

problems of the public, adopt reasonable of the public opinion, meet the public reasonable environmental demands. 7. Guilin Ecology and Environment Bureau and Liuzhou Bureau shall conduct daily supervision and management of environmental protection in accordance with the regulations, and report environmental problems in time.

Conclusion. According to the actual situation of China and Guangxi, the nature and harm of waste in Guangxi urbanization are briefly expounded. Through literature analysis and the environmental protection technology of Guangxi Automobile Group Co., Ltd., the characteristics of major industrial waste collection and treatment are studied. Waste disposal methods that need to be broken at a technical level and are in use are discussed. It mainly includes compaction, crushing, sorting, curing, incineration, biological treatment and other six major technologies. On this basis, the further analysis of the circular strategies of the enterprise – government – social supervisor, the three, which is of great significance for the research of environmental protection strategies.

REFERENCES

1. *Qin Yahang, Yu Rongjiang.* Research on Classification and Countermeasures of Urban Garbage in Guangxi. J. Volkswagen Technology, 2021,03.

ВЛИЯНИЕ СВЕРХМАЛЫХ ДОЗ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТ МИКРОЗЕЛЕНИ КРЕСС-САЛАТА

THE INFLUENCE OF ULTRA-LOW DOSES OF LASER RADIATION ON WATERCRESS MICROGREENS GROWTH

Л. А. Султанова^{1,2}, Е. А. Маслюков^{1,2}, В. А. Кравченко^{1,2}

L. A. Sultanova^{1,2}, E. A. Maslyukov^{1,2}, V. A. Kravchenko^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
giv@iseu.by

¹*Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus*

²*International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

В ходе работы была проверена гипотеза о стимулирующем воздействии сочетанного излучения на рост микрозелени кресс-салата. В эксперименте использовались дозы 0,6-18 Дж, оценивались некоторые биометрические и биохимические показатели проростков. Установлено, что значительный прирост биомассы наблюдался при облучении дозами 2,4-4,2; 5,4-6,0 Дж.

In the course of the work, the hypothesis of the stimulating effect of combined laser radiation on the growth of watercress microgreens was tested. The doses of 0.6-18 J were used in the experiment, some biometric and biochemical parameters of seedlings were evaluated. It was found that a significant increase in biomass was observed when irradiated with doses of 2.4-4.2; 5.4-6.0 J.

Ключевые слова: кресс-салат, лазерное излучение, фитомасса, хлорофилл.

Keywords: watercress, laser radiation, phytomass, chlorophyll.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-321-324>

На сегодняшний день основными методами повышения урожайности являются внесение химических соединений в почвенный субстрат и предварительное стимулирование посевного материала. Однако негативное последствие химизации сельского хозяйства заключается в отравлении продуктов питания и компонентов окружающей среды чрезмерным количеством нитратов, фосфатов, пестицидов, синтетических регуляторов роста. Данная проблема подвела к необходимости поиска альтернативных способов повышения урожайности, которые, помимо прочего, не будут наносить урон окружающей среде и собственно потребителю.

Перспективным направлением является разработка экологически безопасных физических методов биостимуляции семян. К современным альтернативным способам обработки относятся сверхмалые дозы ионизирующего излучения, кратковременная тепловая и ударно-волновая обработка, озвучивание, экспонирование в электромагнитном поле [1]. Требования, выдвигаемые к новым методам обработки – безвредность по отношению к семенам и рабочему персоналу; стабильное повышение урожайности и качества получаемой продукции; меньшая подверженность различным заболеваниям. Так, например, электромагнитная обработка семян не сопряжена

с трудоемкими и дорогостоящими операциями, не оказывает вредного воздействия на обслуживающий персонал, не дает при обработке летальных для посевного материала доз, является весьма технологичным и легко автоматизируемым процессом. Воздействие легко и точно дозируется, является экологически чистым видом обработки, легко стыкуется с применяемыми в настоящее время агроприемами [4].

В 1980-х годах особый интерес вызвало изучение когерентного света в оптическом диапазоне волн, в качестве технологических источников света были выбраны лазеры. Было установлено, что основными влияющими факторами являются энергетические (длина волны, плотность излучения, экспозиция) и статические, от которых зависит регуляторные свойства слабого светового сигнала. Также было выявлено, что длина волны светового воздействия должна соответствовать спектрам возбуждения фоторегуляторных систем клетки, которые наиболее чувствительны в диапазонах 350-500 и 600-690 нм. Исследователи выяснили, что лазерная стимуляция не подчиняется закону дозирования: необходима оптимизация плотности и длительности облучения [5]. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют, что потоки когерентных фотонов могут интерферировать, образуя электромагнитное поле с определенным распределением интенсивности в пространстве. В результате возникает возможность избирательной стимуляции и синхронизации клеточной активности, то есть реализации морфогенетического процесса [6]. Таким образом, когерентное излучение расширяет спектр приспособительных реакций растительных организмов, увеличивает их жизнеспособность и функциональную активность.

Одним из предполагаемых альтернативных химически инертных и экологически чистых способов является лазерное излучение. Так, в качестве обоснования эффективности лазерного облучения используются фоторезонансная, бактерицидная и стрессовая теории, а также эффект переоблучения [2]. Считается, что биологическое действие лазерного облучения происходит в три стадии: первичную (локальные термодинамические нарушения, возникновение градиентов концентрации внутриклеточных ионов в цитозоле), вторичную (фотореактивация, стимуляция или угнетение биопроцессов) и последствия (цитопатический эффект, образование токсических продуктов обмена) [3]. К наблюдаемым результатам данного метода причисляются увеличение содержания сахаров, витаминов, содержание белка и клейковины, усиления ростовых процессов. Помимо этого, были проведены исследования микровязкости водной среды в зародышах и эндосперме семян кукурузы с помощью нитрокислых радикалов (зондов). Обнаружено уменьшение зондов в зародышах облученных семян по сравнению с необлученными, установлена зависимость от времени набухания семян. Сделано заключение, что в клетках зародышей семян под действием лазерного облучения происходит уменьшение микровязкости водной среды, возрастание подвижности зондов.

С учетом литературных данных было решено изучить влияние сверхмалых доз лазерного излучения на рост микрозелени кресс-салата на базе МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ. Кресс-салат был выбран как универсальный неприхотливый тест-объект с коротким периодом пассажа (7-10 суток), использовались смеси сортов Кучерявец одесский, Успех, Робин, Лоссо Росса. Для облучения семян был использован аппарат квантовой терапии «Витязь» (Республика Беларусь). Использованные виды лазерного облучения - непрерывное с $\lambda = 620-700$ нм – красное и инфракрасное импульсно-моделированное с частотой 12500 Гц. Контрольные семена не подвергались облучению. Экспериментальные дозы облучения составили 0,6-18 Дж. Проращивание проводилось в чашках Петри (d=10 см) на ватно-марлевой подложке.

Перед началом непосредственно эксперимента определялась оптимальная плотность засева чашек, были высеяны опытные группы в количестве 50, 100, 200, 300, 400 семян. На 7-е сутки определялась влажная масса проростков. При этом определялось наилучшее соотношение массы семян к полученной биомассе, тонус растений, вероятность грибковой контаминации. В табл. 1 представлены полученные значения биомассы с учетом зон допуска.

Влажная масса проростков на 7-е сутки, г

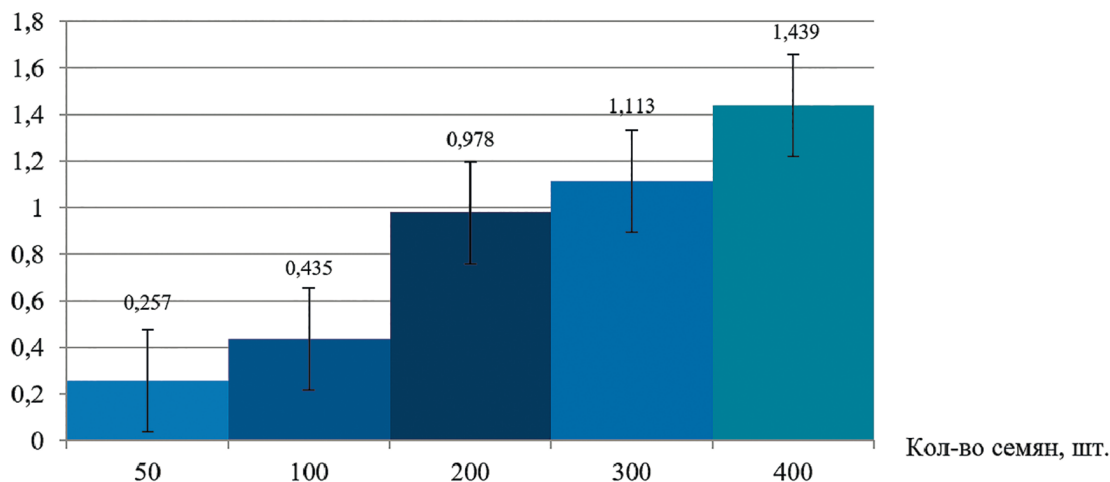


Рисунок 1 – Показатели биомассы при разных значениях засева чашек Петри

По итогам предварительного эксперимента было решено использовать навески по 200 семян, поскольку с увеличением их количества затруднялась последующая работа с полученным материалом и значительно усиливалось распространение плесени, что сказывалось на итоговой продуктивности.

Таким образом, для основного эксперимента в каждую группу было отобрано по 200 семян. Дозы облучения для опытных групп составили 0,6; 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 12; 18 Дж. Семена облучали в алюминиевом контейнере. Проращивание проводилось при комнатной температуре и 7,5-часовом режиме освещения.

На 3-и сутки из каждой группы были отобраны проростки длиной не более 5 мм для последующего гистологического анализа, хранились в спиртовом фиксаторе (70 % этанол / CH_3COOH 3 : 1). На 7-е сутки снимались показатели влажной массы проростков, а также оценивалась итоговая всхожесть. По итогам проращивания очагов грибкового и плесневого поражения выявлено не было.

После этого проростки просушивались при $t=65^\circ$ для доведения до стабильной массы и измерялись значения сухой массы и влагосодержания, соответственно. На рис. 2 изображены графики зависимости значений влажной и сухой массы от мощности дозы в исследуемых группах. На рис. 3 изображен график зависимости влагосодержания от мощности дозы.

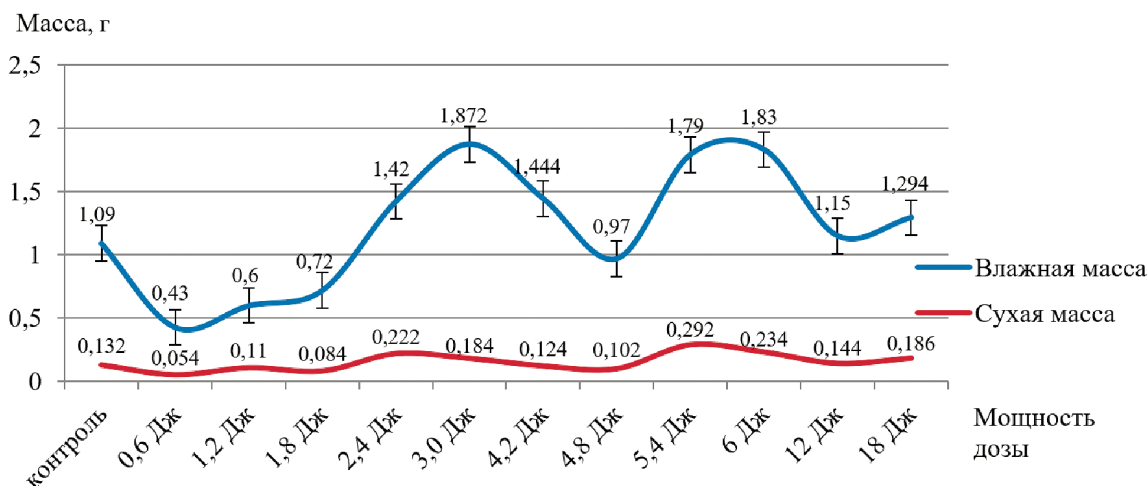


Рисунок 2 – Зависимость влажной и сухой массы от мощности дозы

Как видно из графика, наибольшие показатели влажной массы наблюдаются в диапазоне доз 2,4–4,2 Дж, 5,4–6,0 Дж, сухой массы – в диапазоне 2,4–3,0 Дж, 5,4–6,0 Дж. Для дозовой нагрузки в 18 Дж также значительное повышение значений сухой и влажной массы. Полученный график нелинейный.

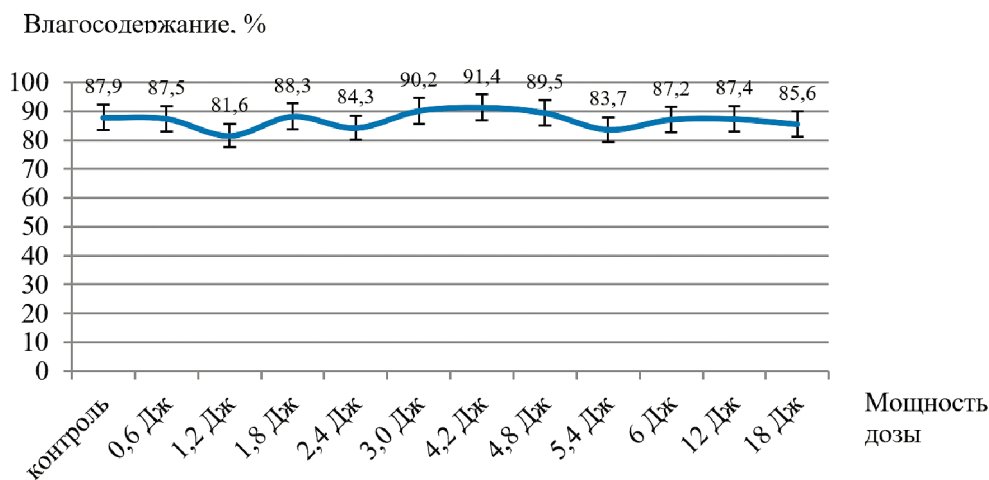


Рисунок 3 – Зависимость влагосодержания от мощности дозы

После замеров сухой массы образцы были подвергнуты ацетоновой экстракции (выдержка 1 час при $t = 65^\circ$), в полученных экстрактах был измерен уровень хлорофилла. На рис. 4 представлен график содержания хлорофилла в исследуемых группах.

Как видно из рис. 4, значения содержания хлорофилла достаточно близки, колеблются в диапазоне 21.91–29.1 мкмоль/ м^2 .

В табл. 1 приведены значения итоговой всхожести семян.

Из таблицы следует, что наилучшие показатели всхожести наблюдаются в группах, облученных дозами 2,4; 3,0; 4,2; 5,4 Дж, в группах, облученными 0,6; 1,2; 1,8; 4,8; 12,0; 18,0 Дж, значения опускаются ниже контрольных.

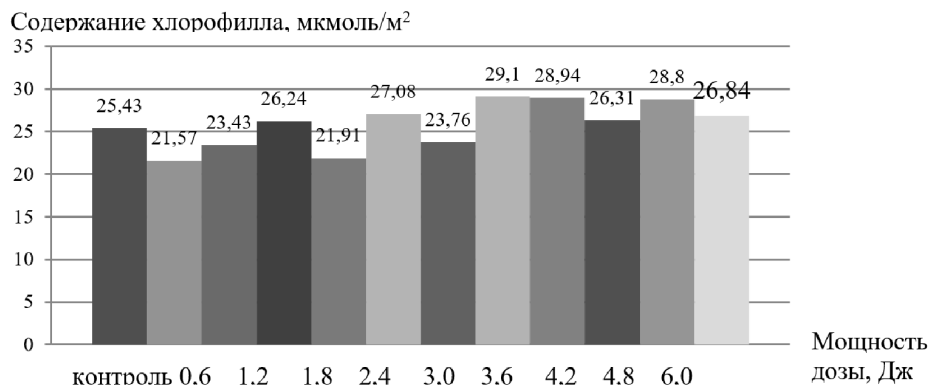


Рисунок 4 – Содержание хлорофилла в исследуемых группах

Таблица 1 – Итоговая всхожесть семян в исследуемых группах

Мощность дозы облучения, Дж	контроль	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	12,0	18,0
Итоговая всхожесть, %	91	87	89	90	93	95	91	97	88	96	93	90	87

Также был проведен абберационный анализ, в ходе которого учитывались аномалии деления по типу мостов, микроядер, протрузий из расчета на 2000 клеток. Тем не менее, случаи патологий митоза являются крайне редкими во всех исследуемых группах.

Также с помощью однофакторного дисперсионного анализа были проверены значения влажной и сухой массы. По итогам проверки групп была принята гипотеза о статистически значимых различиях при $p < 0,1$ при сравнении опытных групп с контрольной.

По итогам проведенного эксперимента было установлено, что использование сверхмалых доз лазерного излучения позволяет добиться значительного повышения значений фитомассы. Это, исходя из значений влагосодержания, обусловлено набором непосредственно белковой массы, однако, вероятно, оказывается воздействие и на осмотические свойства корневой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казакова, А.С. Влияние предпосевной обработки семян ярового ячменя электромагнитным полем переменной частоты на их посевные качества. / А.С. Казакова, М.Г. Федорищенко, П.А. Бондаренко // Технология, агрохимия и защита сельскохозяйственных культур. Межвузовский сборник научных трудов. Зерноград, 2005. Изд. РИО ФГОУ ВПО АЧГАА. – С. 207–210.
2. Брижанский Л. В. Обоснование параметров стратификации дражированных семян сахарной свеклы низкоинтенсивным лазерным излучением: дисс. ... канд. техн. наук / Мичуринский государственный аграрный университет. – Мичуринск, 2015.
3. Поединщикова, В. О. Влияние лазерного излучения на рост семян редиса (*raphanus sativus*) и горчицы (*brassica juncea*) / В. О. Поединщикова, Ю. В. Марьяновская // Молодой ученый. – 2017. – № 20 (154). – С. 172–174.
4. Ксенз, Н.В. Анализ электрических и магнитных воздействий на семена / Н.В. Ксенз, С.В. Качеишвили // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2000. - №5. - С. 10-12.
5. Кустова Р. И. Использование когерентного оптического излучения в плодоводстве / Р. И. Кустова // Перспективы и направления развития энергетики АПК. -Минск, 2006.-С.201-202
6. Budagovsky A., Budagovskaya O., Budagovsky I. Intercellular Communication Using Coherent Radiation (Part 2) // Photonics. – 2016. – № 3. – P. 148–163.