

4. *Стороженко В. Г.* Пораженность осинников Костромской области ложным осиновым трутовиком / В.Г. Стороженко – Москва: Лесное хозяйство. 1979. № 10. С. 54–55.

5. *Burdon JJ, Thrall PH.* Spatial and temporal patterns in coevolving plant and pathogen associations / Burdon JJ, Thrall PH. – The American Naturalist. 1999. Vol. 153. № S5. P. S15–S33. <https://doi.org/10.1086/303209>

ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ЛАЗЕРНОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ РОСТА РАСТЕНИЙ

THE INFLUENCE OF THE COMBINED LASER AND GAMMA RADIATION ON THE INITIAL STAGES OF PLANT GROWTH

E. A. Maslyukov¹, V. A. Kravchenko¹, A. P. Kluev², A. N. Batyan¹, A. O. Kunitskaya¹
E. A. Maslyukov¹, V. A. Kravchenko¹, A. P. Kluev², A. N. Batyan¹, A. O. Kunitskaya¹

¹*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Беларусь*

²*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Беларусь
massl2001@yandex.by*

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

²*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

Установлен эффект прироста пшеницы озимой на 13,7 мм (9,33%), выращенной из предварительно замоченных семян и облученных дозой 2,7 Дж сочетанного лазерного излучения. Аналогичная доза облучения в 2,7 Дж воздушно-сухих семян вызвала увеличение длины проростков от 17,1 мм (11,03%) в первом опыте до 38,1 мм (39,42 %) во втором опыте. Показано, что облучение (МЭД-80, 160 и 300 мР/ч) 20-дневных проростков тимopheевки луговой (*Phleum pratense*), в дозах 0,07; 0,14; 0,28 Гр вызывает увеличение содержания пигментов через 1 час после облучения у опытных растений.

The effect of the growth of winter wheat by 13.7 mm (9.33%), grown from pre-soaked seeds and irradiated with a dose of 2.7 J of combined laser radiation, was established. A similar radiation dose of 2.7 J of air-dry seeds caused an increase in the length of seedlings from 17.1 mm (11.03%) in the first experiment to 38.1 mm (39.42%) in the second experiment. It was shown that irradiation (MED-80, 160 and 300 mR / h) of 20-day-old seedlings of *Phleum pratense*, at doses of 0.07; 0.14; 0.28 Gy causes an increase in the pigment content 1 hour after irradiation in experimental plants.

Ключевые слова: сочетанное лазерное, гамма-излучение, пшеница озимая, стимуляция метаболизма, прирост фитомассы.

Keywords: combined laser, infrared radiation, winter wheat, stimulation of metabolism, increase in phytomass.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-1-294-297>

Согласно литературным источникам после облучения лазером частотой 1000 Гц в течение 25, 45 и 60 минут всхожесть семян составляла более 90%, при этом облучение в течение 10 минут давало всхожесть 84%, а всхожесть контроля составляла 75%. Предпосевная обработка семян в полевых условиях повышала их всхожесть до 99%. Как следствие, активация ростовых процессов в период вегетации повышала содержание питательных элементов и гумуса, снижала уровень заболеваемости грибковыми и вирусными болезнями, улучшала качественные показатели почвы. Всё это указывает на реальную возможность использования данных технологий в сельском хозяйстве [1, 2].

Для облучения семян был использован аппарат квантовой терапии «Витязь» (Республика Беларусь) и алюминевом контейнере, на дне которого ($S = 6,15 \text{ см}^2$) размещалось 24 семени общей массой ~ 1,2 г. Экспериментальные дозы облучения составили 2,7 Дж, 5,4 Дж и 8,1 Дж, соответственно. Использованные виды лазерного облучения – непрерывное с $\lambda = 620\text{--}700 \text{ нм}$ – красное и инфракрасное импульсно-моделированное с частотой 12500 Гц. Контрольные семена не подвергались облучению. Проращивание проводилось в чашках Петри, пластмассовых стаканчиках и контейнерах.

Фиксация результатов исследования заключалась в биометрических замерах ростков (в мм), взвешивании сухой фитомассы с помощью электронных весов AR 3130, для анализа содержания биогенных элементов использовался атомно-эмиссионный спектрометр Optima 2100 DV. Статистическая обработка результатов проводилась по стандартным методикам с расчетом критерия достоверности различий Стьюдента ($p < 0,05$).

По результатам опытов нами была выдвинута гипотеза о комплексном влиянии лазерного облучения на проращивание семян пшеницы. Опираясь на литературные источники, мы попробовали установить закономерности и выявить физико-биологические эффекты облучения.



Рис. 1 – Источник сочетанного лазерного излучения – аппарат квантовой терапии «Витязь», алюминиевый контейнер и семена пшеницы на ранних этапах роста (1 неделя)

Первый опыт заключался в сравнении прироста фитомассы из сухих и замоченных семян, часть из которых была облучена дозой 2,7 Дж. Данный опыт длился 13 суток, в течение первых суток определенная группа семян замачивалась в воде, и затем на протяжении 12 суток наблюдался прирост. Результаты измерений длины проростков, из сухих и замоченных семян и облучённых одинаковой дозой в 2,7 Дж, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффект воздействия лазерного облучения дозой в 2,7 Дж на прирост пшеницы озимой

Вариант	Сухие семена	Замоченные семена
	Прирост (мм)	Прирост (мм)
Контроль	163,7±3,4	150,4±4,4
Облучение дозой 2,7Дж	180,8±4,8	164,1±3,3

Из таблицы следует, что положительный прирост при облучении 2,7 Дж составил 17,1 мм, то есть 11,03% у сухих семян и 13,7 мм (9,33%) у замоченных. Возможность визуально оценить эффект от облучения появилась на 5 сутки после высадки, облученные семена можно было выделить как менее полеглые и более устойчивые. Так, опыт на сухих семенах показал лучшие результаты, и для их подтверждения был проведен следующий опыт, в ходе которого было повторно исследовано влияние лазерного излучения на сухие семена. На рисунке 2 приведены результаты опыта.

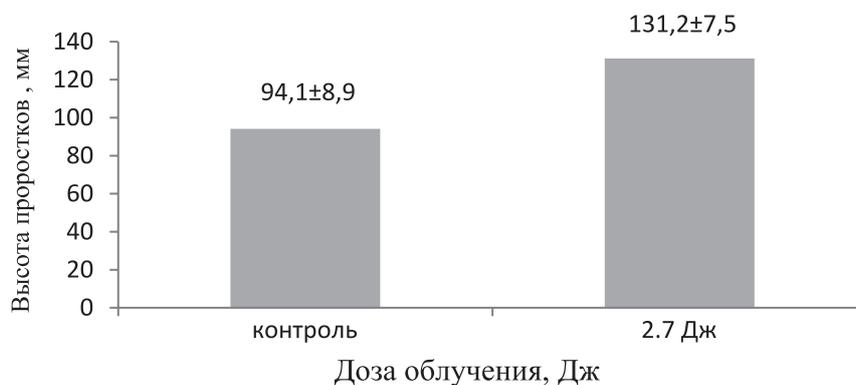


Рис. 2 – Эффект воздействия сочетанного лазерного излучения на динамику прироста пшеницы, выращенной из облученных семян

Данный опыт показал, что под воздействием лазерного облучения длина проростков увеличилась на 38,1 мм, то есть 39,42%. Также у облученных семян наблюдалось большее число проростков, что показано на таблице 2.

Таблица 2 – Влияние лазерного облучения семян пшеницы на количество проростков (шт)

Вариант	Период наблюдения					
	5 сутки	6 сутки	7 сутки	8 сутки	9 сутки	10 сутки
Контроль	2	5	5	7	10	10
Облучение дозой 2,7 Дж	10	10	12	12	12	12

Согласно нашей гипотезе, полученные результаты обусловлены изменением течения физиолого-биохимических процессов. Так, например, усиление метаболических процессов может изменять динамику поступления биогенных элементов в фитомассу проростков из почвы. Данная гипотеза подвела нас к измерению содержания важных биогенных элементов в проростках. В таблице 3 приведены результаты.

Таблица 3 – Влияние лазерного облучения семян на содержание в фитомассе растений важных биогенных минеральных элементов

Вариант	Массовая доля, мг/кг				
	кальций	магний	фосфор	марганец	железо
Контроль	4655	2005	6530	22,35	110
Облучение дозой 2,7Дж	3745	1985	6140	22,40	151

Исходя из замеров, представленных в таблице 3, облучение на 19,54 % снизило содержание кальция, на 5,97 % – фосфора, но у опытных образцов на 37,27% увеличилось содержание железа. Установлено, что Fe входит в состав цитохромов и железосерных белков, ферредоксинов, являющихся переносчиками электронов в электронотранспортной цепи (ЭТЦ) фотосинтеза и дыхания. Это может обуславливать положительный прирост. Железо составная часть геминовых ферментов – пероксидазы, каталазы.

Ферменты, содержащие железо (цитохром P450) являются компонентами защитной системы растений против ксенобиотиков. Более того, железосодержащий гем осуществляет тонкий контроль над образованием и активностью ряда ферментов, участвующих в биосинтезе тетрапирролов. Также, железо катализирует первичные реакции синтеза хлорофилла [3, 4]. Таким образом, вызванное лазерным излучением увеличение содержания в фитомассе железа, что согласно нашей гипотезе, стимулирует биосинтез хлорофилла и активизирует фотосинтез, что и дает преимущество облученным растениям на начальных этапах вегетации.

Энергия лазерного излучения вероятно, вызывает конформационную перестройку важнейших биомолекул и изменение динамики развития растений. Это выражается в более активном митотическом делении клеток у облученных растений, приводящее к ускорению их роста и развития в процессе онтогенеза, это диагностируется путем подсчета митотического индекса и проведения других цитогенетических тестов.

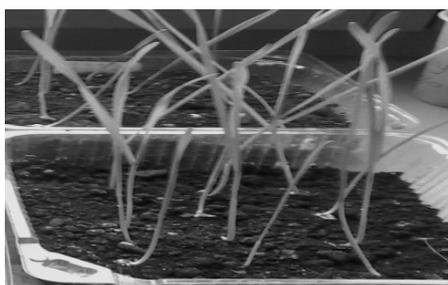


Рис. 2 – Контейнер с почвенным субстратом и проростками

Ранее проведенные эксперименты по хроническому и острому гамма-облучению проростков растений показали изменение у них содержания фотосинтетических пигментов [3].

В одном из опытов 20-дневные проростки тимфеевки луговой (*Phleum pratense*), облучались на установке “Гаммарид” (МЭД-80,160 и 300 мР/ч) в дозах 0,07; 0,14; 0,28 Гр. Полученные результаты (табл.4) показывают, что через 1 час после у облучения у опытных Ph.pratense наблюдалось увеличение содержания пигментов по сравнению с контролем.

Таблица 4 – Содержание фотосинтетических пигментов у 20-дневных проростков *Phleum pratense*, подвергшихся внешнему хроническому гамма-облучению

Среда	Вариант	Поглощенная доза, Гр	Концентрация в листьях (мг/г)			
			хлорофилл а	хлорофилл b	a/b	Каротиноиды
Почва	контроль	0,00	1,14	0,34	3,4	0,41
Почва	опыт	0,07	2,40	0,80	3,0	0,48
Почва	опыт	0,14	2,08	0,86	2,4	0,72
Почва	опыт	0,28	2,74	0,72	3,8	0,90
Вода	контроль	0,00	1,10	0,48	2,3	0,56
Вода	опыт	0,28	0,84	0,40	2,1	0,57

Параллельно с основным опытом в данном случае проводилось проращивание на водной среде, и оно показало незначительное уменьшение пигментов у облученных образцов по сравнению с контролем.

Проведённые в ходе работы эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

1. Установлен эффект прироста пшеницы озимой на 13,7 мм (9,33 %), выращенной из предварительно замоченных семян и облучённых дозой 2,7 Дж сочетанного лазерного излучения. Аналогичная доза облучения в 2,7 Дж воздушно-сухих семян вызвала увеличение длины протков от 17,1 мм (11,03 %) в первом опыте до 38,1 мм (39,42 %) во втором опыте.

2. Обнаружено влияние лазерного излучения на динамику поступления биогенных элементов. Увеличение на 37,27% содержания в фитомассе проростков железа, вероятно, стимулирует биосинтез хлорофилла и активизирует фотосинтез, как антистрессовую реакцию, что и даёт преимущество облучённым растениям на начальных этапах онтогенеза.

3. Показано, что гамма-облучение (МЭД-80,160 и 300 мР/ч) 20-дневных проростков тимфеески луговой (*Phleum pratense*), в дозах 0,07; 0,14; 0,28 Гр вызывает увеличение содержания пигментов через 1 час после облучения у опытных растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батян А.Н., Кравченко В.А., Клюев А.П., Литвяк В.В., Почицкая И.М. Стимулирующий эффект лазерного излучения на начальные этапы онтогенеза пшеницы озимой. // Экологический вестник. 2017;2(40):123–129.

2. Гаджимусиева Н.Т., Асварова Т.А., Абдулаева А.С. Эффект воздействия инфракрасного и лазерного излучения на всхожесть семян пшеницы. // Фундаментальные исследования. 2014;11(9):1939–1943.

3. Кравченко В. А. Воздействие радиации на пигментную систему растений [Электронный ресурс]: Компьютерное проектирование и технология производства электронных систем: тезисы 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов. Минск, 25–30 апреля 2016 года. –Минск, 2016. С. 96–97. – Режим доступа: <https://bsuir.by/ru/>. Дата доступа 09.12. 2016.

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЯ В ГОРОДСКИХ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ ГОРОДА МИНСКА ASSESSMENT OF THE DYNAMICS OF STAND OF TREES IN THE URBAN RECREATIONAL AREAS OF MINSK

И. А. Матвеева¹, Т. В. Кулеш¹, А. А. Макаревич¹, И. В. Пухтеева²
I. Matveeva¹, T. Kulesh¹, A. Makarevich¹, I. Puhteeva²

¹ГУО «Средняя школа №64 г. Минска»
г. Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
andronchik2012ia@gmail.com

¹SEE «Secondary school №64»
Minsk Republic of Belarus

²Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk Republic of Belarus

В результате исследования установлено, что парк «Дружбы народов» по своему состоянию относится к паркам со средними рекреационными нагрузками. Основные виды рекреационного использования парка это прогулки, выгул собак, занятие спортом, проведение ярмарок. Парк слабо оборудован для такого использования: недостаточно мест для отдыха (скамейки, беседки и т.д.), отсутствуют контейнеры для раздельного сбора мусора. Результаты оценки состояния древостоя показывают, что ослабленный древостой располагается вдоль улицы М. Богдановича до пересечения с Орловской, а также в центральной части парка. Вдоль улицы Л. Карастояновой состояние деревьев гораздо лучше. Это объясняется возрастом деревьев и интенсивностью транспортной нагрузки. Однако на площадке, расположенной в районе разворотного кольца площади Бангалор, наблюдается отрицательная динамика.

As a result of the study, it was established that the park «Friendship of the Peoples» in its condition belongs to the parks with average recreational loads. The main types of recreational use of the park are walks, walks with dogs, sports, holding fairs. The park is poorly equipped for this use: there are not enough places to rest (benches, gazebos, etc.). There are no containers for separate collection of garbage. The results of the assessment of the condition of the stand of trees show that the weakened tree is located along the street of M. Bogdanovich before the intersection with Orlovsky, as well as in the central part of the park. Along the street of L. Karastaynova the condition of the trees is