

УДК 581.1 : 537.53

UDC 581.1 : 537.53

**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО  
ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИОЛОГО-  
БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ  
OCIMUM BASILICUM L.****INFLUENCE OF COMPLEX  
ELECTROMAGNETIC RADIATION  
ON PHYSIOLOGICAL AND  
BIOCHEMICAL PROCESSES  
OF OCIMUM BASILICUM L.****Ж. Э. Мазец,**

доцент кафедры биологии и методики преподавания биологии Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка, кандидат биологических наук;

**С. П. Ревуцкий,**

студент 2 курса факультета естественных наук Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка;

**С. Н. Шиш,**

научный сотрудник лаборатории прикладной биохимии государственного научного учреждения «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»;

**Н. В. Пушкина,**

старший научный сотрудник физико-технической лаборатории НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, кандидат биологических наук;

**В. И. Мартынюк,**

научный сотрудник физико-технической лаборатории НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ

**Zh. Mazets,**

Associate Professor, Department of Biology and methods of biology teaching, the Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, PhD (biology);

**S. Revutski,**

2nd year student of Natural Sciences faculty of the Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank;

**S. Shysh,**

researcher at the applied biochemistry laboratory of the state scientific institution «Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus»;

**N. Pushkina,**

senior researcher at the physical and technical laboratory of the National Research University "Institute of Nuclear Problems" of BSU, PhD (biology);

**V. Martynyuk,**

researcher at the physical and technical laboratory of the National Research University "Institute of Nuclear Problems" of BSU

Поступила в редакцию 21.01.2024.

Received on 21.01.2024.

В статье обсуждается влияние комплексного электромагнитного излучения (КЭМИ) различной продолжительности на всхожесть, характер формирования вегетативных органов и накопления основных фотосинтетических пигментов и вторичных метаболитов в листьях базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) в условиях полевого мелкоделяночного опыта. Установлено, что самая короткая экспозиция КЭМИ 2 секунды повышала посевные качества семян *Ocimum basilicum* L. Выявлена позитивная реакция КЭМИ по сравнению с контролем на морфометрические показатели корней и проростков, количество листьев на растениях базилика обыкновенного. Отмечены специфические перестройки в пуле фотосинтетических пигментов под влиянием КЭМИ в листьях базилика. Установлено повышение уровня соединений фенольной природы и флавоноидов в листьях *Ocimum basilicum* L. преимущественно под влиянием 4-секундной обработки КЭМИ.

**Ключевые слова:** комплексное электромагнитное излучение, базилик обыкновенный, всхожесть, фотосинтетические пигменты, ростовые процессы, вторичные метаболиты.

The influence of complex electromagnetic radiation (CEMR) of various durations on germination, nature of vegetative organs formation and the accumulation of main photosynthetic pigments and secondary metabolites in the leaves of common basil (*Ocimum basilicum* L.) under the conditions of a field small-plot experiment was discussed in the article. It was found that the shortest CEMR exposure of 2 seconds increased the sowing qualities of the seeds of *Ocimum basilicum* L. A positive CEMR reaction was revealed in comparison with the control on the morphometric indicators of roots and seedlings, the number of leaves on common basil plants. Specific rearrangements were noted in the pool of photosynthetic pigments under the influence of CEMR in basil leaves. An increase in the level of phenolic compounds and flavonoids in the leaves of *Ocimum basilicum* L. was established, mainly under the influence of 4-second treatment by CEMR.

**Keywords:** complex electromagnetic radiation, common basil, germination, photosynthetic pigments, growth processes, secondary metabolites.

**Введение.** В настоящее время возрастает интерес к пряно-ароматическим растениям, которые широко применяются в косметической, парфюмерной, пищевой и фармацевтической промышленности [1]. К таким растениям относится базилик обыкновенный (*Ocimum basilicum* L.).

Базилик считается одной из самых универсальных трав. Он обладает непревзойденным ароматом, его можно использовать как отдельно, так и в смесях с другими прянощами и травами. В свежем виде базилик служит приправой для салатов, мясных и рыбных блюд [2]. Установлено, что экстракт базилика обладает ярко выраженными антиоксидантными свойствами [3]. Кроме того, его водно-этанольный экстракт используют в качестве стимуляторов роста томатов и защиты их от основных возбудителей болезней [4]. Однако *Ocimum basilicum* L. является интродуцированной культурой, поэтому в условиях Республики Беларусь имеет достаточно низкую всхожесть и невысокую скорость роста. В связи с этим актуальным становится использование предпосевного воздействия, повышающего посевные качества семян, активизирующие ростовые процессы, но при этом не снижающего биохимических качеств фитосырья базилика.

В литературе имеются сведения по использованию различных стимуляторов роста на базилике обыкновенном, таких как Флоравит-3Р, Этафос-Ф и Гуанибифос-Ф, не включенных в госреестр Республики Беларусь. Отмечено, что при предпосевном их использовании повышаются посевные качества семян, увеличивается количество побегов, их длина и число листьев [2; 5].

Однако в последние годы растет спрос на применение физических факторов предпосевного воздействия на семена, так как они менее затратны и более экологичны при широком использовании. Много позитивных отзывов получили электромагнитные предпосевные воздействия в различных частотных диапазонах [6–10].

Объектом нашего исследования стал базилик обыкновенный (*Ocimum basilicum* L.). Семена базилика были обработаны комплексным электромагнитным излучением (КЭМИ) в интервале частот от 0,3 до 40 ГГц с рабочей частотой 20,3 ГГц. Предлагаемый способ подразумевает более широкий спектр физических явлений в комплексном воздействии на семена сельскохозяйственных культур, а именно: ультрафиолетовое излучение, сверхвысокочастотное (СВЧ), терагерцовое излучение, повышенная температура, наличие озона, градиент высоковольтного потенциала, абразивное воздействие в интенсивном потоке газообразного носителя (воздуха) и др. Время воздействия на семена исчисляется секундами, что является следствием кумулятивного эффекта перечисленных выше физических факторов воздействия. В связи с этим актуальным является исследование, направленное на выяснение влияния КЭМИ на посевные качества семян и физиолого-биохимические процессы базилика обыкновенного в условиях полевого опыта.

Цель работы: оценка влияния комплексного электромагнитного излучения на всхожесть, формирование вегетативных органов и накопление основных фотосинтетических пигментов и вторичных метаболитов в листьях базилика обыкновенного.

Задачи работы:

1. Оценить особенности влияния различных экспозиций КЭМИ на всхожесть семян базилика обыкновенного в условиях полевого опыта 2023 г.
2. Выяснить специфику воздействия КЭМИ на морфометрические параметры растений базилика обыкновенного.
3. Проанализировать влияние КЭМИ на накопление основных фотосинтетических пигментов в листьях базилика обыкновенного.
4. Изучить характер влияния КЭМИ на содержание соединений фенольной природы в листьях базилика обыкновенного.

**Объекты и методы исследования.** Для исследования были взяты семена базилика обыкновенного с зеленым компактным морфотипом и анисовым ароматом. Семена базилика были обработаны КЭМИ на протяжении 2, 4 и 6 секунд на установке, изображенной на рисунке 1. Необработанные семена служили контролем (К). Обработка семян проводилась на базе физико-технической лаборатории НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ.

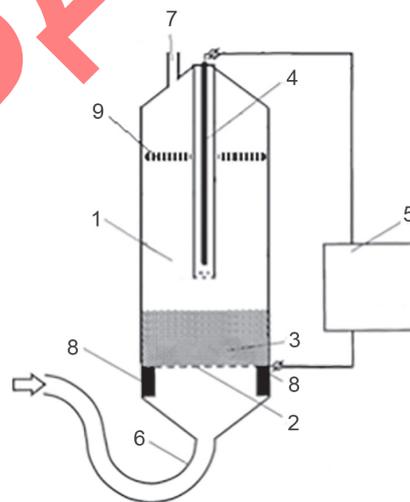


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда электротермического кипящего слоя для получения плазмы тлеющего разряда с образованием интенсивных электромагнитных полей [13]:

- 1 – рабочая камера; 2 – решетка; 3 – порошок;  
4 – анод; 5 – направляющая сетка, жестко закрепленная на аноде под углом к горизонту;  
6 – источник электропитания; 7 – штуцер подачи газа; 8 – загрузочный бункер; 9 – питатель

Полевой мелкоделяночный опыт был заложен на приусадебном участке агрогородка Замки Крупского района Минской области в июле 2023 г. Семена базилика во всех вариантах опыта и контроле высаживались в июле безрассадным способом в трехкратной повторности на делянках 1 м<sup>2</sup> на легкой суглинистой почве.

В ходе опыта учитывалось влияние КЭМИ на полевую всхожесть, высоту побегов и длину корней, массу вегетативных органов, число листьев на побегах, сухой вес листьев, накопление фотосинтетических пигментов и вторичных метаболитов в листьях базилика.

Морфометрические параметры растений базилика обыкновенного, а также биохимические исследования проводили на 60-й день прорастания, т. е. в конце августа.

Количественное определение уровня фотосинтетических пигментов производили по методу, описанному в работе [11], экстракцию проводили 100 % ацетоном. Оптическую плотность определяли на спектрофотометре «Спекорд-50» (Германия). Концентрацию пигментов рассчитывали по формулам:

$$C_{\text{хла}}, \text{ мг/л} = 9,784 \cdot D_{662} - 0,990 \cdot D_{644},$$

$$C_{\text{хлб}}, \text{ мг/л} = 21,426 \cdot D_{644} - 4,650 \cdot D_{662},$$

$$C_{\text{хла+хлб}}, \text{ мг/л} = 5,134 \cdot D_{662} + 20,436 \cdot D_{644},$$

$$C_{\text{кар}}, \text{ мг/л} = 4,695 \cdot D_{440,5} - 0,268 \cdot C_{\text{хла+хлб}},$$

где  $C$  – концентрация того или иного пигмента, а  $D$  – оптическая плотность при определенной длине волны. Содержание пигментов (хлорофилла  $a$ , хлорофилла  $b$ , сумму хлорофиллов, каротиноидов) в растительном материале ( $A$ ) вычисляли по формуле:

$$A = VC/1000P,$$

где  $C$  – концентрация пигментов, мг/л;  $V$  – объем вытяжки, мл;  $P$  – вес навески, г.

Содержание фенольных соединений (ФС) в образцах измеряли с реактивом Фолина-Чокальтеу (Sigma Aldrich) при длине волны 730 нм [12] на спектрофотометре Agilent 8453. Содержимое суммы фенольных соединений в г/100 г веса рассчитывали по калибровочной кривой для галловой кислоты ( $\geq 97,5$ – $102,5$  % (titration), Sigma) в диапазоне концентраций 0,15 – 1 г/л.

Количественное определение суммы флавоноиды проводили по методике, описанной в работе [14]. Оптическую плотность полученного раствора измеряли при длине волны 410 нм. Содержимое флавоноидов в г/100 г веса рассчитывали по калибровочной кривой для рутина ( $\geq 94$  % (HPLC), Sigma) в диапазоне концентраций 0,15 – 1 г/л.

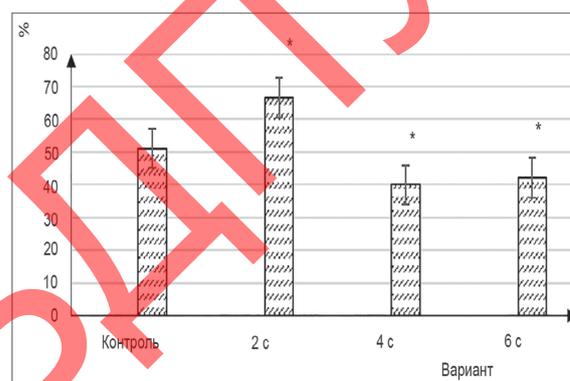
Повторность опыта трехкратная. Полученные результаты были обработаны с помощью статистического пакета программ M. Excel и Stadia 8.0.

При выращивании базилика обыкновенного в условиях полевого мелкоделяночного опыта выявлены определенные отклонения от климатических норм (таблица 1). Так, отмечено превышение температур в июле и августе 2023 г. на 2,6 °C и 7 °C и дефицит осадков в августе на 12 % относительно средней нормы, что отразилось на формировании растений базилика.

**Таблица 1 – Температура воздуха и осадки в Крупском районе Минской области в июле – августе 2023 г. [15]**

Месяц	Среднесуточные температуры, °C		Сумма осадков, мм	
	2023 г.	норма	2023 г.	норма
июль	21,9	19,3	74	73
август	25,3	18,3	44	50

**Результаты и их обсуждение.** В ходе исследований установлена разнонаправленная реакция базилика обыкновенного на комплексное электромагнитное воздействие, отразившееся в повышении всхожести относительно контроля на 15,6 % после 2-секундного воздействия и снижение данного показателя при увеличении времени воздействия КЭМИ до 4 и 6 секунд на 11,1 % и 8,9 % соответственно (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Влияние комплексного электромагнитного излучения на всхожесть базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.)**

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

Анализ реакции корневой системы *Ocimum basilicum* L. на КЭМИ на 60-й день прорастания показал увеличение длины (рисунок 3А) и массы (рисунок 4А) корней после 2-секундного воздействия на 8,1 % и в 2 раза соответственно.

Отмечено некоторое снижение относительно контрольных показателей длины корней базилика на 8,7 % после 6 с воздействия КЭМИ (рисунок 3А), но при этом масса этих органов существенно росла по сравнению с контролем в 2,2 и 1,7 раза соответственно 4- и 6-секундному воздействию КЭМИ (рисунок 4А).

Установлено позитивное влияние КЭМИ на формирование надземных побегов базилика обыкновенного при всех экспозициях воздействия (рисунок 3Б и 4Б). Выявлено, что максимальное увеличение роста проростков было после 4-секундного воздействия и выросло на 85,4 % по высоте и в 2,74 раза по массе относительно контрольных значений. Отмечено, что минимальный стимулирующий эффект наблюдался при самом длительном воздействии КЭМИ в течение 6 с и при этом длина проростков выросла на 15 %, а масса – на 49 % по сравнению с контролем.

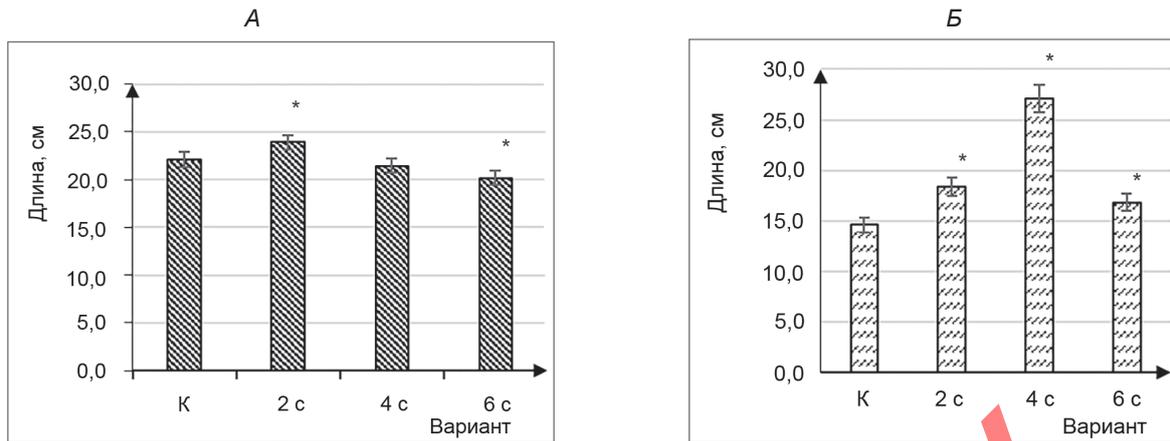


Рисунок 3 – Влияние комплексного электромагнитного излучения на длину корней (А) и проростков (Б) *Ocimum basilicum L.* на 60-й день онтогенеза

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

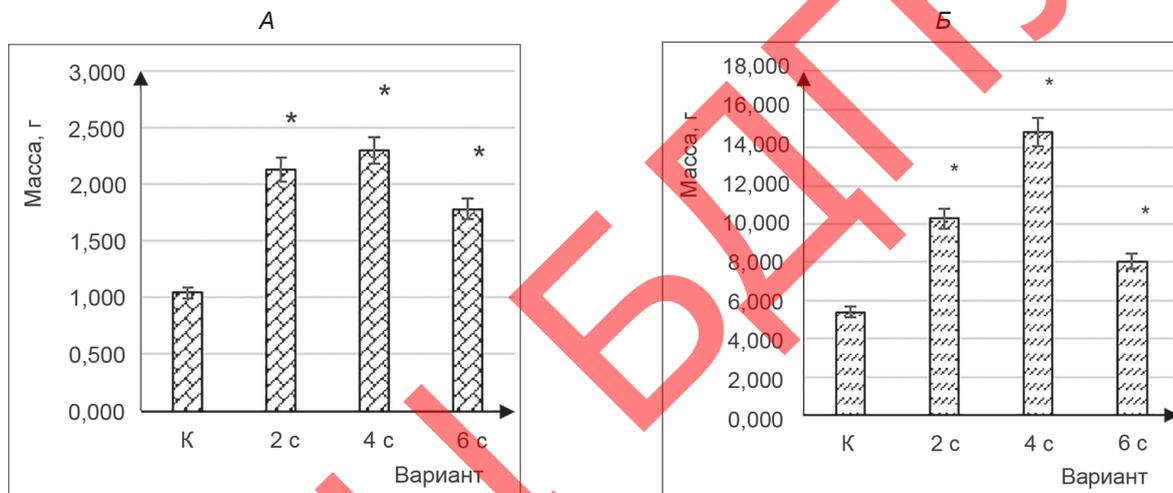


Рисунок 4 – Влияние комплексного электромагнитного излучения на массу корней (А) и проростков (Б) *Ocimum basilicum L.* на 60-й день онтогенеза

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

Отмечено положительное влияние КЭМИ на формирование листьев на побегах *Ocimum basilicum* и увеличение их количества относительно контрольных значений от 39,7% (2 с) до 3,77 раз при 4-х секундном воздействии (рис. 5).

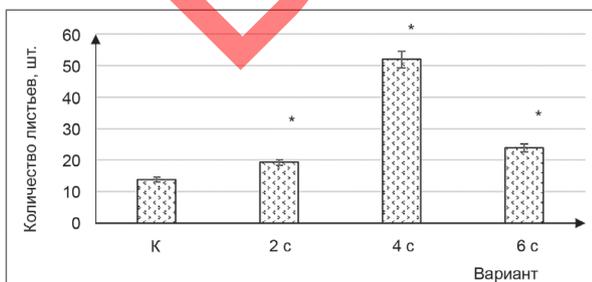


Рисунок 5 – Влияние комплексного электромагнитного излучения на количество листьев на побегах *Ocimum basilicum L.* на 60-й день онтогенеза

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

В ходе анализа влияния КЭМИ на накопление сухого вещества в листьях базилика обыкновенного также установлен положительный результат с повышением обсуждаемого показателя относительно контроля от 3,29 % (6 с) до 5,22 % (2 с) (рисунок 6).

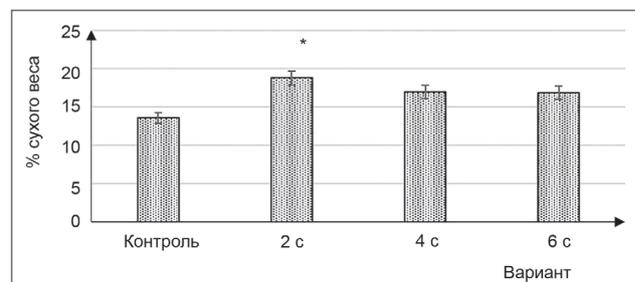


Рисунок 6 – Изменения в содержании сухой массы ткани листа *Ocimum basilicum L.* на 60-й день онтогенеза после предпосевного воздействия комплексным электромагнитным излучением

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

Важным показателем, определяющим характер роста и развития растений, является основной их метаболический процесс – фотосинтез. Его первичные реакции во многом зависят от уровня фотосинтетических пигментов, воспринимающих световой сигнал и трансформирующих его в энергию химических связей органических веществ. Кроме того, пигменты растений выполняют протекторные функции, предохраняя растения от раз-

личных стрессоров [16]. Поэтому интересным представлялся вопрос, связанный с особенностью влияния КЭМИ на пул фотосинтетических пигментов в листьях растений *Ocimum basilicum* L.

Так, установлено, что КЭМИ различной продолжительности снижает относительно контроля уровень основного фотосинтетического пигмента – хлорофилла *a* от 27,1 % (4 с) до 39,3 % (2 с) (рисунок 7А).

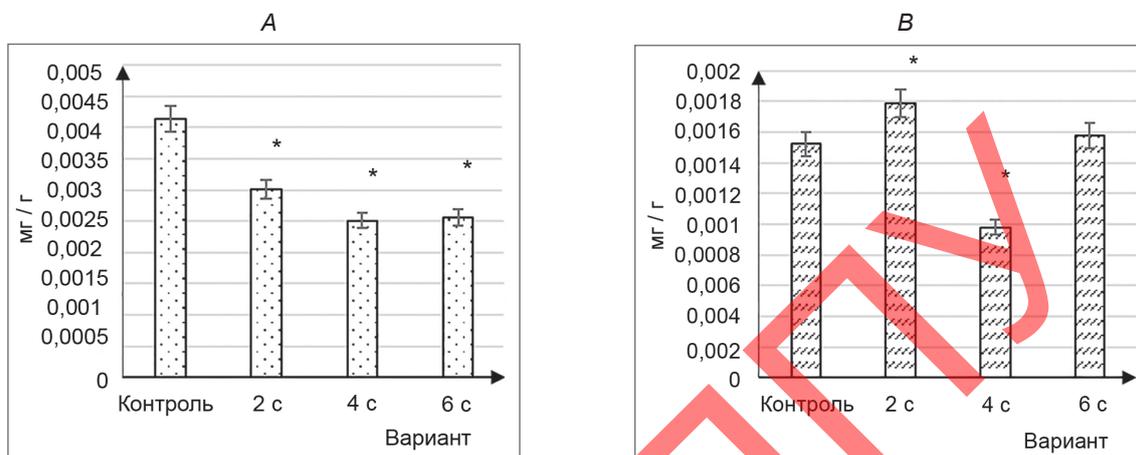


Рисунок 7 – Влияние комплексного электромагнитного излучения на содержание хлорофилла *a* (А) и хлорофилла *b* (Б) в листьях *Ocimum basilicum* L. на 60-й день вегетации

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

Отмечены различия в содержании хлорофилла *b* в листьях базилика после КЭМИ воздействия – прирост относительно контроля в случае 2 с на 17,3 % и снижение в варианте с 4-секундным на 35,6 % (рисунок 7Б). Выявлено также снижение количества каротиноидов в сравнении с контролем от 33,3 % (2 с) до 41 % (6 с) после КЭМИ обработки (рисунок 8).

анте с 4-секундным воздействием он снизился только на 5,9 %. Полученные данные о снижении величины показателя свидетельствуют о росте доли хлорофилла *b* среди компонентов светособирающего комплекса. По результатам соотношения суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам также выявлены существенные изменения относительно контроля, проявившиеся в увеличении этого показателя на 27,7 % (2 с) и 23,9 % (6 с) и снижении на 8,7 % (4 с). Снижение величины суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам свидетельствует о значительных перестройках в структуре светособирающего комплекса в сторону увеличения уровня низкомолекулярных антиоксидантов каротиноидов, а рост данного показателя говорит об увеличении доли хлорофилловых пигментов, выявляя специфику эффекта взаимодействия КЭМИ с растительными объектами в зависимости от времени его воздействия.

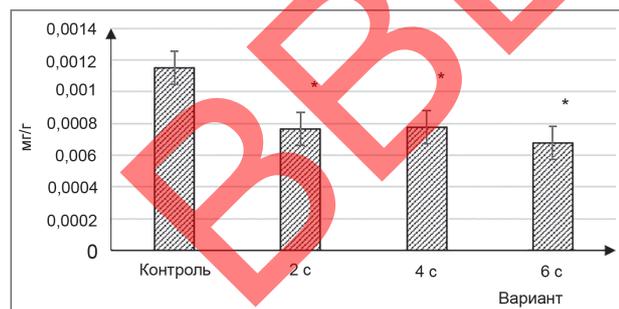


Рисунок 8 – Влияние комплексного электромагнитного излучения на накопление каротиноидов в листьях *Ocimum basilicum* L. на 60-й день вегетации

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

В ходе анализа таблицы 2 установлены сдвиги в соотношении хлорофилловых пигментов и снижении этого показателя по сравнению с контролем во всех вариантах КЭМИ, но наиболее существенно в случае 2 с и 6 с – этот показатель падал на 37,9 % и 43,4 % соответственно, тогда как в вари-

Таблица 2 – Влияние комплексного электромагнитного воздействия на соотношение фотосинтетических пигментов в листьях *Ocimum basilicum* L. на 60-й день вегетации

Вариант	Хла/хлб	Σхла + хлб кар
Контроль	2,72	4,93
2 с	1,69*	6,27*
4 с	2,56	4,50
6 с	1,62*	6,11*

Примечание – \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

Важным фактором, определяющим целебные и вкусовые качества данной пряно-ароматической культуры, является содержание в ней соединений вторичной природы, а именно самой большой группы – соединений фенольной природы. Свойства фенольных соединений в растительном организме многочисленны и разнообразны. Они характеризуются высокой физиологической активностью и антиоксидантными свойствами, во многом обуславливающими устойчивость растений к факторам среды [17].

В результате предпосевной обработки КЭМИ возросло суммарное содержание фенольных соединений относительно контроля при всех экспозициях воздействия от 1,9 раза (2 и 6 с) до 2,3 раза (4 с) (рисунок 9А).

Среди фенольных соединений заметное место принадлежит флавоноидам. Широкая амплитуда биологической активности флавоноидов связана с многообразием их химических структур и вытекающих из них различных физико-химических свойств. Кроме того, флавоноиды обуславливают антиоксидантные, ангиопротекторные, гепатопротекторные, желчегонные, диуретические, нейротропные и другие важнейшие фармакологические свойства растительного сырья [18]. В связи с этим важным было оценить влияние фактора КЭМИ на накопление данной группы вторичных метаболитов. Выявлено снижение уровня флавоноидов в листьях базилика относительно контрольных значений после предпосевого воздействия КЭМИ в течение 2 с и 6 с на 26,6 % и 66,1 % соответственно (рисунок 9Б). Однако после 4 с обработки КЭМИ количество флавоноидов возросло относительно контроля на 16 %.

**Заключение.** Таким образом, выявлена реакция растений базилика обыкновенного на комплексное электромагнитное излучение, проявляющаяся в разнообразных изменениях всхожести, характера формирования вегетативных органов и накопления основных фотосинтетических пигментов и вторичных метаболитов в листьях.

Установлено, что самая короткая экспозиция КЭМИ 2 секунды повышала посевные качества семян базилика обыкновенного, тогда как повышение продолжительности воздействия снижало обсуждаемый показатель.

Выявлена позитивная реакция КЭМИ по сравнению с контролем на морфометрические показатели корней и проростков, количество листьев на растениях базилика обыкновенного в условиях полевого опыта. Причем максимально стимулирующий эффект отмечен в случае 4-секундного воздействия. Отмечен также прирост сухого вещества в листьях в результате обработки КЭМИ.

Установлены существенные специфические количественные перестройки в компонентном составе светособирающего комплекса за счет роста уровня хлорофилла *b*. Выявлены разнонаправленные изменения в величине отношения суммарной фракции хлорофиллов к каротиноидам – повышение данного параметра, свидетельствующие о росте уровня хлорофилловой фракции после 2 с и 6 с воздействия и снижение после 4 с обработки, связанное с ростом количества каротиноидов.

Отмечено повышение уровня соединений фенольной природы в листьях базилика обыкновенного под влиянием всех экспозиций КЭМИ, тогда как содержание флавоноидов значительно возросло только после 4-секундного воздействия.

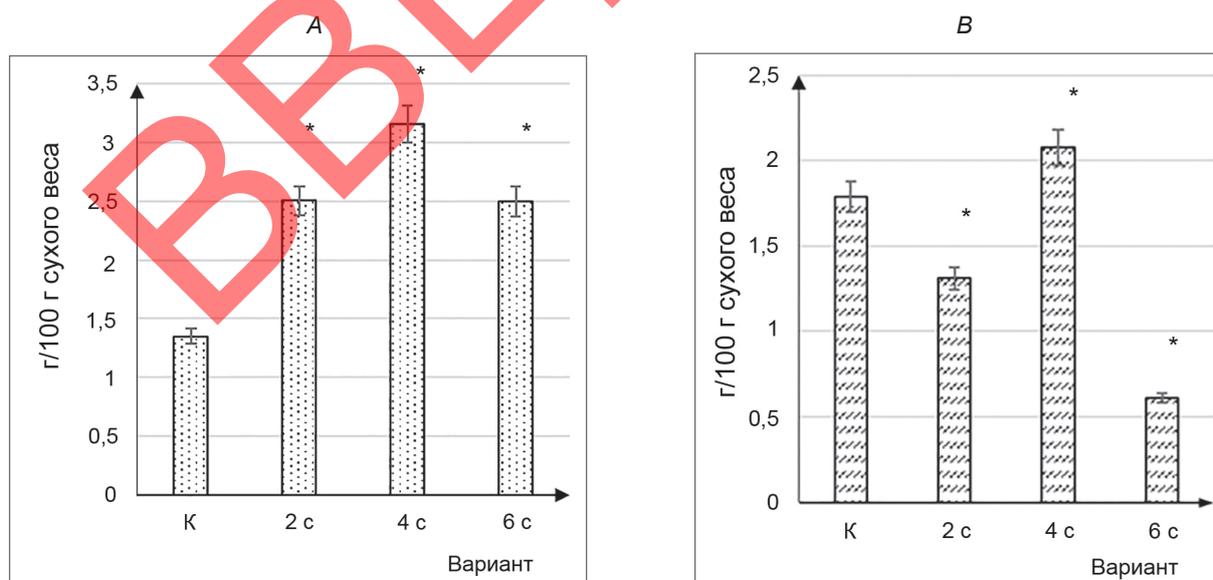


Рисунок 9 – Влияние КЭМИ на накопление вторичных метаболитов в листьях *Ocimum basilicum* L. на 60-й день вегетации:

А – соединений фенольной природы, Б – флавоноидов

Примечание: \* достоверно при  $p < 0,05$  по сравнению с контролем

Итак, полученные результаты свидетельствуют о благоприятном влиянии комплексного электромагнитного излучения продолжительностью 4 с на рост и развитие *Ocimum basilicum* L., что позво-

ляет предложить данный способ воздействия для промышленного возделывания базилика обыкновенного в условиях Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко, И. Е. Опыт культивирования базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) в башкирском предуралье / И. Е. Анищенко, О. Ю. Жигунов // Научные ведомости. – Сер. Естественные науки, 2012. – № 3 (122). – Вып. 18. – С. 74–78.
2. Действие биопрепаратов Этафос-Ф и Гуанибифос-Ф на прорастание семян и рост проростков базилика / Е. Э. Нефедьева [и др.] // Вестник технологического университета, 2017. – Т. 20. – № 5. – С. 143–146.
3. Борисова, А. В. Оценка антиоксидантной активности пряных трав и лука / А. В. Борисова, Н. В. Макарова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 8. – С. 32–35.
4. Экстракты растений *Lamiaceae* Lindl как рострегулирующие и противогрибковые препараты для защиты томатов / О. Н. Шемшуря [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 9. – С. 92–96.
5. Баят, Х. А. Применение регуляторов роста при выращивании базилика и влияние их на химический состав / Х. А. Баят, С. Л. Белопухов // Сб. научн. трудов по материалам XIX Междунар. научно-практич. конф. «Инновационные направления развития АПК и повышение конкурентоспособности предприятий, отраслей и комплексов – вклад молодых ученых» [Текст]. – Ярославль : Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2016. – С. 41–44.
6. Ерохин, А. И. Физические методы предпосевной обработки семян и эффективность их использования / А. И. Ерохин, З. Р. Цуканова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – №3(11). – С. 84–88.
7. Влияние предпосевного электромагнитного излучения на рост и развитие растений / Ж. Э. Мазец [и др.] // Биология: проблемы выкладання. – 2011. – № 2. – С. 51–55.
8. Предпосевная обработка семян подсолнечника, сои и кукурузы низкочастотным электромагнитным излучением [Электронный ресурс] / С. Н. Левина [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2018. – №12(4). – С. 22–28. – Режим доступа: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-12-4-22-28>. – Дата доступа: 24.06.2020.
9. Ерохин, А. И. Применение низкочастотного электромагнитного поля для предпосевной обработки семян гороха / А. И. Ерохин // Зернобобовые и крупяные культуры, 2022. – № 2(42). – С. 66–73.
10. Ходжаев, Т. А. Предпосевные физические методы воздействия на семена растений (Обзор) / Т. А. Ходжаев, Н. У. Муллоев // Вестник Таджикского национального университета. – 2018. – № 4. – С. 54–64.
11. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по физиологии растений : учеб.- метод. пособие / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Лядыгина, Л. М. Хандобина. – М. : Высш. шк., 1975. – 322 с.
12. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.) / M. Wang [et. al.] // Journal of agriculture and food chemistry. – 2003. – Vol. 51, № 3. – P. 601–608.
13. Patent of the Republic of Belarus No. 23960, “Method for generating radiation of electromagnetic waves of a wide and non-constant spectrum”, Applicant NRU YaP BSU, authors – Martynyuk V. I., Grinchik N. N., Senko S. F., Lyubetsky N. V., Martinov O. G., Bychenok D. S., Maksimenko S. F., Zelenin V. A., Dronov V. N. (BY).
14. Ермакова, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермакова. – Ленинград : ВО «Агроиздат», 1987. – С. 101–111.

#### REFERENCES

1. Anishchenko, I. E. Opyt kul'tivirovaniya bazilika obyknovenogo (*Ocimum basilicum* L.) v bashkirskom predural'e / I. E. Anishchenko, O. Yu. Zhigunov // Nauchnye vedomosti. – Ser. Estestvennye nauki, 2012. – № 3 (122). – Vyp. 18. – S. 74–78.
2. Deystvie biopreparatov Etafos-F i Guanibifos-F na prorstanie semyan i rost prorostkov bazilika / E. E. Nefed'eva [i dr.] // Vestnik tekhnologicheskogo universiteta, 2017. – T. 20. – № 5. – S. 143–146.
3. Borisova, A. V. Ocenka antioksidantnoj aktivnosti pryanyh trav i luka / A. V. Borisova, N. V. Makarova // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. – 2013. – № 8. – S. 32–35.
4. Ekstrakty rastenij *Lamiaceae* Lindl kak rostreguliruyushchie i protivogribkovye preparaty dlya zashchity tomatov / O. N. Shemshura [i dr.] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2016. – № 9. – S. 92–96.
5. Bayat, H. A. Primenenie regulatorov rosta pri vyrashchivani bazilika i vliyaniye ih na himicheskij sostav / H. A. Bayat, S. L. Belopuhov // Sb. nauchn. trudov po materialam XIX Mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Innovacionnye napravleniya razvitiya APK i povysheniye konkurentosposobnosti predpriyatij, otraslej i kompleksov – vklad molodyh uchenyh» [Tekst]. – Yaroslavl' : Izd-vo FGBOU VO Yaroslavskaya GSXA, 2016. – S. 41–44.
6. Erohin, A. I. Fizicheskie metody predposevnoj obrabotki semyan i effektivnost' ih ispol'zovaniya / A. I. Erohin, Z. R. Cukanova // Zernobobovye i krupyanye kul'tur. – 2014. – № 3(11). – S. 84–88.
7. Vliyaniye predposevnogo elektromagnitnogo izlucheniya na rost i razvitie rastenij / Zh. E. Mazec [i dr.] // Biyalogiya: problemy vykladannya. – 2011. – № 2. – S. 51–55.
8. Predposevnaya obrabotka semyan podsolnechnika, soi i kukuruzy nizkochastotnym elektromagnitnym izlucheniem [Elektronnyj resurs] / S. N. Levina [i dr.] // Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii, 2018. – №12(4). – S. 22–28. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2018-12-4-22-28>. – Data dostupa: 24.06.2020.
9. Erohin, A. I. Primenenie nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya dlya predposevnoj obrabotki semyan goroha / A. I. Erohin // Zernobobovye i krupyanye kul'tury, 2022. – № 2(42). – S. 66–73.
10. Hodzhaev, T. A. Predposevnyye fizicheskie metody vozdejstviya na semena rastenij (Obzor) / T. A. Hodzhaev, N. U. Mulloev // Vestnik Tadzhijskogo nacional'nogo universiteta. – 2018. – № 4. – S. 54–64.
11. Gavrilenko, V. F. Bol'shoj praktikum po fiziologii rastenij : ucheb.- metod. posobie / V. F. Gavrilenko, M. E. Ladygina, L. M. Handobina. – M. : Vyssh. shk., 1975. – 322 s.
12. Analysis of antioxidative phenolic compounds in artichoke (*Cynara scolymus* L.) / M. Wang [et. al.] // Journal of agriculture and food chemistry. – 2003. – Vol. 51, № 3. – P. 601–608.
13. Patent of the Republic of Belarus No. 23960, “Method for generating radiation of electromagnetic waves of a wide and non-constant spectrum”, Applicant NRU YaP BSU, authors – Martynyuk V. I., Grinchik N. N., Senko S. F., Lyubetsky N. V., Martinov O. G., Bychenok D. S., Maksimenko S. F., Zelenin V. A., Dronov V. N. (BY).
14. Ermakova, A. I. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rastenij / A. I. Ermakova. – Leningrad : VO «Agroizdat», 1987. – S. 101–111.

15. Погода в Крупках, Крупский район, Минская область Беларусь в июле 2023 – архив погоды в Крупках от Погода 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [pogoda1.ru](http://pogoda1.ru). – Дата доступа: 10.01.2024.
16. Метод оценки пигментного комплекса древесных растений как индикатор адаптации к засушливым условиям / А. В. Семенютина, [и др.] // Applied technology research journal. – 2018. – Vol. 8 (1) – P. 69–78.
17. Филицова, Г. Г. Биохимия растений : учеб. пособие / Г. Г. Филицова. – Минск : БГУ, 2022. –251 с.
18. Куркин, В. А. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных растений / В. А. Куркин, А. В. Куркина, Е. В. Авдеева // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11. – С. 1897–1901.
15. Pogoda v Krupkah, Krupskij rajon, Minskaya oblast' Belarus' v iyule 2023 – arhiv pogody v Krupkah ot Pogoda 1. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [pogoda1.ru](http://pogoda1.ru). – Data dostupa: 10.01.2024.
16. Metod ocenki pigmentnogo kompleksa drevesnyh rastenij kak indikator adaptacii k zasushlivym usloviyam / A. V. Semenyutina, [i dr.] // Applied technology research journal. – 2018. – Vol. 8 (1) – R. 69–78.
17. Filipcova, G. G. Biohimiya rastenij : ucheb. posobie / G. G. Filipcova. – Minsk : BGU, 2022. –251 s.
18. Kurkin, V. A. Flavonoidy kak biologicheski aktivnye soedineniya lekarstvennyh rastenij / V. A. Kurkin, A. V. Kurkina, E. V. Avdeeva // Fundamental'nye issledovaniya. – 2013. – № 11. – S. 1897–1901.

ВВЦ БДПУ