

ВОЗДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА ГРЕЧИХИ СОРТА «ВЛАДА», КАРТОФЕЛЯ СРЕДНЕСПЕЛОГО СОРТА «СКАРБ», ЛЮПИНА ПОЗДНЕСПЕЛОГО СОРТА «КАРМАВЫ»

О. Н. Осипова¹⁾, В. А. Кравченко¹⁾, А. Н. Батян¹⁾

¹⁾ Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская 23/1,
220070, г. Минск, Беларусь, sushaolya@gmail.com

Получены следующие результаты: при лазерном облучении с использованием аппарата «Мустанг» на 10-ые сутки максимальная длина при облучении проростков гречихи в дозе 1,2 Дж составило 9,6 см (контроль – 8,6 см). При 4,8 Дж снижение до 6,3 см. При анализе облученных семян люпина дозой 1,2 Дж длина проростков составила 15,2 см (контроль – 12,6 см). При 4,8 Дж – 10,3 см. При облучении семян картофеля низкоинтенсивным лазерным излучением в дозе 1,2 Дж длина проростков составила 5,8 см (контроль – 5,3 см). При 4,8 Дж – 4,4 см.

Ключевые слова: низкоинтенсивное лазерное облучение; онтогенез; всхожесть семян; длина и масса проростков.

IMPACT OF LOW-INTENSE LASER RADIATION ON THE INITIAL STAGES OF ONTOGENESIS OF BUCKWHEAT OF THE VARIETY “VLADA”, POTATOES OF THE MIDDLE-MATURING VARIETY “SKARB”, LUPINE OF THE LATE-MATURING VARIETY “KARMAVY”

O. N. Osipova¹⁾, V. A. Kravchenko¹⁾, A. N. Batyan¹⁾

¹⁾ International State Enviromental Institute named after A.D. Sakharov Belarusian State University,
st. Dolgobrodskaya 23/1, 220070, Minsk, Republic of Belarus, sushaolya@gmail.com

The following results have been obtained: upon laser irradiation using the Mustang apparatus on the 10th day, the maximum length of buckwheat seedlings at a dose of 1.2 J was 9.6 cm (control – 8.6 cm). At 4.8 J, it decreased to 6.3 cm. When analyzing the lupine seeds irradiated with a dose of 1.2 J, the length of the seedlings was 15.2 cm (control – 12.6 cm). At 4.8 J – 10.3 cm. Upon irradiating potato seeds with low-intensity laser radiation at a dose of 1.2 J, the length of the seedlings was 5.8 cm (control – 5.3 cm). At 4.8 J – 4.4 cm.

Keywords: low intensity laser irradiation; ontogenesis; seed germination; length and weight of seedlings.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-1-86-89>

Введение. Авторами исследований отмечается, что при кратковременном воздействии лазерного излучения видимой области спектра наблюдается повышение функциональной активности различных сельскохозяйственных культур. В результате такой обработки происходит стимуляция роста и развития растений. В последних исследованиях облучение излучением полупроводниковых лазеров набирает все большее распространение. Данные лазеры характеризуются меньшими размерами и большей приспособленностью к автоматизированным процессам. Использование полупроводниковых лазеров является перспективным направлением в области лазерной стимуляции растительных клеток, но при этом имеется ряд особенностей, которые в ряде случаев ставят под сомнение использование полупроводникового лазера.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования явились семена гречихи сорта «Влада», картофеля среднеспелого сорта «Скарб», люпина позднеспелого сорта «Кармавы». В качестве контроля использовались те же семена, не облученные лазерным излучением.

Семена гречихи, картофеля и люпина облучались источником лазерного излучения аппарата “Мустанг”.

Каждое из излучений является лечебным, а в совокупности они оказывают более выраженный эффект. Мощность излучения составляла 8 мДж/с на расстоянии 1 см от семян. Семена облучались в алюминиевом контейнере площадью $\sim 1 \text{ см}^2$

Результаты. В ходе эксперимента суммарная энергия воздействия составляла 1,2 Дж, 2,4 Дж, 3,6 Дж и 4,8 Дж. Учет результатов проводился в течение 10 суток. Проращивание проводилось в контейнерах на почвенном субстрате. Для изучения всхожести облученных семян и изменения роста и развития проростков гречихи, картофеля и люпина был использован рулонный метод, который был выполнен в соответствии с рекомендациями Международной ассоциации по контролю за семенами (ISTA, 2022) [7]. При оценке культурных растений основными критериями являлись такие показатели, как лабораторная всхожесть семян и длина проростков. Оценка длины проростков проводилась с использованием стандартизированного протокола, описанного в руководстве USDA (2020) [9]. Для сравнения была взята контрольная группа, которая размещалась в одинаковых условиях с опытными. Измерение длины ростков во время проращивания проводилось с помощью лабораторной линейки. Статистическая обработка данных (U-критерий Манна-Уитни) выполнена с применением программного обеспечения Statistica 14.0, следуя методике Сиджела и Кастеллана (2016) [8].

При облучении семян гречихи низкоинтенсивным лазерным излучением в дозе 1,2 Дж среднее время прорастания семян является оптимальной дозой (среднее время прорастания составило 3,1 суток, контроль – 4,3 суток). При 4,8 Дж наблюдается замедление до 6,4 суток. (рис. 1)

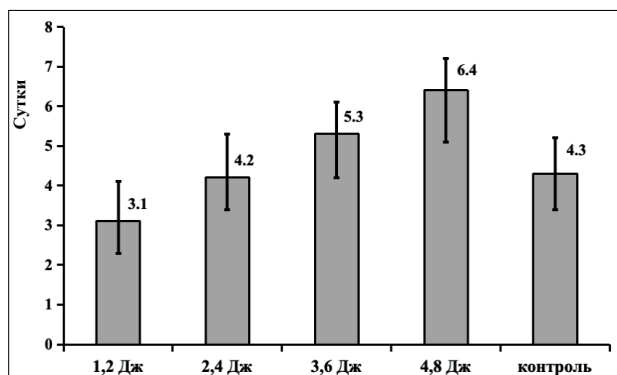


Рис. 1. Всхожесть семян гречихи при облучении низкоинтенсивным лазерным излучением

При анализе всхожести семян люпина были получены следующие результаты: при облучении семян низкоинтенсивным лазерным излучением в дозе 1,2 Дж среднее время прорастания семян составило до 5,2 суток (контроль – 6,2 суток), при облучении в дозе 4,8 Дж составил 8,1 суток. (рис. 2)

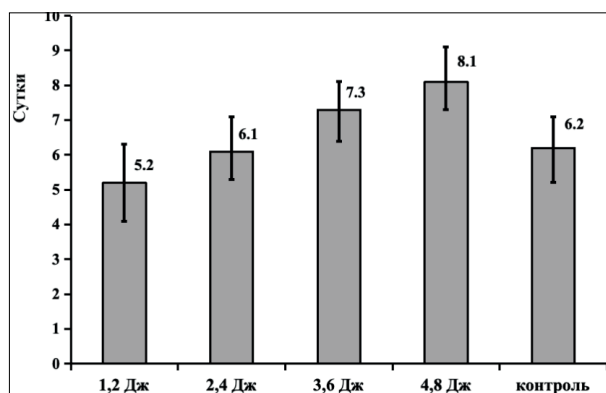


Рис. 2. Всхожесть семян люпина при облучении низкоинтенсивным лазерным излучением

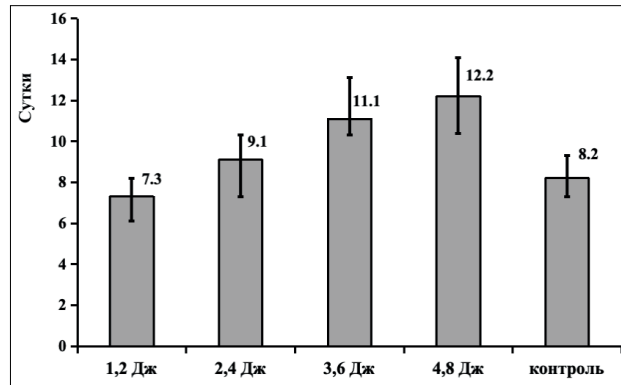


Рис. 3. Всхожесть семян картофеля при облучении низкоинтенсивным лазерным излучением

При облучении семян картофеля низкоинтенсивным лазерным излучением в дозе 1,2 Дж среднее время прорастания семян составило 7,3 суток (контроль составил 8,2 суток), при облучении в дозе 4,8 Дж на 12,2 суток. (рис. 3)

При анализе длины проростков гречихи на 10-ые сутки были получены следующие результаты: максимальная длина при 1,2 Дж – 9,6 см (контроль – 8,6 см). При 4,8 Дж – снижение до 6,3 см. При анализе облученных семян люпина 1,2 Дж длина проростков составила 15,2 см (контроль – 12,6 см). При 4,8 Дж – 10,3 см. При облучении семян картофеля низкоинтенсивным лазерным излучением в дозе 1,2 Дж длина проростков составила 5,8 см (контроль – 5,3 см). При 4,8 Дж – 4,4 см (рис. 4–6)

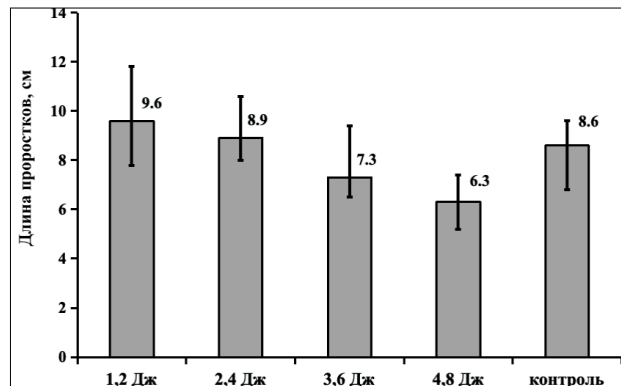


Рис. 4. Длина проростков гречихи при облучении низкоинтенсивным лазерным излучением

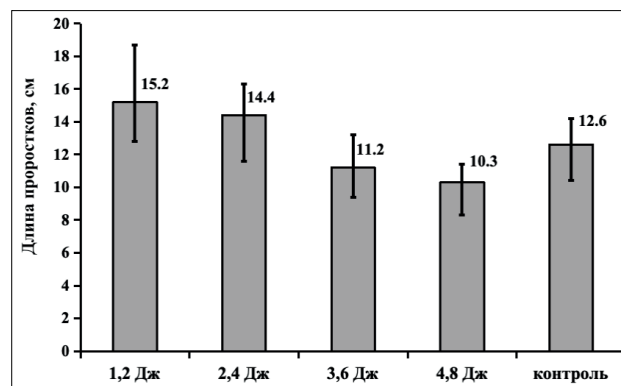


Рис. 5. Длина проростков люпина при облучении низкоинтенсивным лазерным излучением

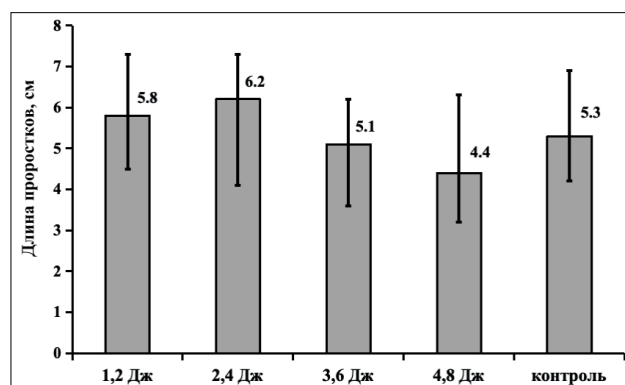


Рис. 6. Длина проростков картофеля при облучении низкоинтенсивным лазерным излучением

Закключение. Оптимальная доза лазерного облучения (1,2 Дж) увеличила длину проростков гречихи, люпина и картофеля до 9,6 см, 15,2 см и 5,8 см соответственно (контроль: 8,6 см, 12,6 см, 5,3 см). При повышении дозы до 4,8 Дж наблюдалось снижение показателей до 6,3 см, 10,3 см и 4,4 см, что подтверждает дозозависимый эффект: стимуляция роста при низких дозах и ингибирование при высоких.

Таким образом, полученные результаты показывают, что лазерное облучение в дозе 1,2 Дж не только стимулирует рост, но и усиливает иммунный ответ растений. У обработанных семян гречихи и картофеля отмечено повышение активности пероксидазы и фенилаланин-амиак-лиазы (PAL) – ключевых ферментов, участвующих в синтезе фитоалексинов и лигнина, что подтверждается исследованиями Chen et al. (2021) [5]. Эти соединения формируют барьер против патогенов, замедляя проникновение инфекции.

Кроме того, лазерное излучение индуцирует экспрессию генов, связанных с системной приобретённой устойчивостью (SAR). Например, у люпина обработанные семена демонстрировали повышенную экспрессию PR-белков (Pathogenesis-Related), что коррелирует с данными Gao et al. (2021) [6].

Важным аспектом является бактерицидный эффект. Ультракороткие импульсы излучения (длительность 10–100 нс) повреждают клеточные мембраны бактерий, снижая уровень заражения растений. Этот механизм был детально изучен в работах Almeida (2018) [3], где показано, что дозы до 2,4 Дж эффективны против *Pseudomonas syringae* на картофеле.

Однако при превышении дозы 3,6 Дж наблюдается обратный эффект: стрессовая нагрузка подавляет синтез защитных соединений, делая растения более уязвимыми. Это согласуется с данными о снижении длины проростков при высоких дозах.

Библиографические ссылки

1. Молекулярная и клеточная радиобиология = Radiation biology. Molecular and cellular aspects: учебное пособие. Батын А. Н. [и др.]. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2024. 239 с.: ил.
2. Радиационные эффекты на различных уровнях биологических систем: монография. Батын А. Н. [и др.]. Минск: ИВЦ Минфина, 2024. 200 с.
3. Almeida R., Pereira G. Laser Applications in Plant Physiology and Agriculture. Berlin: Springer, 2018. 320 p.
4. Molecular and cellular radiobiology: the course of lectures. Batyan A.N. [et al.]. Minsk: IVTS Minfina, 2021. – 196 p.
5. Zygotic Embryogenesis in Flowering Plants. H. Chen [et al.] // Doubled Haploid Technology. Methods in Molecular Biology. 2021 V. 2288. P. 73–88.
6. Alternative splicing dynamics and evolutionary divergence during embryogenesis in wheat species. P. Gao [et al.] // Plant Biotechnology Journal. 2021 V. 19. P. 1624–1643.
7. International Seed Testing Association (ISTA). International Rules for Seed Testing. Bassersdorf, 2022. 120 p.
8. Siegel S., Castellan N. J. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. McGraw-Hill, 2016. 399 p.
9. USDA. Seed Germination and Seedling Evaluation Handbook. – Washington, 2020. 89 p.