же внесение данных веществ может приводить к неблагоприятным изменениям качества почвы. Поэтому объективно появилась потребность в использовании иных методов повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам, а в конечном счете, и урожайности растений. В связи с этим в последние годы особую актуальность приобрели исследования

физического воздействия на семена, среди которых много позитивных отзывов получили плазменные и электромагнитные методы, позволяющие полнее раскрыть потенциал, заложенный в генотипе растений. Перспективность таких способов предпосевного воздействия обусловлена высокой биологической активностью электромагнитных полей во всех частотных диапазонах.

На сегодняшний день в практической биологии широко используются электромагнитные поля различного диапазона (гамма-излучение, облучение α - и β -частицами, рентгеновское, ультрафиолетовое, видимое оптическое, инфракрасное, СВЧ-излучение, радиочастотное, магнитное и электрическое поле), гравитационное воздействие ионами различных элементов и т. д. Каждый из физических факторов воздействия обеспечивается своим специализированным оборудованием, часто весьма сложно устроенным и дорогим. Например, γ - и рентгеновское облучение просто опасно для жизни человека, а потому малоприспособно для эксплуатации в колхозах, где технологическая культура и безопасность производства оставляет желать лучшего. То же самое можно сказать и об ультрафиолетовом облучении, оптическом видимом, γ - и β -облучении, СВЧ-облучении, радиочастотном облучении – проблемы эксплуатации и безопасности примерно те же самые. Остается совсем немного претендентов, которые смогут достаточно безболезненно прижиться в реальном сельскохозяйственном производ-

стве. Это магнитные и электрические поля, объектом воздействия которых являются семена, клубни, луковицы, черенки и проростки растений. Итогом воздействия в оптимальных интенсивностях является раскрытие генетического и физиологического потенциала растений, выражающееся в повышении урожая и его качества. Эти исследования проводились весьма активно с середины 50-х гг. прошлого века в СССР, США, Канаде, Франции [1, с. 4–11].

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что физические виды воздействия на семена оказывают положительное влияние на агрономические качества семян, активизируют ростовые процессы растений. Поэтому в настоящее время в сельскохозяйственной практике достаточно широко применяются данные стимулирующие факторы, способствующие повышению энергии прорастания и полевой всхожести семенного материала.

Актуальность данной работы обусловлена существующим несоответствием физиологического качества посевного материала требованиям интенсивных технологий возделывания лекарственных культур и состоит в необходимости увеличения адаптивных свойств семян к неблагоприятным условиям, определения оптимальных способов пробуждения семян календулы. Данная информация необходима для того, чтобы наладить эффективное производство экологически чистых фитопрепаратов, включающих сырье календулы.

Поэтому целью данной работы было исследование влияния различных режимов электромагнитного излучения, а также плазменной обработки на всхожесть, энергию прорастания семян, морфометрические параметры растений календулы в лабораторных, вегетационных и полевых условиях. Суть данного воздействия заключается в том, что семена обрабатываются внешним источником электромагнитного излучения волн различной длины, мощности и временем воздействия, при этом растительные объекты определенным образом реагируют на специфическую для них резонансную частоту. Такой подход устраняет необходимость повторной (часто неоднократной) электромагнитной обработки посевов [2, с. 143–145].

Объекты и методы исследования.

Объектом для изучения была выбрана *Calendula officinalis*, которая широко используется в лекарственных целях как в народной, так и в традиционной медицине. В качестве сырья употребляют цветочные корзинки ка-

лендулы, 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 соцветиях ноготков содержится до 2678 мг/100 г аскорбиновой кислоты. Также в цветочных корзинках содержатся ферменты и фитонциды (до 0,09 %).

В корнях календулы содержится инулин. В семенах растений присутствует жирное масло, которое представлено глицеридами лауриновой и пальмитиловой кислот, а также небольшое количество алкалоидов неизвестного состава.

Благодаря широкому спектру содержащихся в *Calendula officinalis* веществ она обладает бактерицидным, ранозаживляющим, противовоспалительным свойствами. Доказано, что настои, настойки, мази и другие препараты из календулы снижают артериальное давление, замедляют сердечный ритм, увеличивают амплитуду сердечных сокращений, успокаивают нервную систему [3, с. 97].

Для исследования были взяты сорта *Calendula officinalis* из коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси – *Indian Prima* и *Cabluna*, а также *Махровый-2000* (совхоз Можейково).

В ходе эксперимента было исследовано влияние электромагнитной обработки (воздействие высокочастотного низкоинтенсивного электромагнитного поля (ВЧЭМП) мощностью 5–7 $^{\circ}\text{W}/\text{cm}^2$) в течение 2 минут (ЭМИ (1)) и микроволнового электромагнитного излучения (ЭМИ (2) и ЭМИ (3)), а также плазмы высокочастотного емкостного разряда (ВЧЕР) с газовой температурой $T_g \sim 300\text{K}$ в течение 1, 2 и 3 минут на всхожесть, энергию прорастания семян, а также оценивались морфометрические параметры ювенильных растений календулы у контрольных и опытных растений. Электромагнитная (ЭМИ (1)) и плазменная обработки проводились в Институте физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси, а ЭМИ (2) и (ЭМИ (3)) – в Институте ядерных проблем БГУ. Воздействие ЭМИ (2) производилось из расчета на объем семян. Обработка низкоинтенсивным микроволновым электромагнитным излучением ЭМИ (3) проводилась в различных частотных режимах: Режим 1 (частота обработки 53,57–78,33 ГГц,

время обработки 20 минут); Режим 2 (частота обработки 64,0–66,0 ГГц, время обработки 12 минут) и Режим 3 (частота обработки 64,0–66,0 ГГц, время обработки 8 минут).

Исследование проводилось в 3 этапа. Первый этап (2009 г.) включал лабораторный, вегетационный, а также полевой мелкоделяночный опыт с *Calendula officinalis* сорта *Indian Prima*, семена которой были подвержены ЭМИ продолжительностью 2 минуты (ЭМИ (1) и плазменному воздействию с временем воздействия 1, 2 и 3 минуты. Второй этап исследования (2010 г.) характеризовался заменой режимов на ЭМИ (2) и ЭМИ (3). Кроме того, для исследования были взяты еще 2 сорта *Calendula officinalis* – *Cabluna*, *Махровый-2000* (Можейково). Третий этап исследования (2011 г.) был направлен на подтверждение результатов воздействия ЭМИ (3) в 3 режимах на сорте *Махровый-2000*, а также в полевом опыте проверялся эффект последствия электромагнитной обработки. В ходе опытов оценивалась полевая всхожесть семян, велось наблюдение за фазами онтогенеза и морфометрическими показателями в течение всего вегетационного периода (каждые 7 дней на протяжении 8 недель).

Лабораторный эксперимент был заложен в трехкратной повторности для каждого сорта и вида обработки. Семена проращивали в растильнях на увлажненной фильтровальной бумаге на протяжении 10 дней при температуре 20–21 °С. Каждая партия контрольных и опытных образцов содержала по 40 семян. Оценивали всхожесть, энергию прорастания и морфометрические показатели корней и проростков на 3, 7 и 10 сутки онтогенеза. Проросшими считались семена с зародышевым корешком более 0,5 см.

Для проверки результатов, полученных в лабораторном опыте в 2010 г., проводился вегетационный опыт, для чего использовались вегетационные сосуды Митчерлиха вместимостью 10 литров, наполненные землей. В них были высеяны по 30 штук семян. Наблюдения за фазами онтогенеза проводились каждые 7 дней. В результате исследования анализировали всхожесть, особенности роста (высоту), а также скорость прохождения этапов онтогенеза. Все опыты проводились в трехкратной биологической повторности [4, с.18–84]. Полученные результаты обрабатывались с помощью статистического пакета программ M. Excel и Statistica 6,0.

Результаты и их обсуждение. В результате опытов был установлен неоднозначный характер влияния различных видов

физических воздействий на всхожесть, энергию прорастания и морфометрические показатели растений отдельных сортов *Calendula officinalis* L.

Критерии оценки выбирались не случайно, так как по всхожести и энергии прорастания 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.

Анализ лабораторного эксперимента по выявлению влияния ЭМИ (1) на сорт *Indian Prima*, при котором длительность действия излучения составляла 2 минуты, показал, что при данном виде воздействия все исследуемые показатели снижаются.

Во втором лабораторном опыте (2010 г.) был расширен сортовой состав исследуемых образцов и введены новые режимы обработки ЭМИ (2), ЭМИ (3) в различных частотных режимах. В ходе опыта были получены следующие результаты: сорт *Indian Prima* имеет лучшую всхожесть в контроле, но меньшую энергию прорастания. При ЭМИ (2) обработке у данного сорта наблюдалась меньшая всхожесть, чем в контроле, но опытные растения характеризовались большей энергией прорастания, позволяющей увеличить выживаемость растений и их сопротивляемость к неблагоприятным факторам окружающей среды. Сорт *Cabluna* имеет незначительные отличия во всхожести между опытом и контролем, но в опыте также отмечаются более дружные всходы с высокой энергией прорастания в первые 7 дней онтогенеза. Значительный стимулирующий эффект ЭМИ (3) отмечен на сорте *Махровый-2000* во всех режимах, но следует выделить Режим 1, на котором отмечен максимальный эффект на данном сорте (рисунок 1).

Установлено, что ЭМИ (2) стимулирует ростовые процессы календулы в ювенильной фазе. Так, оценка морфометрических характеристик – длины и массы корней и проростков календулы сорта *Indian Prima* на 10-й день онтогенеза показала, что растения, прошедшие предпосевную обработку, незначительно (в пределах ошибки опыта) выше исследуемых контрольных показателей (таблица 1).

Что касается сорта *Махровый-2000*, то при стимуляции всхожести и энергии прорастания угнетаются ростовые процессы на начальных этапах онтогенеза (рисунок 2).

В ходе анализа результатов влияния предпосевной обработки на массу корней и проростков 10-дневных растений *Calendula officinalis* L.

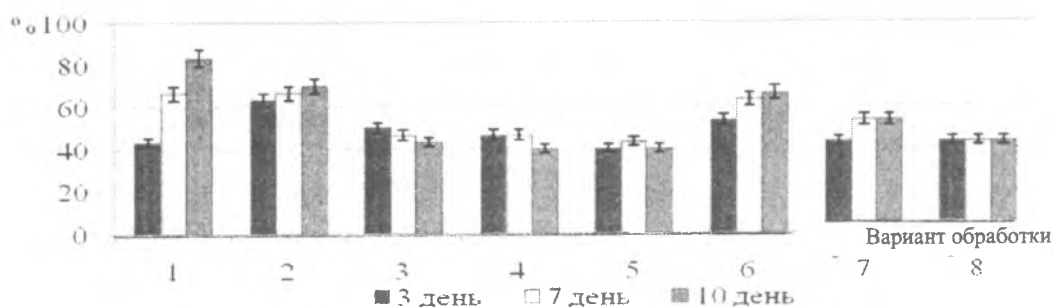


Рисунок 1 – Влияние различных типов предпосевной обработки на лабораторную всхожесть *Calendula officinalis* L.:

- 1 – контроль сорта *Indian Prima*; 2 – ЭМИ(2) сорта *Indian Prima*;
 3 – контроль сорта *Cabluna*; 4 – ЭМИ(2) сорта *Cabluna*;
 5 – контроль сорта *Махровый-2000*; 6 – Режим 1 ЭМИ(3) сорта *Махровый*;
 7 – Режим 2 ЭМИ(3) сорта *Махровый*; 8 – Режим 3 ЭМИ(3) сорта *Махровый*.

Таблица – Влияние ЭМИ (2) на морфометрические параметры *Calendula officinalis* сорта *Indian Prima* на 10-й день онтогенеза

Вариант	Длина, %		Масса, %	
	Корни	Проростки	Корни	Проростки
Контроль	100	100	100	100
Обработка	102,2	105,42	104,4	103,37



Рисунок 2 – Длина корней и проростков *Calendula officinalis* L. в лабораторном опыте на 10-й день онтогенеза:

- 1 – контроль сорта *Indian Prima*; 2 – ЭМИ(2) сорта *Indian Prima*;
 3 – контроль сорта *Cabluna*; 4 – ЭМИ(2) сорта *Cabluna*;
 5 – контроль сорта *Махровый-2000*; 6 – Режим 1 ЭМИ(3) сорта *Махровый*;
 7 – Режим 2 ЭМИ(3) сорта *Махровый*; 8 – Режим 3 ЭМИ(3) сорта *Махровый*.

установили, что все исследуемые сорта были угнетены по сравнению с контролем на начальных этапах онтогенеза, за исключением Режимом 2 ЭМИ (3) на сорте *Махровый-2000*, где показатели роста корней и проростков были практически на уровне контрольных значений (рисунок 2).

Оценка влияния различных видов электромагнитного воздействия на массу корней и проростков у десятидневных растений трех сортов календулы показала, что у сортов *Indian Prima* и *Cabluna* эти показатели ниже, чем в контроле. А на сорте *Махровый-2000* отмечена стимуляция развития корневой системы Режимом 2 ЭМИ (3) и побегов Режимом 3 ЭМИ (3) по сравнению с контролем.

Для исследования в вегетационном эксперименте были взяты семена двух сортов *Calendula officinalis*, обработанные ЭМИ (2) – *Indian Prima* и *Cabluna*, опытные растения ко-

торых в лабораторном эксперименте имели угнетенное состояние.

Установлено, что тенденция, которая наметилась в лабораторном опыте, подтвердилась и в вегетационном опыте. Всхожесть семян двух исследуемых сортов *Calendula officinalis* L. оказалась выше в контроле, однако по сравнению с лабораторным опытом всхожесть сорта *Cabluna* больше, чем у *Indian Prima* (рисунок 4).

Анализ морфометрических параметров (высота растений) показал, что ЭМИ (2) вызывает активизацию ростовых процессов у сорта *Cabluna* и угнетает рост растений сорта *Indian Prima* (рисунок 5). При сравнении контрольных образцов обоих сортов отмечена низкорослость сорта *Cabluna* по сравнению с сортом *Indian Prima*. Итак, после обработки возрастает высота низкорослых сортов и снижается высокорослых. Вероятно, этот эффект

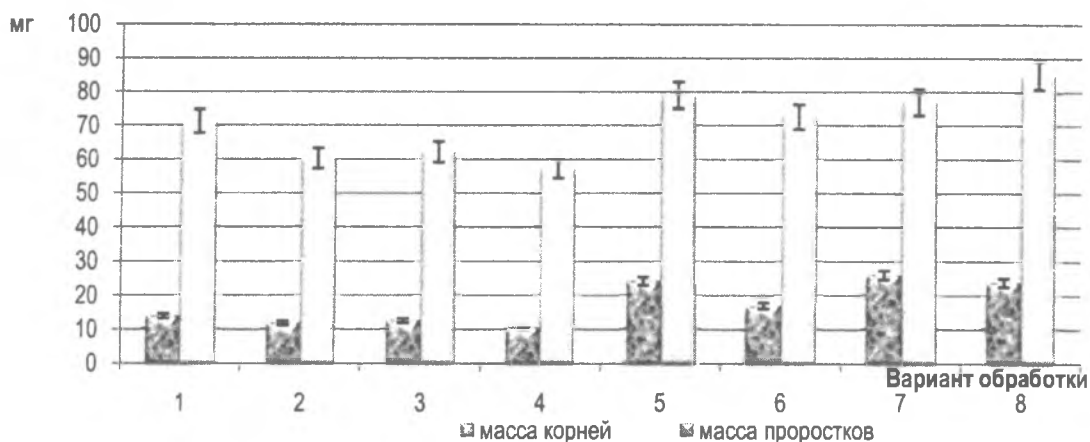


Рисунок 3 – Масса корней и проростков *Calendula officinalis* L. в лабораторном опыте на 10-й день онтогенеза:

- 1 – контроль сорта *Indian Prima*;
- 2 – ЭМИ(2) сорта *Indian Prima*;
- 3 – контроль сорта *Cabluna*;
- 4 – ЭМИ (2) сорта *Cabluna*;
- 5 – контроль сорта *Махровый-2000*;
- 6 – Режим 1 ЭМИ (3) сорта *Махровый*;
- 7 – Режим 2 ЭМИ (3) сорта *Махровый*;
- 8 – Режим 3 ЭМИ (3) сорта *Махровый*.

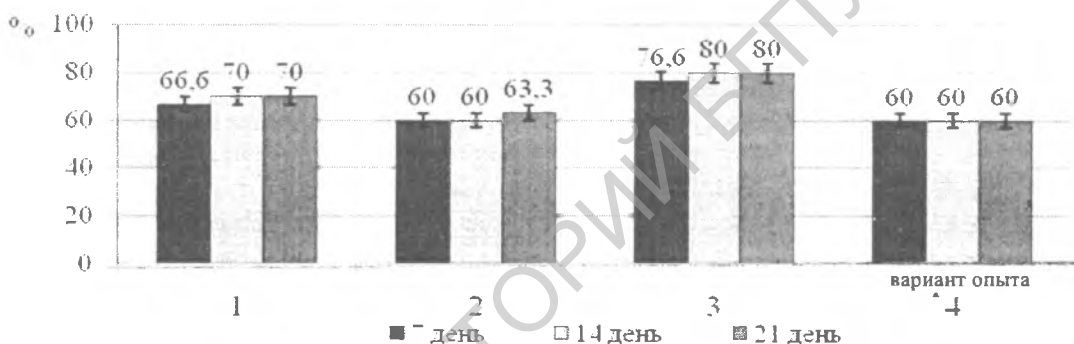


Рисунок – 4 Влияние ЭМИ (2) обработки на всхожесть *Calendula officinalis* L. в вегетационном опыте:

- 1 – контроль сорта *Indian Prima*; 2 – опыт сорта *Indian Prima*; 3 – контроль сорта *Cabluna*; 4 – опыт сорта *Cabluna*.

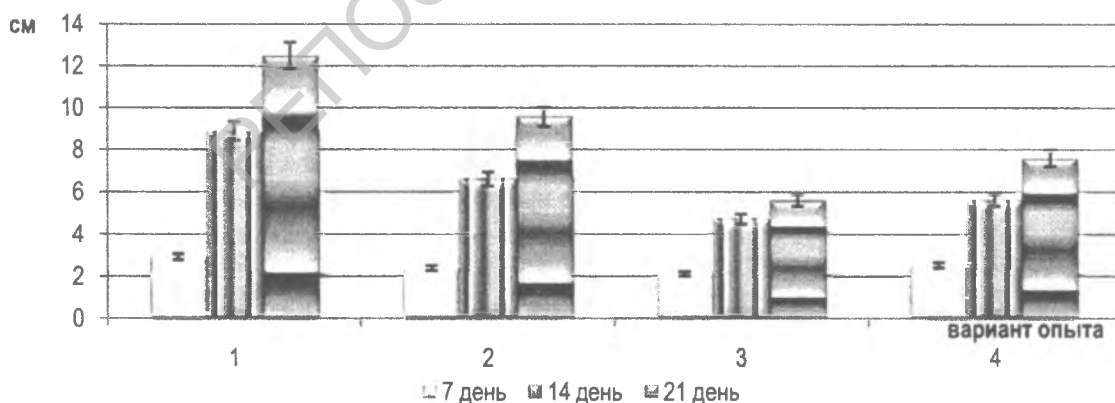


Рисунок 5 – Влияние ЭМИ (2) обработки на высоту *Calendula officinalis* L. в вегетационном опыте:

- 1 – контроль сорта *Indian Prima*; 2 – опыт сорта *Indian Prima*; 3 – контроль сорта *Cabluna*; 4 – опыт сорта *Cabluna*.

сродни ретардантному, то есть сдерживается вегетативный рост растений и стимулируется их плодоношение, тем самым повышается устойчивость к полеганию.

Таким образом, в вегетационном опыте установлены особенности прохождения основных фаз онтогенеза: ювенильного, бутонизации, цветения для каждого из сортов в

контроле и опыте. Отмечены следующие особенности: к этапу бутонизации первым перешел сорт *Indian Prima*, первые бутоны у него как в контроле, так и в опыте появились на 5-й неделе развития (по 2 бутона в контроле и опыте). К шестой неделе бутоны имелись у 20 % растений в опыте и у 15 % в контроле. В этот же период появились первые бутоны у

сорта *Cabluna*. Массовый период цветения (более 50 % растений) у сорта *Indian Prima* начался на 8-й неделе онтогенеза, *Cabluna* – на 9 неделе. В результате наблюдений отмечено, что быстрее происходит развитие растений и переход на новый этап онтогенеза у опытных растений.

Анализ результатов полевого опыта показал, что все экспозиции плазменного и электромагнитного воздействия в полевом опыте 2009 г. снижали всхожесть календулы. Необходимо отметить, что наиболее существенное угнетение всхожести и ростовых процессов, а также интенсивности цветения отмечалось при обработке плазмой 3 минуты. Незначительное снижение всхожести, длины побегов и интенсивности цветения отмечено при обработке ЭМИ (1) продолжительностью 2 минуты, а из плазменных – 1 минута.

Полевой опыт 2010 г. подтвердил результаты лабораторного и вегетационного опыта на сорте *Cabluna*. Можно отметить незначительное (в пределах ошибки опыта) улучшение всхожести у сорта *Indian Prima*. Положительный эффект отмечен при обработке ЭМИ (3) во всех режимах на сорте *Махровый-2000*, однако лучшие результаты отмечены при воздействии Режимом 1 (рисунок 6).

В полевом опыте 2011 г. подтвержден стимулирующий эффект ЭМИ (3)-обработки Режимом 1 на сорте *Махровый-2000*. Анализ

образцов календулы сорта *Махровый-2000*, выросших из семян, собранных от обработанных растений урожая 2010 г., позволяет сделать вывод о том, что имеется неоднородность во всхожести. Лучшие результаты имеют растения, которые в прошлом году прошли обработку ЭМИ (3) Режимом 1, но значение всхожести незначительно превышает показатели контроля. В образцах, на которых проверялся эффект последствия ЭМИ (3) Режимами 2 и 3, наблюдалось угнетение всхожести в первом поколении после воздействия (рисунок 6). Исследованиями последних лет однозначно доказано, что облучение в малых дозах вызывает многочисленные структурные перестройки в клетках, сохраняющиеся длительное время после облучения и приводящие к изменению функциональной активности клеток [5, с. 38–43]. Однако наши данные показывают, что ЭМИ-обработка вызывает максимальную активизацию генетического потенциала растений в первом поколении, поэтому для позитивного эффекта нужна повторная обработка, так как максимум своего потенциала растения израсходовали на ростовые процессы в прошлом году.

Вторым параметром, который исследовался в полевом опыте, была длина побегов. Из проведенного опыта получили следующие результаты: все опытные образцы 2009 г. имели не только меньший процент всхожести, но и

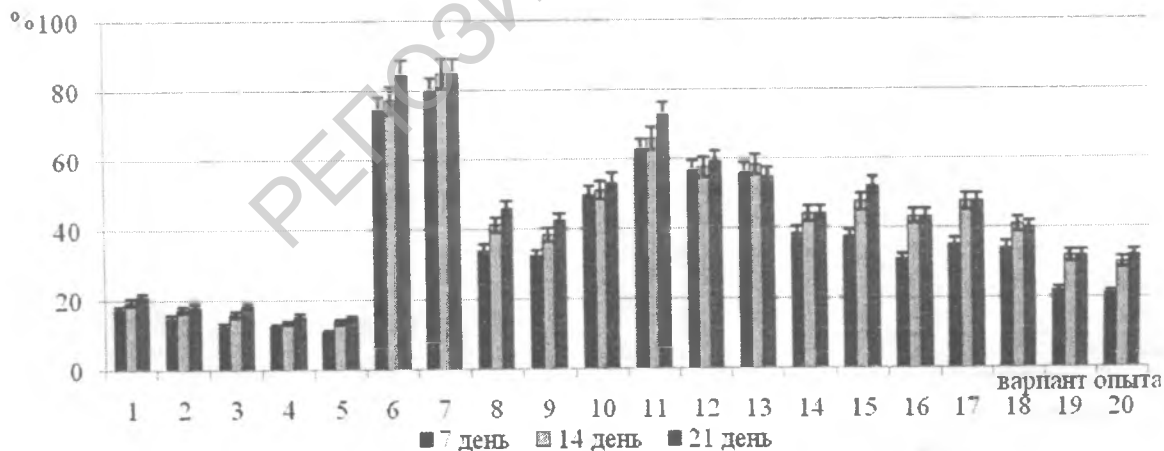


Рисунок – 6 Влияние различных физических предпосевных обработок на полевую всхожесть календулы:

- | | |
|---|---|
| 1 – контроль сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); | 2 – ЭМИ 1 сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); |
| 3 – плазменная обработка Режимом 1 сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); | 4 – плазменная обработка Режимом 2 сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); |
| 5 – плазменная обработка Режимом 3 сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); | 6 – контроль сорта <i>Indian Prima</i> (2010 г.); |
| 7 – ЭМИ (2) сорта <i>Indian Prima</i> (2010 г.); | 8 – контроль сорта <i>Cabluna</i> (2010 г.); |
| 9 – ЭМИ (2) сорта <i>Cabluna</i> (2010 г.); | 10 – контроль сорта <i>Махровый-2000</i> (2010 г.); |
| 11 – Режим 1 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2010 г.); | 12 – Режим 2 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый-2000</i> (2010 г.); |
| 13 – Режим 3 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> 2000 (2010 г.); | 14 – контроль сорта <i>Махровый-2000</i> (2011 г.); |
| 15 – Режим 1 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2011 г.); | 16 – Режим 2 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2011 г.); |
| 17 – Режим 3 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2011 г.); | 18 – последствие Режима 1 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2010 г.); |
| 19 – последствие Режима 2 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2010 г.); | 20 – последствие Режима 3 ЭМИ (3) на сорта <i>Махровый</i> (2010 г.); |

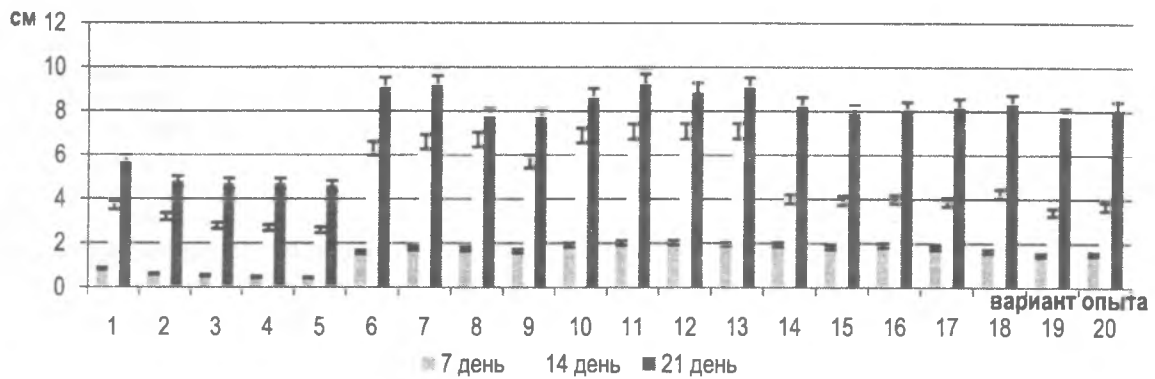


Рисунок – 7 Влияние предпосевного ЭМИ 1 и плазменного излучения ЭМИ (2) и ЭМИ(3) на длину побегов календулы:

- | | |
|---|---|
| 1 – контроль сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); | 2 – ЭМИ (1) сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); |
| 3 – плазменная обработка Режимом 1 сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); | 4 – плазменная обработка Режимом 2 сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); |
| 5 – плазменная обработка Режимом 3 сорта <i>Indian Prima</i> (2009 г.); | 6 – контроль сорта <i>Indian Prima</i> (2010 г.); |
| 7 – ЭМИ (2) сорта <i>Indian Prima</i> (2010 г.); | 8 – контроль сорта <i>Cabluna</i> (2010 г.); |
| 9 – ЭМИ (2) сорта <i>Cabluna</i> (2010 г.); | 10 – контроль сорта <i>Махровый-2000</i> (2010 г.); |
| 11 – Режим 1 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2010 г.); | 12 – Режим 2 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый-2000</i> (2010 г.); |
| 13 – Режим 3 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый-2000</i> (2010 г.); | 14 – контроль сорта <i>Махровый-2000</i> (2011 г.); |
| 15 – Режим 1 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2011 г.); | 16 – Режим 2 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2011 г.); |
| 17 – Режим 3 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2011 г.); | 18 – последствие Режима 1 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2010 г.); |
| 19 – последствие Режима 2 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2010 г.); | 20 – последствие Режима 3 ЭМИ (3) сорта <i>Махровый</i> (2010 г.). |

меньшую высоту побегов, что говорит об угнетении изучаемых параметров ЭМИ (1) и плазменным воздействием. В полевом опыте 2010 г. ростовые процессы у побегов календулы почти в 2 раза выше показателей 2009 г., что говорит о более благоприятных условиях на начальных этапах онтогенеза. У сорта *Indian Prima* отмечено незначительное, в пределах ошибки опыта, увеличение морфометрических параметров у растений, прошедших предпосевную ЭМИ (2)-обработку (подобная тенденция наблюдается и у сорта *Cabluna*). Максимальные показатели длины побегов, как и всхожести, имеют растения при ЭМИ (3)-обработке Режимом 1.

В полевом опыте 2011 г. отмечена незначительная отзывчивость сорта *Махровый-2000* к обработке ЭМИ (3), лучшие результаты получены при ЭМИ (3)-Режимом 3 (рисунок 7), а результаты обработок Режимами 1 и 2 примерно равные и отличаются от контроля незначительно, в пределах ошибки опыта. В целом, данный сорт отличается по морфометрическим параметрам 2010 и 2011 г. Это подтверждает тот факт, что вегетационные условия выращивания оказывают значительное влияние на интенсивность ростовых процессов и эффекты предпосевной физической обработки.

Таким образом, воздействия плазмой и ЭМИ (1) снижали всхожесть и энергию прорастания, а также морфометрические параметры у растений календулы в полевом опыте 2009 г., и поэтому длительность физического воздействия на семена была скорректирована

с учетом биологических особенностей данного вида растений. В связи с чем был изменен режим обработки на ЭМИ (2)- и ЭМИ (3)- воздействие. Установлен положительный результат по всхожести, энергии прорастания и морфометрическим параметрам ювенильных растений календулы разных сортов, особенно при ЭМИ (3) Режимом 1.

Итак, результаты исследований позволяют заключить, что предпосевная обработка низкоинтенсивным микроволновым излучением ЭМИ (3), производимая в НИИ ядерных проблем БГУ, является эффективным средством повышения агрономических качеств семян календулы и может быть рекомендована в практику растениеводства. Использование ЭМИ (3) позволит экономить финансовые средства за счет снижения объемов закупки элитных семян, а также отсутствия необходимости применения традиционных химических и биологических методов их предпосевной подготовки [5, с. 38–43].

ЛИТЕРАТУРА

1. Бецкий, О.В. Биологические эффекты миллиметрового излучения низкой интенсивности / О.В. Бецкий, А.В. Путьвинский // Изв. вузов МВ и ССО СССР. Радиоэлектроника. – 1986. – Т. 29. – № 4. – С. 4–11.
2. Влияние плазменно-радиоволновой обработки на агрономические качества семян / Е.А. Городецкая, Е.В. Спиридович, И.А. Коревко и др. // Теор. и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и нар. хоз-ва: материалы Междунар. науч. конф., посвященной 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси, Минск, 12–15 июня 2007 г. – Т. 1. – С. 143–145.

3. *Николайчук, Л.В.* Лечимся ромашкой и календулой / Л.В. Николайчук, Е.С. Козюк. – Минск: Современное слово, 2005. – 192 с.
4. *Доспехов, Б.Н.* Методика полевого опыта / Б.Н. Доспехов. – М.: Колос, 1979. – 415 с.
5. Особенности плазменной и электромагнитной обработки семян *Lupinus angustifolius* / М.Н. Комарова, Ж.Э. Мазец, Е.В. Спиридович и др. // Весті БДПУ. – 2008. – № 3. – С. 38–43.

SUMMARY

Article concerns the peculiarities of the influence of electromagnetic and plasma effects on agronomic

*seed quality, plant growth and the development of individual varieties of *Calendula officinalis*. The advantage of electromagnetic processing of seeds as compared to plasma is revealed. The optimal exposure of the electromagnetic effects that enhance germination, vigor and activate growth processes of plants *Calendula officinalis* are pointed out. The most significant effect of seed treatment was given with electromagnetic processing, produced by the electromagnetic processing of seeds in gave the most significant effect.*

Поступила в редакцию 04.11.2011.

РЕПОЗИТОРІЙ БДПУ